

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра высокомолекулярных соединений и общей химической технологии

Утверждено  
на заседании кафедры ВМС и ОХТ  
протокол №7 от «27» января 2021 г.

Согласовано:  
Председатель УМК факультета /института

  
Зав. кафедрой Кулиш Е.И.

  
Гарифуллина Г.Г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**


Дисциплина Макрокинетические особенности гетерогенных процессов  
полимеризации

дисциплина по выбору

**программа бакалавриата**  
Направление подготовки (специальность)  
04.03.01 «химия»

Направленность (профиль) подготовки  
Высокомолекулярные соединения

Квалификация  
бакалавр

Разработчик (составитель) Профессор, д.х.н. (должность, ученая степень, ученое звание)	 — /Кулиш Е.И. (подпись, Фамилия И.О.)
--	---

для приема 2021 г.

Уфа 2021г.

Составитель / составители: Кулиш Е.И.

Рабочая программа дисциплины утверждено на заседании кафедры Высокомолекулярных соединений и общей химической технологии протокол от «27» января 2021г. № 7

Заведующий кафедрой



\_\_\_\_\_ / Кулиш Е.И.

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
  - 4.3. *Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)*
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

*(с ориентацией на карты компетенций)*

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Добавлено примечание ([i1]): Соответствие картам компетенций не проверяла, нет ОП по новому плану.

Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ПК-1. Способностью выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	ПК-1.1. Знать основные методы синтеза и анализа химических веществ, принципа работы стандартных лабораторных приборов	Знать: основные методы синтеза и анализа химических веществ, принципа работы стандартных лабораторных приборов
		ПК-1.2. Уметь выполнять основные операции выполняемые при синтезе и анализе химических соединений	Уметь: выполнять основные операции выполняемые при синтезе и анализе химических соединений
		ПК-1.3. Владеть навыками выполнения стандартных операций по предлагаемым методикам	Владеть: навыками выполнения стандартных операций по предлагаемым методикам
	ПК-2. Владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении	ПК-2.1. Знать стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ	Знать: стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ

	научных исследований		
		ПК-2.2. Уметь проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры	Уметь: проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры
		ПК-2.3. Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Владеть: базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина "Кинетика и макрокинетика полимеризационных процессов" относится к вариативным дисциплинам профессионального (специального) цикла ООП. Целью освоения дисциплины является освоение расчетами химических реакторов с учетом кинетики протекающего химического процесса, специфики протекания быстрых химических реакций при синтезе полимеров в турбулентных потоках, интенсификации тепло- и массопереноса в жидких средах, проектирования энерго- и ресурсосберегающих технологий на основе малогабаритных трубчатых турбулентных реакторов.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- физическая химия
- органическая химия
- кристаллохимия
- химия мономеров

Кроме того, при освоении данной дисциплины требуются самые высокие знания, умения и навыки, приобретённые в результате освоения всех предшествующих дисциплин, особенно таких, как стереохимия, физическая химия, математика, информатика, физика, общая химия.

## **3.Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции **ПК-1** Способностью выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
<b>ПК-1.1.</b> Знать основные методы синтеза и анализа химических веществ, принципа работы стандартных лабораторных приборов	Знать: основные методы синтеза и анализа химических веществ, принципа работы стандартных лабораторных приборов	Фрагментарные представления о методах работы в лаборатории	Сформированные систематические знания о методах синтеза и анализа химических веществ, принципа работы стандартных лабораторных приборов
<b>ПК-1.2.</b> Уметь выполнять основные операции, выполняемые при синтезе и анализе химических соединений	Уметь: выполнять основные операции, выполняемые при синтезе и анализе химических соединений	Фрагментарное умение выполнять стандартные операции по предлагаемым методикам	Успешное и систематическое умение выполнять стандартные лабораторные операции
<b>ПК-1.3.</b> Владеть навыками выполнения стандартных операций по предлагаемым методикам	Владеть: навыками выполнения стандартных операций по предлагаемым методикам	Фрагментарное владение навыками работы на стандартном оборудовании	Успешное и систематическое владение навыками выполнения стандартных операций по предлагаемым методикам

Код и формулировка компетенции **ПК-2.** Владением базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
<b>ПК-2.1.</b> Знать стандартные методы	Знать: стандартные методы	Затрудняется в выборе метода применения современной аппаратуры	Знает стандартные методы применения современной аппаратуры

применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ	применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ	при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств указанного вещества, не знает требований к оформлению результатов эксперимента и норм ТБ, но допускает ошибки	при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств различных групп веществ и материалов; правила техники безопасности при работе с ними, основные требования к оформлению результатов эксперимента
<b>ПК-2.2.</b> Уметь проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры	Уметь: проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры	Умеет проводить некоторые химические эксперименты с использованием современной аппаратуры, но допускает ошибки	Умеет выполнять демонстративные опыты по химии с использованием современной аппаратуры; проводить комплексный анализ и исследование свойств полученных веществ и материалов. Умеет оформлять результаты эксперимента в соответствии с заявленными требованиями
<b>ПК-2.3.</b> Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Владеть: базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Владеет некоторыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований, но допускает ошибки	Владеет базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и изучения свойств веществ и материалов, правильного протоколирования опытов

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины



**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине</b>	<b>Оценочные средства</b>
ПК-1.1. Знать основные методы синтеза и анализа химических веществ, принципа работы стандартных лабораторных приборов	Знать: основные методы синтеза и анализа химических веществ, принципа работы стандартных лабораторных приборов	Допуски к лабораторным работам, отчет тесты
ПК-1.2. Уметь выполнять основные операции выполняемые при синтезе и анализе химических соединений	Уметь: выполнять основные операции выполняемые при синтезе и анализе химических соединений	Допуски к лабораторным работам, отчет тесты
ПК-1.3. Владеть навыками выполнения стандартных операций по предлагаемым методикам	Владеть: навыками выполнения стандартных операций по предлагаемым методикам	Допуски к лабораторным работам, отчет тесты
ПК-2.1. Знать стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ	Знать: стандартные методы применения современной аппаратуры при проведении научных исследований, идентификации и исследования свойств веществ и материалов, правила обработки и оформления результатов работы, нормы ТБ	Допуски к лабораторным работам, отчет тесты
ПК-2.2. Уметь проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры	Уметь: проводить химические эксперименты с использованием современной аппаратуры	Допуски к лабораторным работам, отчет тесты
ПК-2.3. Владеть базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Владеть: базовыми навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований	Допуски к лабораторным работам, отчет тесты

#### 4.3. Рейтинг-план дисциплины

- 0 баллов выставляется студенту, если студент не имеет представления об обсуждаемом вопросе;
- 2 балла выставляется студенту, если студент имеет фрагментарные представления об обсуждаемом вопросе;
- 3 балла выставляется студенту, если студент имеет неполные представления об обсуждаемом вопросе;
- 4 балла выставляется студенту, если студент имеет сформированные, но содержащие существенные пробелы представления об обсуждаемом вопросе;
- 5 баллов выставляется студенту, если студент имеет сформированные систематические представления об обсуждаемом вопросе.

#### Вопросы для аудиторной и домашней работы

##### Вопросы для устного опроса

##### Тема № 1

Сделать вывод о лимитирующем механизме (масштаб смешения) гомогенизации реакционной смеси если линейная скорость движения потока  $V_k=10$  м/с, диаметр конфузورной части аппарата  $d_k=100$  мм, динамическая вязкость  $\mu=1000$  мПа·с, плотность  $\rho=865$  кг/м<sup>3</sup>, угол раскрытия диффузора  $\gamma=45^\circ$ . Рассчитать значения коэффициента турбулентной диффузии, удельной кинетической турбулентности, диссипации удельной кинетической энергии турбулентности если скорость движения потока  $V_k=5$  м/с, диаметр конфузорной части аппарата  $d_k=50$  мм, угол раскрытия диффузора  $\gamma=45^\circ$ . Рассчитать критический радиус, соответствующий переходу от режима квазиидеального вытеснения к факельному режиму при протекании: а) низкомолекулярной реакции второго порядка с константой скорости 10 л/моль·с, наименьшая концентрация одного из реагентов составляет 0,25 моль/л, коэффициент турбулентной диффузии  $D_t = 10^{-3}$  м<sup>2</sup>/с; б) полимеризации изобутилена с константой гибели активных центров  $k_t = 20$  с<sup>-1</sup>.

##### Тема № 2

Условия формирования стационарного и нестационарного теплового режима работы химического реактора (верхняя и нижняя точки стационарного режима). Распределение времен пребывания в аппаратах химической технологии (идеального смешения, идеального вытеснения, турбулентный реактор). Количественные характеристики степени отклонения структуры потоков в аппаратах химической технологии от идеального смешения и идеального вытеснения. Области использования трубчатых турбулентных аппаратов. Их преимущества по сравнению с традиционными реакторами. Формирование макрорежимов при протекании быстрых химических реакций на примере полимеризации изобутилена. Условия нарушения автомодельного режима течения высоковязких сред в трубчатых турбулентных аппаратах диффузор-

**Добавлено примечание ([12]):** описываемые оценочные средства должны соответствовать пункту 4.2 и рейтингу плану. Например, вопросы индивидуального опроса, вопросы группового опроса. Также можно вставить буквально одно предложение с описанием оценочного средства: что из себя представляет, в какой форме проходит.

конфузорной конструкции, методы восстановления автомодельного режима. Факельный режим при протекании быстрых химических реакций.

#### Тема № 3

Специфика протекания быстрых жидкофазных химических реакций. Новые закономерности. Общие и отличительные особенности режима квазиидеального вытеснения в турбулентных потоках по сравнению с режимами идеального смешения и вытеснения. Условия формирования режима квазиидеального вытеснения в случае протекания низкомолекулярных реакций и при синтезе полимеров. Преимущества протекания быстрых химических реакций в режиме квазиидеального вытеснения. Пути регулирования теплового режима при протекании быстрых химических реакций в трубчатых турбулентных аппаратах. Трубчатые турбулентные аппараты как новый тип реакторов химической технологии (новые закономерности работы). Модификации трубчатых турбулентных аппаратов.

#### Тема № 4

Автомодельный режим течения жидких потоков по отношению к вязкости в трубчатых турбулентных аппаратах диффузор-конфузорной конструкции. Характерные времена турбулентного, микро- и мезосмешения в трубчатых турбулентных аппаратах. Характеристики турбулентного смешения в трубчатых турбулентных аппаратах в автомодельном режиме. Макроструктуры фронтов смешения и реакции в трубчатых турбулентных аппаратах цилиндрической конструкции. Расчет диаметра капель дисперсной фазы в трубчатых турбулентных аппаратах диффузор-конфузорной конструкции. Основные понятия макрокинетики. Условия необходимости учета макрокинетических законов при протекании химических реакций. Пути регулирования теплового режима при протекании быстрых химических реакций в трубчатых турбулентных аппаратах за счет внешнего теплосъема.

Текущий контроль представляет собой проверку усвоения учебного материала, регулярно осуществляемую на протяжении семестра. Он осуществляется систематически, что обусловлено требованием постоянного и непрерывного мониторинга качества обучения, а также необходимостью балльно-рейтинговой оценки успеваемости обучающегося. При подобном контроле осуществляется проверка не компетенции в целом, а отдельных ее элементы (знания, умения, навыки).

Рубежный контроль осуществляется в конце 1-го и 2-го модулей, выделяемых в рамках освоения дисциплины. Он позволяет проверить отдельные компетенции или совокупности взаимосвязанных компетенций.

Устный опрос (УО) имеет большое значение в оценке процесса формирования компетенций в процессе освоения учебной дисциплины. Воспитательная функция УО имеет ряд важных аспектов: нравственный (честная сдача), дисциплинирующий (систематизация материала при ответе), дидактический (лучшее запоминание материала при интеллектуальной концентрации), эмоциональный (радость от успешного прохождения собеседования) и др. Обучающая функция УО состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту или экзамену. УО обладает также мотивирующей функцией: правильно организованные собеседование, коллоквиум, зачёт могут стимулировать учебную деятельность студента, его участие в научной работе.

**Вопросы для подготовки к рубежному контролю:**

1. Пути регулирования теплового режима при протекании быстрых химических реакций в трубчатых турбулентных аппаратах за счет внешнего теплосъема.
2. Сделать вывод о лимитирующем механизме (масштаб смешения) гомогенизации реакционной смеси если линейная скорость движения потока  $V_k=10$  м/с, диаметр конфузорной части аппарата  $d_k=100$  мм, динамическая вязкость  $\mu=1000$  мПа·с, плотность  $\rho=865$  кг/м<sup>3</sup>, угол раскрытия диффузора  $\gamma=45^\circ$ .
3. Рассчитать значения коэффициента турбулентной диффузии, удельной кинетической турбулентности, диссипации удельной кинетической энергии турбулентности если скорость движения потока  $V_k=5$  м/с, диаметр конфузорной части аппарата  $d_k=50$  мм, угол раскрытия диффузора  $\gamma=45^\circ$ .
4. Рассчитать критический радиус, соответствующий переходу от режима квазиидеального вытеснения к факельному режиму при протекании: а) низкомолекулярной реакции второго порядка с константой скорости 10 л/моль·с, наименьшая концентрация одного из реагентов составляет 0,25 моль/л, коэффициент турбулентной диффузии  $D_t = 10^{-3}$  м<sup>2</sup>/с; б) полимеризации изобутилена с константой гибели активных центров  $k_f = 20$  с<sup>-1</sup>.
5. Условия формирования стационарного и нестационарного теплового режима работы химического реактора (верхняя и нижняя точки стационарного режима).
6. Распределение времен пребывания в аппаратах химической технологии (идеального смешения, идеального вытеснения, турбулентный реактор).
7. Количественные характеристики степени отклонения структуры потоков в аппаратах химической технологии от идеального смешения и идеального вытеснения.
8. Области использования трубчатых турбулентных аппаратов. Их преимущества по сравнению с традиционными реакторами.
9. Формирование макрорежимов при протекании быстрых химических реакций на примере полимеризации изобутилена.
10. Условия нарушения автомодельного режима течения высоковязких сред в трубчатых турбулентных аппаратах диффузор-конфузорной конструкции, методы восстановления автомодельного режима.
11. Факельный режим при протекании быстрых химических реакций.
12. Методы регулирования теплового режима при протекании быстрых химических реакций.
13. Влияние радиуса реактора на характер протекания быстрой полимеризации и качество получаемых продуктов.
14. Возможные области использования турбулентных реакторов разной модификации. Обоснуйте ответ.
15. Кривые отклика на ввод инертного индикатора в аппаратах химической технологии.

16. Сепарирующий эффект в турбулентных реакторах диффузор-конфузорной конструкции.
17. Сравните турбулентные реакторы цилиндрической и диффузор-конфузорной конструкции.
18. Ячеечная и диффузионные модели при расчетах режимов работы реакторов химической технологии.
19. Влияние вязкости на режим работы трубчатых турбулентных аппаратов.
20. Расчет длины зоны охлаждения в турбулентных реакторах при протекании быстрых химических реакций.
21. Зависимость выбора типа и конструкции реактора в зависимости от кинетических параметров полимеризационных процессов (на примере олигомеризации пиперилена).
22. Зонная модель ведения быстрого химического процесса.
23. Специфика протекания быстрых жидкофазных химических реакций. Новые закономерности.
24. Общие и отличительные особенности режима квазиидеального вытеснения в турбулентных потоках по сравнению с режимами идеального смешения и вытеснения.
25. Условия формирования режима квазиидеального вытеснения в случае протекания низкомолекулярных реакций и при синтезе полимеров. Преимущества протекания быстрых химических реакций в режиме квазиидеального вытеснения.
26. Пути регулирования теплового режима при протекании быстрых химических реакций в трубчатых турбулентных аппаратах.
27. Трубчатые турбулентные аппараты как новый тип реакторов химической технологии (новые закономерности работы). Модификации трубчатых турбулентных аппаратов.
28. Автомодельный режим течения жидких потоков по отношению к вязкости в трубчатых турбулентных аппаратах диффузор-конфузорной конструкции.
29. Характерные времена турбулентного, микро- и мезосмешения в трубчатых турбулентных аппаратах. Характеристики турбулентного смешения в трубчатых турбулентных аппаратах в автомодельном режиме.
30. Макроструктуры фронтов смешения и реакции в трубчатых турбулентных аппаратах цилиндрической конструкции.
31. Расчет диаметра капель дисперсной фазы в трубчатых турбулентных аппаратах диффузор-конфузорной конструкции.

**Комплект тестов (рубежный контроль)**

Описание тестирования: Проводится тестирование на степень владения материалом. В каждом задании – один правильный ответ

Критерии оценки (в баллах):

- 0 баллов выставляется студенту, если количество правильных ответов 0 %;
- 10 балла выставляется студенту, если количество правильных ответов 30 %;
- 15 баллов выставляется студенту если количество правильных ответов 40 %;
- 20 баллов выставляется студенту, если количество правильных ответов 60 %;
- 25 баллов выставляется студенту, если количество правильных ответов 80 - 100%;

Критерий Боденштейна это:

- а) Критерий теплового подобия
- б) Критерий химического подобия
- в) Критерий гидродинамического подобия

Критерий Рейнольдса это:

- а) Критерий теплового подобия
- б) Критерий химического подобия
- в) Критерий гидродинамического подобия

Укажите верное для быстрых химических реакций утверждение:

- а) Выход продукта растет с увеличением скорости движения реагентов
- б) Выход продукта снижается с увеличением скорости движения реагентов
- в) Выход продукта не зависит от скорости движения реагентов

Наибольшая эффективность турбулентного перемешивания реакционной смеси характеризуются трубчатые аппараты:

- а) С соосным вводом реагентов
- б) С радиальным вводом реагентов
- в) С коническим расширением в начале аппарата

В автоматическом режиме движения реакционной смеси по отношению к вязкости характеристики турбулентного перемешивания:

- а) Не зависят от вязкости
- б) Зависят от вязкости
- в) Равны вязкости

Выберите несуществующий термин:

- а) Время турбулентного перемешивания
- б) Время микросмешения
- в) Время наносмешения

Трубчатый турбулентный аппарат кожухотрубчатой конструкции используется для:

- а) Снижения адиабатического разогрева в местах ввода реагентов
- б) Снижения протяженности зоны охлаждения
- в) Интенсификации турбулентного перемешивания по всему объему реактора

Трубчатый турбулентный аппарат диффузор-конфузорной конструкции используется для:

- а) Снижения адиабатического разогрева в местах ввода реагентов

- б) Снижения протяженности зоны охлаждения
- в) Интенсификации турбулентного перемешивания по всему объему реактора

Трубчатый турбулентный аппарат зонной конструкции используется для:

- а) Снижения адиабатического разогрева в местах ввода реагентов
- б) Снижения протяженности зоны охлаждения
- в) Интенсификации турбулентного перемешивания по всему объему реактора

Степень отклонения от идеализированных моделей смешения и вытеснения можно оценить с использованием:

- а) Распределения по временам пребывания реагентов в зоне реакции
- б) Распределения температуры в зоне реакции
- в) Распределения концентрации исходных реагентов в реакторе

Сепарирующий эффект при высоких скоростях движения многофазной реакционной смеси формируется в трубчатых турбулентных реакторах:

- а) Диффузор-конфузорной конструкции
- б) Цилиндрической конструкции
- в) Кожухотрубчатой конструкции

Температура в реакторе при протекании быстрого химического процесса в условиях внутреннего теплообмена:

- а) Равна температуре хладагента
- б) Равна температуре кипения компонентов реакционной смеси
- в) Равна температуре исходной реакционной смеси.

Что такое квазиизотермический режим?

- а) Режим с одинаковой температурой стенки реактора
- б) Режим, при котором скорость тепловыделения равна скорости теплоотвода
- в) Режим, при котором за счет интенсивного продольного перемешивания весь реакционный объем находится при одинаковой температуре.

Адиабатический подъем температуры прямо пропорционален:

- а) Выходу продукта
- б) Теплоте емкости реакционной смеси
- в) Плотности реакционной смеси

Что не является одной из модификаций трубчатых турбулентных аппаратов:

- а) Аппарат диффузор-конфузорной конструкции
- б) Аппарат цилиндрической конструкции
- в) Аппарат типа «труба в трубе»

В соответствии с классификацией реакторов химической технологии различают:

- а) реактор идеального вытеснения
- б) реактор идеального смешения
- в) реактор идеального процесса

Режим квазиидеального вытеснения в турбулентных потоках формируется при условии:

- а) радиус реактора меньше критической величины

- б) радиус реакторы больше критической величины
- в) радиус реактора равен критической величине.

Выберите ложное утверждение:

- а) Быстрые химические реакции протекают в диффузионной области
- б) Быстрые химические реакции лимитируются тепло-массопереносом
- в) Скорость быстрых химических реакций описывается только законами формальной кинетики.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### а) Основная литература

1. Закгейм А.Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов ( Электронный ресурс ): учеб.пособие/ Закгейм А.Ю. – М.: Логос, 2012 -304 с.
2. Захаров В.П. Макрокинетика быстропротекающих процессов в жидкой фазе. Курс лекций. Уфа: РИЦБашГУ, 2008. – 56 с

#### б) дополнительная литература

3. Захаров В.П., Берлин А.А., Монаков Ю.Б., Дебердеев Р.Я. Физико-химические основы протекания быстрых жидкофазных процессов. М.: Наука. 2008. 348 с.
4. Minsker K.S., Berlin A.I., Zakharov V.P., Zaikov G.E. Fast liquid-phase processes in turbulent flows. Brill Ac. Publ. VSP. Netherlands. 2004. 180p.
5. Айнштейн В.Г. и др. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии, в 2-х кн. М.: Логос. 2003, 912 с.
6. Монаков Ю.Б., Берлин Ал.Ал., Захаров В.П. Быстрые жидкофазные химические процессы в турбулентном режиме. Известия вузов. Химия и химическая технология. - 2005. -Т. 48. -№9. -С. 3-17.
7. Мингалеев В.З., Захаров В.П., Тайбулатов П.А., Монаков Ю.Б. О влиянии гидродинамического воздействия на микроструктуру сополимеров бутадиена с изопреном // Доклады АН. 2011. Т. 440. № 4. С. 488–490.
8. Захаров В.П., Минскер К.С., Шевляков Ф.Б., Берлин Ал.Ал., Алексанян Г.Г., Рытов Б.Л., Коноплев А.А. Интенсификация газожидкостных процессов в трубчатых турбулентных аппаратах // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77. № 11. С. 1840-1843.

#### Перечень методических указаний для самостоятельной работы студентов

1. Курс лекций «Макрокинетика быстропротекающих процессов в жидкой фазе». Уфа: РИЦБашГУ, 2008. – 56 с
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Общая химическая технология, ч.1»: «Массообменные процессы: абсорбция»
3. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Общая химическая технология»: «Вода в химической промышленности» (2005 г.).
4. Методические указания по курсу «Общая химическая технология»: «Основная задача химической технологии» (2005 г.)
5. Методические указания по курсу «Общая химическая технология»: «Сырьё в химической технологии» (2006 г.)



6. Методические указания по курсу «Общая химическая технология, ч.1»: «Тепловые процессы» (2007 г.).
7. Гидродинамика реальных жидкостей» (учебно-методическая разработка) Уфа: РИО БашГУ. 2007.
8. Методические указания по курсу «Общая химическая технология, ч.1»: «Массообменные процессы: ректификация.» (2007 г.)
9. Методические указания по курсу «Общая химическая технология, ч.1»: «Тепловые процессы» (2007 г.).
10. Гидродинамика реальных жидкостей» (учебно-методическая разработка) Уфа: РИО БашГУ. 2007.
11. Нефть. Основы первичной нефтепереработки (учебно-методическая разработка) Уфа: РИЦБашгу, 2009

1.

## **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронная библиотечная система «ЭББашГУ» - <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ - <http://www.bashlib.ru/catalogi/>
5. Универсальная Базы данных EastView (доступ к электронным научным журналам) - <https://dlib.eastview.com/browse>
6. Научная электронная библиотека - elibrary.ru (доступ к электронным научным журналам) - [https://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp)
7. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные
8. MicrosoftOfficeStandard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные
9. KasperskyEndpointSecurity для бизнеса - Стандартный. Договор №31806820398 от 17.09.2018 г. Срок действия лицензии до 25.09.2019
10. Linux OpenSUSE 12.3 (x84\_64) GNU General Public License

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p><b>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 405 (химфак корпус), аудитория № 311 (химфак корпус), аудитория № 310 (химфак корпус), аудитория № 305 (химфак корпус).</p> <p><b>2. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 405 (химфак корпус), аудитория № 311 (химфак корпус), аудитория № 310 (химфак корпус), аудитория № 305 (химфак корпус).</p> <p><b>3. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 405 (химфак корпус), аудитория № 311 (химфак корпус), аудитория № 310 (химфак корпус), аудитория № 305 (химфак корпус).</p> <p><b>4. помещения для самостоятельной работы:</b> читальный зал № 1 (главный корпус), читальный зал № 2 (физмат корпус-учебное), читальный зал № 5 (гуманитарный корпус), читальный зал № 6 (учебный корпус), читальный зал № 7</p>	<p align="center"><b>Аудитория № 405</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, ноутбук, мультимедиа-проектор MitsubishiXD3200U, экран с электроприводом 300*400смSpectraClassic.</p> <p align="center"><b>Аудитория № 311</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, ноутбук, проектор MitsubishiXD600U, экран с электроприводом Projecta 183*240смMattewhite.</p> <p align="center"><b>Аудитория № 310</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, ноутбук, мультимедиа-проектор MitsubishiEW230ST, экран настенный ClassicNorma 244*183.</p> <p align="center"><b>Аудитория № 305</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, ноутбук, мультимедиа-проектор MitsubishiEW230ST, экран настенный ClassicNorma 244*183.</p> <p align="center"><b>Читальный зал № 1</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт., неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p align="center"><b>Читальный зал №2</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок), подключенных к сети Интернет, – 8 шт., неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.</p> <p align="center"><b>Читальный зал № 5</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 27.</p> <p align="center"><b>Читальный зал № 6</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 6 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 30.</p> <p align="center"><b>Читальный зал № 7</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 5 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 18.</p> <p align="center"><b>Лаборатория №115.</b> Анализатор влажности весовой, весы аналитические двухдиапазонные, ИБПСyberPowerPR1500ELCD, ИБПСyberPowerPR2200ELCDL, ИК-Фурье спектрометр «IRAffinity-1S» фирмы Shimadzu в комплекте с управляющей станцией (компьютер), термоаналитический комплекс для проведения измерений в режиме дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрии (дифференциальный сканирующий калориметр модели DSC214polyma и термогравиметрический</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные 2. MicrosoftOfficeStandard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные</p>

<p>(гуманитарный корпус), лаборатория № 115 (химфак корпус), лаборатория № 206 (химфак корпус), лаборатория № 208 (химфак корпус).</p> <p><b>5. помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:</b></p> <p>лаборатория № 013 (химфак корпус).</p>	<p>анализатор модели TG209FI Libra со встроенным Фурье-ИК спектрометром Pergeus) в комплекте с управляющей станцией (компьютер).</p> <p><b>Лаборатория № 206</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, мешалка магнитная EcoStir (1.5л,300-2000об/мин,платформадим.120мм,без нагрева), мешалка магнитная ПЭ-6110 (до 1л, с подогр. 120С), мешалка магнитная ПЭ-6110 (до 1л, с подогр. 120С), мешалка магнитная ПЭ-6110 (до 1л, с подогр. 120С), мешалка магнитная с подогревом ПЭ-6110М, мешалка магнитная с подогревом ПЭ-6110М, микроскоп, многофункциональное устройство KyoceraFS-1030MFP, ноутбук HP Pavilion, проектор BenQMP612C, ноутбук HP 6820sT2370 17 WXGA, монитор 19" Samsung 931BWSFVTFT, системный блок IntelCore в комплекте, память NransTS 4G, стул ИСО/черн/ (6шт.), ноутбук ASUSK52JE 15.6"/IntelCorei3 370 M/DVD-RW/CAM/WiFi/Win7BASIC.</p> <p><b>Лаборатория № 208</b></p> <p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, набор химической посуды, аквадистиллятор ДЭ-4М,220В, СПб, весы HTR-220CEVIBRA220г, комп. в сос: Монит.23"ViewSonic. проц. Soc-1155.3.3/5000/3m, клав. Genius, мышь Genius, модульный реометр в комплекте: модульный реометр NaakeMARSIII, программное обеспечение, система термостатирования для измерительных систем, стандартная высокотемпературная измерительная геометрия, стандартная малоинерционная измерительная геометрия, стандартная малоинерционная измерительная, полка металлическая цельносврная, 1200x250x900мм, колбонагреватель LOIPLH-250, стол лабораторный пристенный 1200*600*900/1800, стол лабораторный 1200*600*720, стол лабораторный 1300*600(900)*720, стол усиленный для приборов 1000*600*720, стол-мойка лабораторная с сушкой 800*600*900/1500, шкаф вытяжной лабораторный 1200*720*2200, шкаф для хранения реактивов и посуды 600*400*1800 , штатив лабораторный Бунзена, штатив лабораторный Бунзена, жалюзи алюминиевые Б-100 0,60*1,30, жалюзи алюминиевые Б-100 0,68*1,35 (2 шт.), жалюзи алюминиевые Б-100 1,06*0,57, стул "Изо"(2 шт.)</p> <p><b>Лаборатория № 013</b></p> <p>Комплект мебели ВНР, весы GR-120 (120г*0,1мг) внутр. калировка, с поверкой, центрифуга ОПН-8, многофункциональное устройство HPLaserJetM1536 DNFMFP (CE538A)128mb, электроплитка</p>	
--	--	--

Приложение № 1  
МИНОБРНАУКИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Макрокинетические особенности гетерогенных процессов полимеризации

форма обучения - очная

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	64,2
лекций	32
практических/ семинарских	32
лабораторных	-
контроль самостоятельной работы (КСР)	-
ФКР	<b>0,2</b>
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР) включая подготовку к экзамену/зачету	7,8

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Макрокинетика. Время химической реакции и смешения. Диффузионная и кинетическая области протекания химических реакций. Примеры быстрых жидкофазных нефтехимических реакций.		4				1	Диффузия и массоперенос при синтезе полимеров	Устный опрос
2.	Традиционные подходы к аппаратному оформлению быстрых нефтехимических реакций.		4				1,2	Принципы создания технологических схем синтеза полимеров	Устный опрос
3.	Классификация реакторов химической технологии. Реактора идеального вытеснения и идеального смешения.		4				3,5	Типовые реактора синтеза полимеров	Устный опрос
4.	Производительность реактора. Расчет необходимого объема реактора смешения и вытеснения. Сравнение реактора идеального вытеснения и идеального смешения.		4				3	Расчет реакторов с использованием формальной кинетики.	Устный опрос
5.	Проблемы проведения		4				1-6	Взаимосвязь кинетических	Устный опрос

Добавлено примечание ([13]): должны упоминаться все оценочные средства п. 4.2

	быстрых химических реакций. Макрокинетический подход к изучению быстрых нефтехимических процессов.							параметров и процессов массопереноса.	
6.	Закономерности протекания быстрых нефтехимических реакций. Существование нескольких макроскопических режимов протекания быстрых химических реакций.		4				1,3	Застойные зоны в реакторах	Устный опрос
7.	Связь геометрических размеров реактора с кинетическими и гидродинамическими параметрами. Влияние линейной скорости движения потока на молекулярные характеристики и выход продуктов.		4				1,2,4	Гидродинамические режимы движения жидких сред	Устный опрос
8.	Турбулентное смешение однофазной реакционной смеси. Влияние способа ввода реагентов. Влияние геометрии канала. Автомодельный режим течения реакционной смеси.		4				1,2	Вязкость жидкостей	Устный опрос
9.	Турбулентное смешение двухфазной реакционной смеси.				12		1, 6	Термодинамика границы раздела фаз	Устный опрос
10.	Регулирование теплового режима при протекании				10		1,2	Тепловой эффект реакции	Устный опрос

	быстрых нефтехимических реакций в турбулентных потоках.								
11.	Четыре модификации трубчатых турбулентных аппаратов. Специфика работы.				10	7,8	1,2, 3	Внутренний теплообмен	Устный опрос
	<b>Всего часов:</b>		32		32	7,8			

Приложение № 2  
Рейтинг-план дисциплины

**Макрокинетические особенности гетерогенных процессов полимеризации**

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

Направление подготовки 04.03.01 Химия

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Устный опрос	5	5		25
<b>Рубежный контроль</b>				
устный опрос	10	1		10
<b>Всего</b>				<b>35</b>
<b>Модуль 2</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Устный опрос	5	5		25
<b>Рубежный контроль</b>				
Устный опрос	10	1		10
<b>Всего</b>				<b>35</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Студенческая олимпиада			0	5
2. Публикация статей			0	3
3. Участие в конференции			0	2
<b>Всего</b>				<b>10</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2.				
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен			0	30