



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



Директор института естество-  
знания и стандартизации  
И.Ю. Мезин  
«29» Октября 2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### *ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ*

Направление подготовки  
*18.03.01 Химическая технология*

Направленность (профиль) программы

*Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов*

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения  
Очная

Институт

*Естествознания и стандартизации*

Кафедра

*Физической химии и химической технологии*

Курс

3

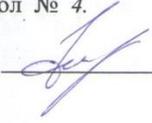
Семестр

6

Магнитогорск 2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 18.03.01 *Химическая технология*, утвержденного приказом МОиН РФ от 11.08.2016 № 1005.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры *Физической химии и химической технологии* «15» октября 2018 г., протокол № 4.

Зав. кафедрой  / А.Н.Смирнов/

Рабочая программа одобрена методической комиссией института *Естествознания и стандартизации* «29» октября 2018 г., протокол № 2.

Председатель  / И.Ю. Мезин/

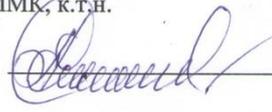
Рабочая программа составлена:

доцент, к.х.н, доцент

 / С.А. Крылова/

Рецензент:

ведущий специалист НТЦ ГАДП ПАО ММК, к.т.н.

 /Е.Н. Степанов/



## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Химические реакторы» является получение студентами знаний по теоретическим основам химических реакторов и протекающих в них процессах, а также практических умений и навыков при рассмотрении типовых конструкций химических реакторов, составлении математического описания протекающих в них процессов, анализе практических результатов расчёта реакторов.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра (магистра, специалиста)

Дисциплина «Химические реакторы» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, навыки), сформированные в результате изучения дисциплин

Математика

Физика

Общая и неорганическая химия

Физическая химия

Коллоидная химия

Общая химическая технология.

Процессы и аппараты химической технологии

Подготовка углей для коксования

Теоретические основы химической технологии топлива и углеродных материалов

Техническая термодинамика и теплотехника

Знания (умения, навыки), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения последующих дисциплин:

- Системы управления химико-технологическими процессами
- Моделирование химико-технологических процессов
- Массообменные процессы химической технологии
- Химическая технология топлива и углеродных материалов
- Извлечение и переработка химических продуктов коксования
- Коксование углей
- УИРС.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Общая химическая технология» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– теоретические основы химии, свойства физико-химических систем, положенных в основу химического производства</li> <li>– основные законы естественнонаучных дисциплин в процессах химической переработки для понимания технологии производства.</li> </ul>
Уметь	<p>использовать законы естественнонаучных дисциплин для разработки технологии ХТП</p> <p>проводить лабораторные испытания.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками определения комплекса свойств физико-химических систем, положенных в основу химического производства,</li> <li>– навыками обработки и анализа данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях, интерпретации полученных результатов</li> </ul>
ПК-11 способностью выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные показатели эффективности работы реакторов и ХТП</li> <li>– основы теории процесса в химическом реакторе</li> <li>– методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях,</li> <li>– типы химических реакторов и требования к ним,</li> <li>– способы регулирования технологических показателей химико-технологических процессов</li> <li>– принципы выбора реактора и расчета процесса в нем;</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Рассчитывать основные характеристики химического процесса с использованием справочных данных;</li> <li>– произвести выбор типа реактора и расчет технологических параметров для заданного процесса;</li> <li>– оценивать технологическую эффективность ХТП и работы реактора;</li> <li>– определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе;</li> <li>– обосновывать принятие конкретного технологического решения при организации эффективной работы реактора;</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками основных химико-технологических расчетов</li> <li>– навыками расчета и анализа процессов в химических реакторах;</li> <li>– навыками выбора химических реакторов.</li> <li>– анализа эффективности работы химических реакторов</li> </ul>

#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 54,15 академических часов:
  - аудиторная – 51 академических часов;
  - внеаудиторная – 3,15 академических часов
- самостоятельная работа – 54,15 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов.

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Показатели эффективности работы реакторов и ХТП. Классификация реакторов и режимов их работы		2			2	Работа с конспектом	Конспект	ОПК-1-зуб ПК-11 – 3
2. Математическое моделирование химических процессов и реакторов 2.1. Иерархическая структура математической модели процесса в химическом реакторе. Общий план составления модели процесса. 2.2. Модель реактора идеального смешения периодического действия. 2.3. Модель реактора идеального смешения непрерывного действия. 2.4. Модель реактора идеального вытеснения непрерывного действия		3		6/2	14	- Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. - Подготовка к практическому занятию, семинару	Выступление на семинаре, выполнение расчетных заданий	ОПК-1-зуб ПК-11 – зуб

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лабораторные занятия	практические занятия				
<p>3. Изотермический гомогенный процесс в химическом реакторе</p> <p>3.1. Анализ процесса в химическом реакторе. Основные определения, общий план анализа</p> <p>3.2. Режимы идеального смешения периодический и идеального вытеснения.</p> <p>3.3. Проточный реактор идеального смешения в стационарном режиме.</p> <p>3.4. Сравнение эффективности работы изотермических реакторов.</p> <p>3.5. Каскад реакторов идеального смешения</p>		5		12/6	14,15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к практическому занятию, семинару (коллоквиуму)	Выступление на семинаре, выполнение расчетных заданий	ОПК-1-зுவ ПК-11 – зув
<p>4. Гетерогенный процесс в химическом реакторе</p> <p>4.1. Режим и лимитирующие стадии процесса. Общие принципы управления скоростью гетерогенного процесса.</p> <p>4.2. Система «газ (жидкость) – твердое (не полностью реагирующее)».</p> <p>4.3. Система «газ (жидкость) - твердое (полностью реагирующее)».</p>		4		12/5	12	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к практическому занятию, семинару (коллоквиуму)	Выступление на семинаре, выполнение расчетных заданий	ОПК-1-зுவ ПК-11 – зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лабораторные занятия	практические занятия				
<p>5. Неизотермический процесс в химическом реакторе.</p> <p>5.1. Организация теплообмена в реакторе и температурные режимы.</p> <p>5.2. Режимы идеального смешения периодического и идеального вытеснения с теплообменом</p> <p>5.3. Температурный режим в проточном реакторе идеального смешения</p> <p>5.4. Сопоставление адиабатического процесса в проточных режимах идеального смешения и вытеснения</p> <p>5.5. Автотермический реактор</p>		3		4/1	12	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы. Подготовка к практическому занятию, семинару (коллоквиуму)	Выступление на семинаре, выполнение расчетных заданий	ОПК-1-зுவ ПК-11 – зув
<b>Итого за семестр</b>		<b>17</b>	<b>-</b>	<b>34/14</b>	<b>54,15</b>		<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>17</b>	<b>-</b>	<b>34/14</b>	<b>54,15</b>		<b>Промежуточная аттестация (экзамен)</b>	

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

## 5 Образовательные и информационные технологии

Проектирование обучения строится на основе следующих принципов:

- Обучение на основе интеграции с наукой и производством.
- Профессионально-творческая направленность обучения.
- Ориентированность обучения на личность.
- Ориентированность обучения на развитие опыта самообразовательной деятельности будущего специалиста.

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Химические реакторы» используются различные образовательные технологии:

1. *Традиционные образовательные технологии*: информационная лекция, практические занятия.

2. *Информационно-коммуникационные образовательные технологии*: лекция-визуализация. Практическое занятие в форме презентации – представление результатов с использованием специализированных программных сред.

3. *Информационно-развивающие технологии*, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими. При самостоятельном изучении литературы применение современных информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

4. *Деятельностные практико-ориентированные технологии*, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при разборе конкретных ситуаций, основанных на практических примерах, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность.

5. *Развивающие проблемно-ориентированные технологии*, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

6. *Интерактивные технологии*: коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе. Изложение проблем и их совместное решение.

7. *Личностно-ориентированные технологии обучения*, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента.

В ходе диалогового обучения студенты учатся критически мыслить, решать сложные проблемы на основе анализа обстоятельств и соответствующей информации, взвешивать альтернативные мнения, принимать продуманные решения, участвовать в дискуссиях, общаться. Для этого на занятиях организуются групповая работа, работа с документами и различными источниками информации.

Реализация такого подхода осуществляется следующим образом:

1. Распределение тем рефератов с учетом пожеланий студентов, тематики их научных интересов и т.п.

2. Подготовка студентами формы отчетности самостоятельной работы (реферат-презентация, выступление на семинаре).

3. Обсуждение подготовленного отчета в режиме дискуссии с элементами коллективного решения творческих задач.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

*Вопросы к коллоквиумам*

**Математическое моделирование химических процессов и реакторов**

В чем заключается метод моделирования?

Сформулируйте основные требования, предъявляемые к математической модели химического реактора.

В чем заключается иерархический принцип моделирования химических процессов и реакторов?

Какие признаки могут быть положены в основу классификации химических реакторов?

Каковы различия в условиях перемешивания в проточных реакторах смешения и вытеснения?

Какой режим работы химического реактора называется стационарным? Возможен ли стационарный режим в периодическом реакторе? В полунепрерывном реакторе?

Назовите последовательность этапов при составлении математической модели процесса в реакционной зоне.

Каким условиям должен удовлетворять элементарный объем, для которого составляются балансовые уравнения?

Каким должен быть элементарный промежуток времени при составлении балансовых уравнений для реакторов, работающих в стационарном режиме? В нестационарном режиме?

Напишите уравнение материального баланса реактора в общем виде.

Почему именно балансовые уравнения (уравнения материального и энергетического балансов) составляют основу математической модели химического реактора?

Почему при стационарном режиме работы химического реактора в нем не происходит накопления вещества и теплоты?

Составьте математические модели для реакторов

РИС-п,

РИС-н,

РИВ

### **Изотермический процесс в химическом реакторе**

Каковы основные типы химических реакторов, предъявляемые к ним требования, приведите примеры их использования в технологии важнейших химических продуктов.

В чем заключается подобие и различие процесса в реакторах ИС-п и ИВ ?

Что такое условное время реакции и чем оно отличается от времени пребывания в реакторе?

Как меняются концентрации исходного компонента и продукта по длине реактора ИВ? Каковы их предельные значения?

Как изменится степень превращения в реакторе при протекании реакции первого порядка при увеличении начальной концентрации в 1,5 раза? Ответ поясните.

Какое предельное превращение можно получить в реакторе ИС-п при протекании обратимой реакции? Подтвердите это с помощью математической модели и изобразите графически.

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?

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).

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?

Как меняется концентрация вещества по объему проточного реактора ИС ?

Почему производительность реактора в режиме ИВ больше, чем в режиме ИС при протекании простых реакций?

Может ли режим реактора оказывать влияние на селективность процесса при протекании сложной реакции? Ответ обоснуйте.

Назовите причины отклонения режимов в промышленных реакторах от ИС и ИВ?

5. Проанализируйте основные недостатки и достоинства реакторов периодического действия. В каких производствах чаще встречаются такие реакторы?

## Гетерогенные процессы

Какие процессы относятся к гетерогенным? Перечислите стадии гетерогенного процесса. Назовите области протекания гетерогенного процесса.

Как подразделяются гетерогенные процессы по виду участвующих фаз?

В чем заключается многостадийность гетерогенного процесса? Чем отличаются условия гетерогенного процесса и условия протекающей в нем реакции?

Что такое наблюдаемая скорость гетерогенного процесса, от чего она зависит

Что такое лимитирующая стадия в гетерогенном процессе? Как лимитирующая стадия определяет режим процесса?

Чем отличается модель «сжимающаяся сфера» от модели «сжимающееся ядро»? Приведите примеры процессов.

Нарисуйте схему и объясните структуру процесса **«газ-твердое (полностью реагирующее)»**. Какие этапы процесса можно выделить? Напишите исходное уравнение мат. модели этого процесса.

Напишите уравнения для наблюдаемой скорости превращения (для реакции первого порядка) и времени полного превращения твердой частицы.

Нарисуйте графики и объясните, как меняется во времени размер частицы, степень превращения твердого реагента, скорость превращения частицы.

Как зависит наблюдаемая константа скорости превращения в процессе «сжимающаяся сфера» от температуры и скорости потока? Как эти зависимости связаны с режимом процесса?

Как можно интенсифицировать процесс «газ-твердое (полностью реагирующее)»?

Нарисуйте схему и объясните структуру процесса **«газ-твердое (неполностью реагирующее)»**. Какие этапы процесса можно выделить? Напишите исходное уравнение мат. модели этого процесса.

Напишите уравнения для наблюдаемой скорости превращения и времени полного превращения твердой частицы для разных режимов процесса.

Нарисуйте графики и объясните, как меняется во времени размер частицы, степень превращения твердого реагента, скорость превращения частицы для процесса «сжимающееся ядро» в разных режимах.

Как можно интенсифицировать процесс «газ-твердое (неполностью реагирующее)» в разных режимах его протекания?

Укажите способы определения области протекания процесса в системе «газ – твердое тело».

Приведите примеры технологических процессов «газ-жидкость» и способы организации взаимодействия газа с жидкостью.

Нарисуйте схему и объясните структуру процесса **«газ-жидкость»**. Какие этапы процесса можно выделить? Напишите исходное уравнение мат. модели этого процесса.

В чем различие структур процессов «газ-твердое» и «газ-жидкость»?

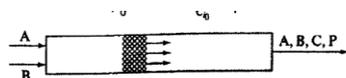
Напишите выражение для наблюдаемой скорости превращения. От каких условий и как зависит наблюдаемая скорость превращения в разных режимах?

С чем связано возможное уменьшение скорости превращения при повышении температуры?

Как можно интенсифицировать процесс «газ-жидкость»?

### Примеры тестовых заданий

1. Что изображено на рисунке?

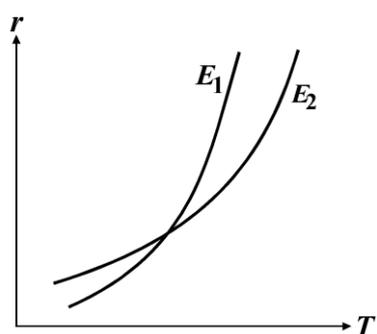


- a) реактор идеального смешения;
- b) реактор идеального вытеснения;
- c) адиабатический реактор.

2. В каких случаях оправдано проведение реакции при избытке одного из компонентов?

- a) если реакция обратимая, один из компонентов (более дешёвый или более доступный) берется в избытке для повышения степени превращения другого (более ценного) компонента;
- b) избыток одного из компонентов не оправдан, так как для наилучшего протекания реакции необходимо брать компоненты в стехиометрических количествах;
- c) избыток одного из компонентов уместен в случае, когда другой компонент ядовит или когда продукты реакции повышено токсичны;
- d) когда один из компонентов токсичен или когда продукты реакции ядовиты, реагенты следует брать строго в стехиометрических количествах.

3. На графике приведены зависимости скорости простых необратимых реакций от температуры с разными энергиями активации  $E_1$  и  $E_2$ . Какое соотношение между  $E_1$  и  $E_2$ ?



- a)  $E_1 > E_2$ ;
- b)  $E_1 < E_2$ ;
- c)  $E_1 \approx E_2$ .

### Примеры расчетных заданий по темам:

**Пример 1.** Рассчитать среднее время пребывания реагентов в проточном реакторе идеального смешения, необходимое для достижения степени превращения исходного реагента  $x_{A,f} = 0,8$ .

В реакторе протекает реакция второго порядка  $2A \rightarrow R + S$ , скорость которой описывается при постоянной температуре кинетическим уравнением  $\omega_{r,A} = 2,5 c_A^2$ . Начальная концентрация реагента  $A$  на входе в реактор  $c_{A,0} = 4 \text{ кмоль/м}^3$ .

*Решение.* Для определения  $\bar{\tau}$  можно использовать уравнение (12); концентрацию реагента в реакторе, необходимую для расчета скорости протекающей в нем реакции, выразим через степень превращения

$$\bar{\tau} = \frac{c_{A,0} \cdot x_{A,f}}{\omega_{r,A}} = \frac{c_{A,0} \cdot x_{A,f}}{k c_{A,f}^2} = \frac{c_{A,0} \cdot x_{A,f}}{k c_{A,0}^2 (1 - x_{A,f})^2} = \frac{0,8}{2,5 \cdot 4 \cdot (1 - 0,8)^2} = 24.$$

Таким образом, для достижения степени превращения  $x_A = 0,8$  необходимо, чтобы соотношение между объемом реактора и объемным расходом через него составляло  $\bar{\tau} = V/v = 2 \text{ ч}$ .

### Пример 2.

Определить производительность 1 м<sup>3</sup> катализатора синтеза аммиака при следующих условиях: концентрация аммиака в конечном газе (на выходе из реактора)  $S_{\text{кон}} = 26,5\%$  (об), в начальном газе (на входе в реактор)  $S_{\text{нач}} = 2,7\%$  (об), объемная скорость газа  $V_{\text{об}} = 45000 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^3)$  катализатора.

*Решение.*

Синтез аммиака основан на экзотермической обратимой реакции, идущей с уменьшением объема



Реакция синтеза аммиака требует большой энергии активации. Процесс ведут в промышленности в присутствии катализатора при высоком давлении, повышающем равновесную степень превращения, и при высокой температуре, обеспечивающей достаточно большую скорость процесса, но в известной мере смещающей равновесие в сторону исходных продуктов. Катализатором синтеза аммиака служит железо с активаторами  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ . Однако в оптимальных условиях проведения процесса фактический выход аммиака невелик ( $X = 18-22\%$ ) поэтому процесс ведут по циклической схеме.

В колонну синтеза подается циркуляционный газ, содержащий несконденсировавшийся в холодильнике аммиака и свежая азото-водородная смесь, в количестве, компенсирующем полученный продукт и потери. Выход аммиака  $x$  отвечает содержанию его в азото-водородной смеси, выходящей из реактора. В нашем случае

$$x = S_{\text{кон}} - S_{\text{нач}}/100 + S_{\text{кон}} = 26,5 - 2,7/102,7 = 23,2\%(\text{об.}) \text{ или } 0,232 \text{ мол. доли NH}_3.$$

Производительность катализатора в колонне синтеза аммиака при данном давлении и составе азото-водородной смеси определяют по формуле

$$P = 0,771 \cdot x \cdot V_{\text{об}} \cdot \beta$$

Здесь 0,771 – масса 1 м<sup>3</sup>  $\text{NH}_3$ ;  $\beta$  – коэффициент, характеризующий уменьшение объема газа в результате реакции синтеза аммиака, определяемый по формуле:

$$\beta = 100 + S_{\text{нач}}/100 + S_{\text{кон}} = 100 + 2,7/100 + 26,5 = 0,81$$

$$P = 0,771 \cdot 0,232 \cdot 45000 \cdot 0,81 = 6500 \text{ кг}/(\text{ч} \cdot \text{м}^3 \text{ катализатора}).$$

### Пример 3

В реакторе протекает реакция второго порядка  $2A \rightarrow R + S$ , скорость которой описывается при постоянной температуре кинетическим уравнением  $\omega_{r,A} = 2,5 c_A^2$ .

Начальная концентрация реагента  $A$  на входе в реактор  $c_{A,0} = 4 \text{ кмоль/м}^3$ , степень превращения исходного реагента  $x_{A,f} = 0,8$ , проводят в каскаде реакторов идеального смешения. Все секции каскада имеют одинаковый объем, подобранный таким образом, что среднее время пребывания в каждой из них  $\bar{\tau}_i$  равно 1/10 от среднего времени пребы-

вания в единичном реакторе идеального смешения, рассчитанного в примере 1 ( $\bar{\tau}_i = 0,2$  ч). Определить, сколько таких секций потребуется для достижения заданной степени превращения.

*Решение.* Для решения используем графический метод. Для этого построим графики функции  $\omega_{rA} = 2,5 c_A^2$  (парабола) и

$$y = \frac{c_{A,i-0}}{\bar{\tau}_i} - \frac{1}{\bar{\tau}_i} c_A = \frac{4}{0,2} - \frac{1}{0,2} c_A$$

(прямая с тангенсом угла наклона  $\operatorname{tg} \alpha = -\frac{1}{\bar{\tau}} = -0,5$ ).

Точка пересечения этих линий  $M_1$  (рис.) позволяет определить концентрацию на выходе из первой секции каскада. Проводя параллельные прямые

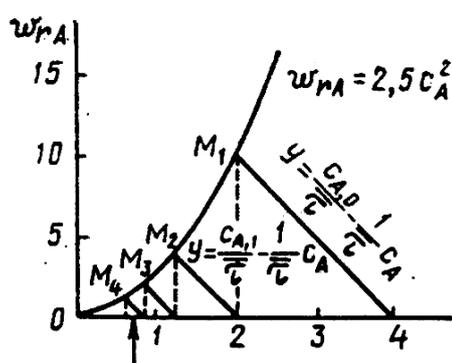


Рисунок . Графическое определение числа секций каскада реакторов идеального смешения

$$y = \frac{c_{A,i-1}}{\bar{\tau}_i} - \frac{1}{\bar{\tau}_i} c_{A,f}$$

до тех пор, пока не будет выполнено условие  $c_{A,i} \leq 0,8 \text{ кмоль/м}^3$  (так как  $c_{A,f} = c_{A,0}(1 - x_{A,f}) = 4 \cdot (1 - 0,2) = 0,8 \text{ кмоль/м}^3$ ), получаем, что для достижения указанной степени превращения необходимо 4 секции. При этом оказывается, что на выходе из четвертой секции степень превращения даже выше, чем задана по условию, но в трех секциях заданная степень превращения не достигается.

Таким образом, суммарное среднее время пребывания реагентов в каскаде реакторов идеального смешения для условий примера составляет  $\tau_{\Sigma, \text{каскад}} = 4 \cdot \bar{\tau}_i = 0,8 \text{ ч}$ .

С другими примерами выполнения расчетных заданий можно ознакомиться по учебным пособиям

1. Смирнов А. Н. Гетерогенные химические процессы [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=67.pdf&show=dcatalogues/1/1130046/67.pdf&view=true> - Макрообъект.

2. Смирнов А. Н. Химические реакторы. Гомогенный изотермический процесс [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=70.pdf&show=dcatalogues/1/1130345/70.pdf&view=true>. - Макрообъект.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-11	способностью выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>– основные показатели эффективности работы реакторов и ХТП</li> <li>– основы теории процесса в химическом реакторе</li> <li>– методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях,</li> <li>– типы химических реакторов и требования к ним,</li> <li>– способы регулирования технологических показателей химико-технологических процессов</li> <li>– принципы выбора реактора и расчета процесса в нем;</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Понятие химического реактора. Основные показатели работы химических реакторов. Виды химических реакторов. Структурные элементы химического реактора. Нарисуйте схемы нескольких реакторов. Покажите на одном из них структурные элементы.</li> <li>2. Математическое моделирование как метод исследования химических реакторов.</li> <li>3. Классификация процессов в химическом реакторе по организации материальных и Иерархическая структура мат. модели процесса в химическом реакторе тепловых потоков. Напишите в общем виде основные балансовые уравнения процесса в реакторе.</li> <li>4. Режим (модель) идеального смешения периодический (ИС-п). Уравнения, описывающие его. Схема реактора.</li> <li>5. Режим (модель) идеального смешения непрерывный (ИС-н). Уравнения, описывающие его. Схема реактора.</li> <li>6. Режим (модель) идеального вытеснения (ИВ). Уравнения, описывающие его. Схема реактора.</li> <li>7. Режим идеального смешения периодический (ИС-п) и идеального вытеснения (ИВ). Подобие и различие процессов в этих реакторах.</li> <li>8. Анализ модели изотермических процессов ИС-п и ИВ-н с протеканием простых <b>необратимых</b> реакций <math>A \rightarrow B</math> разного порядка. Характеристическое уравнение для <math>\tau</math>. Зависимости <math>C(\tau)</math> и <math>x(\tau)</math>. Влияние концентрации исходного вещества, температуры на изменение функции <math>x(\tau)</math>.</li> <li>9. Анализ модели изотермических процессов ИС-п и ИВ-н с протеканием простой <b>обратимой</b> реакции (первого порядка). Характеристическое уравнение для <math>\tau</math>. Зависимость <math>x(\tau)</math>. Влияние концентрации исходного вещества на изменение функции <math>x(\tau)</math>.</li> </ol>

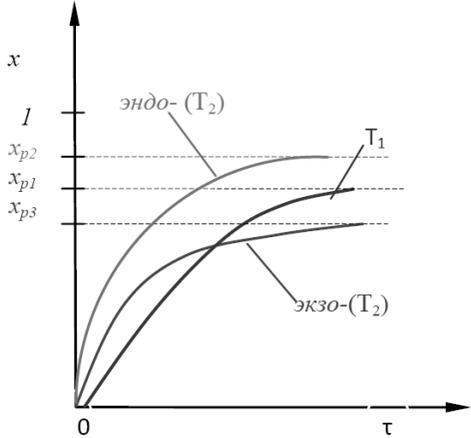
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Влияние температуры на скорость и интенсивность процесса в случае экзо- и эндотермических реакций.</p> <p>10. Анализ модели изотермических процессов ИС-п и ИВ-н с протеканием сложной реакции <b>с параллельной схемой</b> превращения. Характеристическое уравнение для <math>\tau</math>. Зависимости <math>C_A(\tau)</math>, <math>x_A(\tau)</math>, <math>C_R(\tau)</math>, <math>C_S(\tau)</math>. Влияние температуры на интенсивность и селективность процесса. Зависимость селективности от порядка реакций.</p> <p>11. Анализ модели изотермических процессов в реакторе ИС-п и ИВ-н с протеканием сложной реакции <b>с последовательной схемой</b> превращения. Характеристическое уравнение для <math>\tau</math>. Зависимости <math>C_A(\tau)</math>, <math>x_A(\tau)</math>, <math>C_R(\tau)</math>, <math>C_S(\tau)</math>. Максимальный выход продукта R (<math>C_R^{max}</math>). Влияние температуры на интенсивность, <math>C_R^{max}</math> и селективность процесса.</p> <p>12. Анализ модели изотермических процессов в реакторе ИС-н с протеканием реакций с различными схемами превращения. Характеристические уравнения для <math>\tau</math>. Зависимости <math>C_A(\tau)</math>, <math>x_A(\tau)</math>, <math>C_R(\tau)</math>, <math>C_S(\tau)</math>.</p> <p>13. Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения (по интенсивности и селективности).</p> <p>14. Неизотермический процесс в химическом реакторе. Организация теплообмена в реакторе и температурные режимы.</p> <p>15. Режимы идеального смешения периодический (ИС-п) и идеального вытеснения (ИВ) с теплообменом. Сравнение адиабатического процесса с изотермическим.</p> <p>16. Температурный режим в проточном реакторе идеального смешения.</p> <p>17. Сравнение адиабатического процесса в проточных режимах идеального смешения и вытеснения.</p> <p>18. Автотермический реактор.</p> <p>19. Гетерогенный химический процесс. Классификация гетерогенных процессов по виду участвующих фаз. В чем заключается многостадийность гетерогенного процесса? Чем отличаются условия гетерогенного процесса и условия протекающей в нем реакции?</p> <p>20. Наблюдаемая скорость гетерогенного процесса, от чего она зависит? Лимитирующая стадия в гетерогенном процессе. Как лимитирующая стадия определяет режим про-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>цесса?</p> <p>21. Процесс <b>«газ-твердое (полностью реагирующее)»</b>. Схема процесса и его структура. Зависимости во времени размера частицы, степени превращения твердого реагента, скорости превращения частицы.</p> <p>22. Лимитирующие стадии и режимы процесса «сжимающаяся сфера». Как зависит наблюдаемая константа скорости превращения в процессе «сжимающаяся сфера» от температуры и скорости потока? Как эти зависимости связаны с режимом процесса? Способы интенсификации процесса.</p> <p>23. Процесс <b>«газ-твердое (неполностью реагирующее)»</b>. Схема процесса и его структура. Как меняется во времени размер частицы, степень превращения твердого реагента, скорость превращения частицы для процесса «сжимающееся ядро» в разных режимах?</p> <p>24. Способы интенсификации процесса «газ-твердое (неполностью реагирующее)» в разных режимах его протекания.</p> <p>25. Анализ процесса <b>«газ-жидкость»</b>. Зависимость скорости превращения от концентрации компонентов и температуры. С чем связано возможное уменьшение скорости превращения при повышении температуры? Интенсификация процесса «газ-жидкость».</p>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Рассчитывать основные характеристики химического процесса с использованием справочных данных;</li> <li>– произвести выбор типа реактора и расчет технологических параметров для заданного процесса;</li> <li>– оценивать технологическую эффективность ХТП и работы реактора;</li> <li>– определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реак-</li> </ul>	<p>Обжиг ZnS проводится в наклонном трубчатом реакторе. Частицы твердого вещества движутся со скоростью 11,5 см/с. Известно, что при данных условиях за 1 мин степень превращения ZnS составляет 65 %. Определить длину реактора, обеспечивающую 95% степень превращения исходного сырья, если обжиг проводится в кинетической области. При решении можно использовать справочные таблицы с формулами.</p> <p>Для процесса <b>«газ-твердое (полностью реагирующее)»</b> нарисуйте схему и объясните структуру. Какие этапы процесса можно выделить? Напишите исходное уравнение мат. модели этого процесса. Как меняется во времени размер частицы, степень превращения твердого реагента, скорость превращения частицы?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>торе;</p> <p>– обосновывать принятие конкретного технологического решения при организации эффективной работы реактора;</p>	<p>Для процесса «газ-твердое (<b>неполностью реагирующее</b>) нарисуйте схему и объясните структуру процесса . Какие этапы процесса можно выделить? Напишите исходное уравнение мат. модели этого процесса. Как меняется во времени размер частицы, степень превращения твердого реагента, скорость превращения частицы для процесса «сжимающееся ядро» в разных режимах?</p>
Владеть	<p>– навыками основных химико-технологических расчетов</p> <p>– навыками расчета и анализа процессов в химических реакторах;</p> <p>– навыками выбора химических реакторов.</p> <p>– анализа эффективности работы химических реакторов</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изобразите схему реактора ИС-п. Выведите уравнения, описывающие режим ИС-п.</li> <li>2. Изобразите схему реактора ИС-н. Выведите уравнения, описывающие режим ИС-н.</li> <li>3. Изобразите схему реактора ИВ. Выведите уравнения, описывающие режим ИВ.</li> <li>4. Проведите анализ модели изотермических процессов ИС-п и ИВ-н с протеканием простых <b>необратимых</b> реакций <math>A \rightarrow B</math> разного порядка (характеристическое уравнение для <math>\tau</math>, зависимости <math>C(\tau)</math> и <math>x(\tau)</math>). Влияние концентрации исходного вещества , температуры на изменение функции <math>x(\tau)</math>.</li> <li>5. Проведите анализ изотермических процессов ИС-п и ИВ-н с протеканием простой <b>обратимой</b> реакции <b>первого порядка</b> (зависимость <math>x(\tau)</math>, влияние концентрации исходного вещества на изменение функции <math>x(\tau)</math>. Влияние температуры на скорость и интенсивность процесса в случае экзо- и эндотермических реакций).</li> <li>6. Проведите анализ изотермических процессов ИС-п и ИВ-н с протеканием сложной реакции с <b>параллельной схемой</b> превращения (зависимости <math>C_A(\tau)</math>, <math>x_A(\tau)</math>, <math>C_R(\tau)</math>, <math>C_S(\tau)</math>). Влияние температуры на интенсивность и селективность процесса).</li> <li>7. Проведите анализ изотермических процессов в реакторе ИС-п и ИВ-н с протеканием сложной реакции с <b>последовательной схемой</b> превращения (зависимости <math>C_A(\tau)</math>, <math>x_A(\tau)</math>, <math>C_R(\tau)</math>, <math>C_S(\tau)</math>). Максимальный выход продукта R (<math>C_R^{max}</math>). Влияние температуры на интенсивность, <math>C_R^{max}</math> и селективность процесса).</li> <li>8. Составьте кинетические уравнения сложных реакций по каждому из веществ, участвующих в реакции, протекающей по схеме</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства		
		$A + B \xrightarrow{k_1} P + C$ $A + P \xrightarrow{k_2} C + D$ <p>9. Докажите, что модель каскада реакторов идеального смешения является промежуточной между моделями идеального вытеснения и идеального смешения.</p>		
<p>ОПК-1 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</p>				
Знать	<p>– теоретические основы химии, свойства физико-химических систем, положенных в основу химического производства</p> <p>– основные законы естественнонаучных дисциплин в процессах химической переработки для понимания технологии производства.</p>	<p>Сформулировать законы сохранения массы и энергии</p> <p>Написать формулу Менделеева-Клапейрона, дать к ней пояснения; для выполнения каких расчетов она используется?</p> <p>Сформулировать принцип Ле-Шателье, закон действующих масс. Как используется этот принцип для регулирования ХТП?</p>		
Уметь	<p>использовать законы естественнонаучных дисциплин для разработки технологии ХТП</p> <p>проводить лабораторные испытания.</p>	<p>Почему для достижения той же степени превращения при одинаковых условиях проведения реакции в проточном реакторе идеального смешения требуется существенно большее время пребывания реакционной смеси, чем в реакторе идеального вытеснения или в периодическом реакторе идеального смешения?</p> <p>Предложить технологические методы ускорения (замедления) химической реакции.</p> <p>Составить материальный и тепловой балансы процесса сжигания 1 т серосодержащего сырья кислородом воздуха. Сырье содержит, (мас. доли): <math>S</math> - 0,99, <math>H_2O</math> - 0,06, зола – 0,04.</p> <p>Тепловым расчетом определить температуру, до которой необходимо нагреть аммиачно-воздушную смесь, чтобы процесс окисления аммиака протекал автотермично.</p> <p>Данные для расчета:</p> <table border="1" data-bbox="936 1393 2168 1441"> <tr> <td data-bbox="936 1393 1917 1441">Степень превращения <math>NH_3</math> в <math>NO</math> ,%</td> <td data-bbox="1917 1393 2168 1441">96,0</td> </tr> </table>	Степень превращения $NH_3$ в $NO$ ,%	96,0
Степень превращения $NH_3$ в $NO$ ,%	96,0			

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства	
		Степень абсорбции, %	96,5
		Содержание аммиака в сухой аммиачно – воздушной смеси, % (масс.).	10,0
		Температура конверсии, °С:	800
		Теплопотери в окружающую среду, % от прихода теплоты	5
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками определения комплекса свойств физико-химических систем, положенных в основу химического производства,</li> <li>– навыками обработки и анализа данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях, интерпретации полученных результатов</li> </ul>	<p>1. В реакторе ИВ протекает последовательная реакция. Какие рекомендации можно сделать, чтобы добиться: а) максимального выхода промежуточного продукта; б) максимально селективности по промежуточному продукту; в) максимального выхода конечного продукта?          Какие преимущества имеет схема производства азотной кислоты при двух давлениях (рис.) по сравнению со схемой при едином давлении?</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>2. Процесс осуществляется с протеканием простой обратимой реакции первого порядка</p> $A \xrightleftharpoons[k_2]{k_1} R$ <p>Зависимость степени превращения <math>x(\tau)</math> при температурах <math>T_1</math> и <math>T_2 &gt; T_1</math> для эндотермической и экзотермической реакций в реакторе ИВ (или ИС-п) представ-</p>	

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>лена на рис.</p>  <p><b>штриховыми линиями показаны равновесные степени превращения <math>x_p</math> для тех же условий</b></p> <p>Какой температурный режим будет оптимальным для обеспечения максимальной интенсивности процесса с экзотермической и эндотермической реакцией?</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Химические реакторы» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**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 новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый 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;

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

#### **а) Основная литература:**

1. Игнатенков, В. И. Общая химическая технология: теория, примеры, задачи : учебное пособие для академического бакалавриата / В. И. Игнатенков. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 195 с. — (Бакалавр.Академический курс). — ISBN 978-5-534-09222-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/viewer/obschaya-himicheskaya-tehnologiya-teoriya-primery-zadachi-450986#page/1>

2. Смирнов, А. Н. Химические реакторы. Гомогенный изотермический процесс : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнито-горск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=70.pdf&show=dcatalogues/1/1130345/70.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Смирнов, А. Н. Гетерогенные химические процессы : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=67.pdf&show=dcatalogues/1/1130046/67.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Бочкарев, В. В. Оптимизация химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / В. В. Бочкарев. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 263 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00378-9. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451320> (дата обращения: 06.09.2020).

2. Загкейм, А. Ю. Загкейм А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Загкейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Логос, 2012. - 304 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-497-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/468690> (дата обращения: 06.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

3. Смирнов, А. Н. Теоретические основы химико-технологических процессов : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3515.pdf&show=dcatalogues/1/1514321/3515.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

4. Смирнов, А. Н. Производство химических продуктов : учебное пособие. Ч. 1 / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3663.pdf&show=dcatalogues/1/1526324/3663.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

5. Крылова, С. А. Введение в анализ и синтез химико-технологических систем : учебное пособие / С. А. Крылова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=25.pdf&show=dcatalogues/1/1131464/25.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

[учебное пособие] / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт ; пер. с англ. В. И. Ролдугина. - 2-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 503 с. : ил., табл., граф. - ISBN 978-5-91559-153-9. - Текст : непосредственный. 10 шт.

9. Сибаров Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2016. - 198 с. : ил., табл. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Текст : непосредственный.

#### **в) Методические указания:**

1. Смирнов, А. Н. Химические процессы в реакторах : учебное пособие / А. Н. Смирнов, С. А. Крылова, В. И. Сысоев ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2016 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=69.pdf&show=dcatalogues/1/1139091/69.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Теоретические основы химической технологии: учеб. пособие /А.Н. Смирнов, С.А. Крылова, В.И. Сысоев. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. 61 с. - Текст : непосредственный.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распростра-	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017	11.10.2021 27.07.2018

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Международная справочная система «Полпред» polpred.com отрасль «Образование, наука»	URL: <a href="http://education.polpred.com/">http://education.polpred.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебная аудитория для проведения практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, учебные столы, стулья
Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи для хранения оборудования Методическая литература для учебных занятий Химическая посуда Инструменты для ремонта и профилактического обслуживания учебного оборудования