

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Лужанин Владимир Геннадьевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 20.01.2026 19:05:28

Уникальный программный ключ: «Пермская государственная фармацевтическая академия»  
d56ba45a9b6e5c64a319e2c5ae3bb2c4db840af0

Министерства здравоохранения Российской Федерации

# МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Пермская государственная фармацевтическая академия»

Кафедра общей и органической химии

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕНА

решением кафедры

Протокол от «10» ноября 2025 г. № 5

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В. 10 Химические реакторы

(индекс, наименование дисциплины), в соответствии с учебным планом

### Б1.В.10 Хим. реакторы

(индекс, краткое наименование дисциплины)

### 18.03.01 Химическая технология

(код, наименование направления подготовки (специальности)

### Химическая технология лекарственных средств

(направленность(и) (профиль (и)/специализация(ии)

### Бакалавр

(квалификация)

### Очная

(форма(ы) обучения)

Год набора - 2026

Пермь, 2025 г.

**Автор(ы)–составитель(и):**

Доцент кафедры общей и органической химии, канд. фарм. наук, доцент Гашкова О.В.

Заведующий кафедрой общей и органической химии д-р хим. наук, проф. Гейн В.Л.

Согласовано Центральным методическим советом ФГБОУ ВО ПГФА Минздрава России протокол от 05.12.2025 г. № 2.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Объем и место дисциплины в структуре ОПОП .....	4
3. Содержание и структура дисциплины .....	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине .....	7
5. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины .....	12
6. Учебная литература для обучающихся по дисциплине .....	12
7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы .....	12

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине,  
соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>	<b>Код индикатора достижения компетенции</b>	<b>Наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций</b>
ОПК-2	Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.	ИДОПК-2.1  ИДОПК-2.3	Использует знания в области математики для решения задач в профессиональной деятельности.  Систематизирует и анализирует результаты физико-химических и химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	На уровне знаний: Имеет представление о теоретических основах физических, физико-химических и химических процессов, основные положения теории химического строения веществ; основные понятия и законы физической химии и химической термодинамики; основные типы, конструктивные особенности и принцип работы технологического оборудования производства; основы теплотехники, теплопередачи, выпаривания; технологические системы основных химических производств и их аппаратурное оформление; принципы создания малоотходных технологических процессов.  На уровне умений: выполнять материальные и энергетические расчеты технологических показателей химических производств; определять оптимальные условия проведения химико-технологических процессов; обосновывать целесообразность выбранной технологической схемы и конструкции оборудования; составлять и делать описания технологических схем химических процессов;

**2. Объем и место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина Б1.В.10 «Химические реакторы» изучается на 3 курсе в 6 семестре и составляет 144 ч.  
/ 4 з. е.

### 3. Содержание и структура дисциплины

#### 3.1. Структура дисциплины.

№ п/п	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, час.					Форма текущего контроля успеваемости <sup>1</sup> , промежуточной аттестации					
		Всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий			СР						
			Л	ЛЗ	ПЗ							
<i>Очная форма обучения</i>												
<i>Семестр № VII</i>												
Раздел 1	Введение. Понятие о химических процессах и реакторах	8	2	-	2	4	Т					
Тема 1.1	Основные понятия и определения. Предмет дисциплины.	4	1	-	1	2	-					
Тема 1.2	Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике.	4	1	-	1	2	Т					
Раздел 2	Вычислительный эксперимент и адекватность моделей	16	4	-	4	8	С					
Тема 2.1	Основы, классификация методов исследований.	8	2	-	2	4	С					
Тема 2.2	Физическое и математическое моделирование. Адекватность моделей.	8	2	-	2	4	С					
Раздел 3	Химические процессы и реакторы	34	6	-	10	18	Т					
Тема 3.1	Физико-химические основы химических процессов.	5	1	-	2	2	Т					
Тема 3.2	Гомогенные химические процессы. Гетерогенные химические процессы.	7	1	-	2	4	Т					
Тема 3.3	Катализитический химический процесс. Процессы в химическом реакторе.	7	1	-	2	4	Т					
Тема 3.4	Режимы идеального смешения. Режимы идеального вытеснения.	7	1	-	2	4	Т					
Тема 3.5	Изотермический процесс в химическом реакторе. Неизотермический процесс в химическом реакторе.	8	2	-	2	4	Т					
Раздел 4	Промышленные химические реакторы	14	2	-	4	8	КР					
Тема 4.1	Конструктивные элементы химических реакторов. Общие	7	1	-	2	4	КР					

№ п/п	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, час.				Форма текущего контроля успеваемости <sup>1</sup> , промежуточной аттестации	
		Всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий				
			Л	ЛЗ	ПЗ		
	положения о расчете химических реакторов.						
Тема 4.2	Оптимизация химических процессов и реакторов. Схемы и конструкции промышленных химических реакторов.	7	1	-	2	4 КР	
Раздел 5	Расчета каталитических реакторов	36	6	-	14	16 КР	
Тема 5.1	Вычисление констант равновесия, определение равновесного выхода и построение равновесной кривой.	7	1	-	2	4 КР	
Тема 5.2	Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленных реакторах. Расчет оптимальных температур для каждой стадии процесса.	10	2	-	4	4 КР	
Тема 5.3	Составление материального баланса для реактора в целом и по стадиям катализа.	7	1	-	4	4 КР	
Тема 5.4	Определение основных размеров реактора по данным материального баланса. Составление теплового баланса по стадиям реактора.	10	2	-	4	4 КР	
Промежуточная аттестация		36				экзамен	
<b>Всего:</b>		<b>144</b>	<b>20</b>	<b>-</b>	<b>34</b>	<b>54</b>	

Примечание: <sup>1</sup> – формы текущего контроля успеваемости: тестирование (Т), собеседование (С), контрольная работа (КР).

### 3.2. Содержание дисциплины.

Раздел 1. Введение. Понятие о химических процессах и реакторах. Тема 1.1. Основные понятия и определения. Предмет дисциплины. Определение и назначение химического реактора. Реакторы в химических отраслях промышленности. Тема 1.2. Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике. Определение и основные понятия, их место в инженерно-химических исследованиях и разработках.

Раздел 2. Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике. Тема 2.1. Основы, классификация методов исследований. Место и значение натурного и вычислительного эксперимента. Тема 2.2. Физическое и математическое моделирование. Адекват-

ность моделей. Научный метод исследования и изучения процессов в химическом реакторе - математическое моделирование. Физическое и математическое моделирование Определение числа ключевых компонентов сложной химической реакции. Расчёт скорости стадии сложной химической реакции.

Раздел 3. Химические процессы и реакторы. Тема 3.1. Физико-химические основы химических процессов. Физико-химические закономерности химических превращений - стехиометрические, термодинамические, кинетические. Показатели химического превращения - степень превращения, выход продукта, интегральная и дифференциальная селективности, скорости реакции и превращения реагентов. Тема 3.2. Гомогенные химические процессы. Гетерогенные химические процессы.

Классификация химических процессов по различным признакам - химическим (вид химической реакции, термодинамические характеристики, схема превращений), фазовым (число и агрегатное состояние фаз) и стационарности. Тема 3.3. Каталитический химический процесс. Процессы в химическом реакторе. Определение, классификация, примеры. Гомогенный и микрогетерогенный каталитические процессы, их общее и отличительное от гомогенных и гетерогенных химических процессов. Гетерогенный катализ на твердом катализаторе. Тема 3.4. Режимы идеального смешения. Режимы идеального вытеснения. Влияние структуры потока, стационарности режима, параметров и условий протекания процесса, вида химической реакции. Основы расчета процесса в реакторе. Тема 3.5. Изотермический процесс в химическом реакторе. Неизотермический процесс в химическом реакторе. Организация тепловых потоков и режимов в химических реакторах. Распределение температуры и концентраций в реакторах идеального смешения и вытеснения. Связь температуры и степени превращения в адиабатическом процессе.

Раздел 4. Промышленные химические реакторы. Тема 4.1. Конструктивные элементы химических реакторов. Общие положения о расчете химических реакторов. Обзор типов химических реакторов, их структурные элементы. Основные процессы и явления в них. Тема 4.2. Оптимизация химических процессов и реакторов. Схемы и конструкции промышленных химических реакторов. Реакционный элемент, устройства ввода и вывода, смешения, разделения и распределения потоков, теплообменные элементы.

Раздел 5. Расчета каталитических реакторов. Тема 5.1. Вычисление констант равновесия, определение равновесного выхода и построение равновесной кривой. Определение, классификация, примеры. Гомогенный и микрогетерогенный каталитические процессы, их общее и отличительное от гомогенных и гетерогенных химических процессов. Гетерогенный катализ на твердом катализаторе. Тема 5.2. Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленных реакторах. Расчет оптимальных температур для каждой стадии процесса. Температурные режимы по стадиям процессов. Выбор оптимальных условий процессов. Тема 5.3. Составление материального баланса для реактора в целом и по стадиям катализа. Составление материального баланса, стадии процесса. Обоснование и построение математических моделей процесса в реакторах. Тема 5.4. Определение основных размеров реактора по данным материального баланса. Составление теплового баланса по стадиям реактора. Определение основных размеров реактора, высота слоя катализатора, гидравлическое сопротивление.

#### **4. Фонд оценочных средств по дисциплине**

##### **4.1. Формы и материалы текущего контроля.**

4.1.1. В ходе реализации дисциплины Б1.В.10 «Химические реакторы» используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся: тест, собеседование, контрольная работа.

#### 4.1.2. Материалы текущего контроля успеваемости.

Пример тестового задания «Физико-химические основы химических процессов».

1. Какое из приведенных ниже уравнений является термическим уравнением состояния простой системы?

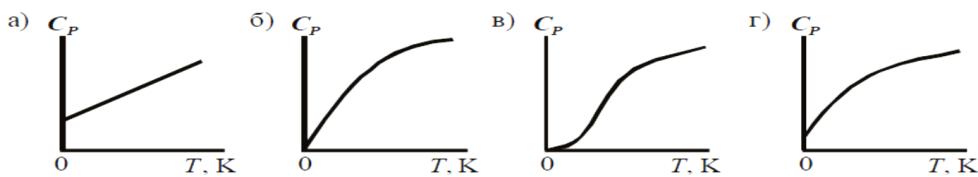
а)  $U = U(V, T)$  б)  $U = U(P, T)$  в)  $P = P(U, T)$  г)  $P = P(V, T)$

2. Какой газ в термодинамике называют идеальным?

- а) газ, равновесное состояние которого описывается уравнением Ван-дер-Ваальса;
  - б) одноатомный газ;
  - в) двухатомный газ, равновесное состояние которого описывается уравнением Редлиха-Конга;
  - г) газ, равновесное состояние которого для одного моля описывается уравнением  $PV = RT$ .
3. При каких условиях тепловой эффект реакции прямо пропорционален увеличению температуры?

- а) при постоянном давлении
- б) при  $\Delta_r C_P = 0$  ;
- в) при  $\Delta_r C_P = const > 0$
- г) при  $\Delta_r C_P < 0$

4. Зависимость теплоемкости кристаллического вещества от температуры графически изображается:



6. Какое из представленных уравнений определяет химический потенциал компонента в открытой системе<sup>9</sup>

и)  $\mu_i = \left( \frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{S,V,n_j \neq i}$ ;    ii)  $\mu_i = \left( \frac{\partial H}{\partial n_i} \right)_{S,V,n_j \neq i}$ ;    iii)  $\mu_i = \left( \frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{S,P,n_j \neq i}$ ;    iv)  $\mu_i = \left( \frac{\partial A}{\partial n_i} \right)_{S,V,n_j \neq i}$ .

Пример вопросов для собеседования по теме «Классификация методов исследования»

1. Что такое моделирование и модель процесса? Их назначение.
2. Математическое моделирование? Этапы моделирования?
3. Физическое моделирование?
4. Этапы математического моделирования, применение для химических процессов и реакторов.
5. Моделирование методом масштабирования?
8. Системный анализ – как метод изучения химико-технологических систем.

Пример контрольной работы по теме «Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленных реакторах. Расчет оптимальных температур для каждой стадии процесса».

Задача №1.

Газ, выходящий из реактора окисления аммиака, быстро охлаждают для конденсации из него основной части водяных паров. Газ содержит 9% (мол.) оксида азота, 1% (мол.) диоксида азота и 8% (мол.) кислорода. До поступления в абсорбционные колонны, где получается азотная кислота, газ окисляется до отношения  $\text{NO}_2 : \text{NO}$ , равного 5:1.

Требуется рассчитать объем реактора вытеснения, необходимый для достижения указанной цели, в предположении, что охлаждение является достаточно эффективным для поддержания постоян-

ной температуры реакционной смеси на уровне 200С. Расход газа в реакторе составляет 10000 м3/ч, давление газа – 105 Па.

#### 4.1.3. Шкала оценивания для текущего контроля.

Шкала оценивания тестовых заданий:

Оценка «отлично»: 90 - 100% правильных ответов

Оценка «хорошо»: правильных ответов 75 - 89% правильных ответов

Оценка «удовлетворительно»: 60 - 74% правильных ответов

Оценка «неудовлетворительно»: 59% и менее правильных ответов.

Шкала оценивания собеседования.

Оценка «зачтено»: выставляется обучающемуся, объяснившему классификацию методов, раскрывшему вопрос о моделировании, давшему раскрытий ответ об их значение в изучении химических реакторов.

Оценка «не зачтено»: обучающийся не выполняет один и более из вышеперечисленных пунктов.

Шкала оценивания контрольных работ.

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания вопросов контрольной работы и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности, которые может устранить с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными понятиями выносимых на контрольную работу тем, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания выносимых на контрольную работу вопросов тем дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий и не умеет использовать полученные знания.

#### 4.2. Формы и материалы промежуточной аттестации.

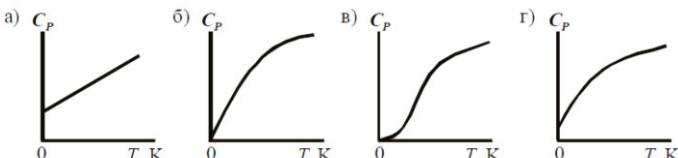
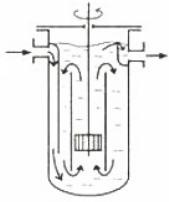
4.2.1. Промежуточная аттестация проводится в форме теста с закрытыми и открытыми заданиями.

4.2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации.

Пример экзаменационного билета

Вариант №1

№ во-проса	Задание
1.	Как изменяется теплота испарения чистой жидкости с увеличением температуры? a) не изменяется; b) увеличивается; c) уменьшается; d) зависит от свойств конкретной жидкости.

	Зависимость теплоемкости кристаллического вещества от температуры графически изображается:
2.	 a) а; б) б; в) в; г) г.
3.	С увеличением температуры химический потенциал компонента в идеальном растворе
	а) увеличивается; б) уменьшается; в) не изменяется; г) растворителя увеличивается, а растворенного вещества уменьшается.
4.	Не смешивающиеся жидкости кипят при температурах:
	а) выше температуры кипения малолетучей жидкости; б) выше температуры кипения легколетучей жидкости; в) ниже температуры кипения легколетучей жидкости; г) при температуре кипения, равной $0.5 \cdot T_{\text{кип}}(1) + 0.5 \cdot T_{\text{кип}}(2)$ .
5.	Не смешивающиеся жидкости с постоянной температурой кипят при:
	а) повышении давления паров малолетучей жидкости; б) повышении давление паров легколетучей жидкости; в) ниже температуры кипения легколетучей жидкости; г) при давление насыщенных паров компонентов $P_{\text{общ.}} = P^*_A + P^*_B$ .
6.	По результатам эксперимента получена линейная зависимость в координатах $\left( \frac{c_{\text{SO}_2}(t)}{c_{\text{SO}_2}(0)} - \frac{t}{t_k} \right)$ , которая соответствует _____ области протекания процесса.
7.	Укажите к какому типу относится реактор, показанный на рисунке _____.
	
8.	Получена линейная зависимость $x_{\text{TB}}(t/t_k)$ , что характерно для _____ области протекания процесса.
9.	Последовательность процессов целенаправленной переработки сырья в продукт – это _____.
10.	Понятие степень конверсии относится к веществам _____.

#### 4.2.3. Шкала оценивания.

Шкала оценивания промежуточной аттестации:

Оценка «отлично»: 90 - 100% правильных ответов

Оценка «хорошо»: правильных ответов 75 - 89% правильных ответов

Оценка «удовлетворительно»: 60 - 74% правильных ответов

Оценка «неудовлетворительно»: 59% и менее правильных ответов.

4.3. Соответствие оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине формируемым компетенциям

<b>Код компетенции</b>	<b>Код индикатора достижения компетенции</b>	<b>Оценочные средства промежуточной аттестации (тест)</b>
ОПК-2	ИДОПК-2.1.	+
	ИДОПК-2.3	+

4.4. Критерии оценки сформированности компетенций в рамках промежуточной аттестации по дисциплине

<b>Код компетенции</b>	<b>Код индикатора достижения компетенции</b>	<b>Структурные элементы оценочных средств</b>	<b>Критерии оценки сформированности компетенции</b>	
			<b>Не сформирована</b>	<b>Сформирована</b>
ОПК-2	ИДОПК-2.1	тестирование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не знает теоретические основы физических, физико-химических и химических процессов, основные положения теории химического строения веществ; основные понятия и законы физической химии и химической термодинамики; основные типы, конструктивные особенности и принцип работы технологического оборудования производства; основы теплотехники, теплопередачи, выпаривания; технологические системы основных химических производств и их аппаратурное оформление; принципы создания малоотходных технологических процессов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знает теоретические основы физических, физико-химических и химических процессов, основные положения теории химического строения веществ; основные понятия и законы физической химии и химической термодинамики; основные типы, конструктивные особенности и принцип работы технологического оборудования производства; основы теплотехники, теплопередачи, выпаривания; технологические системы основных химических производств и их аппаратурное оформление; принципы создания малоотходных технологических процессов.</li> </ul>
	ИДОПК-2.3		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не умеет выполнять материальные и энергетические расчеты технологических показателей химических производств; определять оптимальные условия проведения химико-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Умеет выполнять материальные и энергетические расчеты технологических показателей химических производств; определять оптимальные условия проведения химико-</li> </ul>

		технологических процессов; обосновывать целесообразность выбранной технологической схемы и конструкции оборудования; составлять и делать описания технологических схем химических процессов;	технологических процессов; обосновывать целесообразность выбранной технологической схемы и конструкции оборудования; составлять и делать описания технологических схем химических процессов;
--	--	--	--

## **5. Методические материалы по освоению дисциплины**

1. Методические указания для обучающихся по дисциплине Б1.В.10 «Химические реакторы» (полный комплект находится на кафедре общей и органической химии).

## **6. Учебная литература для обучающихся по дисциплине**

### 6.1. Основная литература.

1. Корытцева А.К., Петьков В.И. Химические реакторы. Введение в теорию и практику: Учебное помосие.- СПб: «Лань», 2019. – 112с.
- 2.Углев, Н.П. Теория химических реакторов. Ведение в основные разделы курса. / Н.П. Углев. Учебное пособие. – Пермь, ПГТУ, 2008. -183 с.
3. Математическое моделирование основных процессов химических производств. / В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1991. – 400с.
4. Принципы математического моделирования химико-технологических систем : введение в системо-технику химических производств. В. В. Кафаров, В. Л. Перов, В. П. Мешалкин. / Учеб. пособие для вузов. – М.: Химия, 1974. – 344 с.

### 6.2. Дополнительная литература.

1. Леонтьева, А. И. Оборудование химических производств : учеб. / А.И. Леонтьева. – Москва : Химия : КолосС, 2008. – 479 с.
2. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий / [Г. М. Островский, Р. Ш. Абиев, В. М. Барабаш и др.] / [под ред. Г. М. Островского], Ч.1. – СПб. : Профессионал, 2004. – 848 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / [Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др.] ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1991. – 496 с.

## **7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы**

В процессе изучения дисциплины используются: учебная аудитория, оборудованная вытяжными шкафами лаборатория, лабораторное и инструментальное оборудование для работы обучающихся. Оборудование: мультимедийный комплекс (ноутбук, проектор, экран), наборы мультимедийных наглядных материалов, доска.

## **АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.10 Химические реакторы**

**Код и наименование направления подготовки, профиля:** 18.03.01 Химическая технология, химическая технология лекарственных средств.

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр.

**Форма обучения:** очная.

**Формируемая (ые) компетенция(и):** Дисциплина Б1.В.ОД.10 Химические реакторы обеспечивает овладение следующими компетенциями:

ОПК-2 – способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности.

ИДОПК-2.1 – применяет основные методы и приемы для измерения физических и физико-химических параметров объектов и процессов.

ИДОПК-2.3 – систематизирует и анализирует результаты физико-химических и химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

### **Объем и место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина Б1.В.10 «Химические реакторы», относится к вариативной части ОПОП, 3 курс, 6 семестр, общая трудоемкость дисциплины 144 ч. / 4 з. е.

### **Содержание дисциплины:**

Раздел 1. Введение. Понятие о химических процессах и реакторах. Тема 1.1. Основные понятия и определения. Предмет дисциплины. Тема 1.2. Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике.

Раздел 2. Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике. Тема 2.1. Основы, классификация методов исследований. Натурные и модельные исследования. Тема 2.2. Физическое и математическое моделирование. Адекватность моделей.

Раздел 3. Химические процессы и реакторы. Тема 3.1. Физико-химические основы химических процессов. Тема 3.2. Гомогенные химические процессы. Гетерогенные химические процессы. Тема 3.3. Катализитический химический процесс. Процессы в химическом реакторе. Тема 3.4. Режимы идеального смещения. Режимы идеального вытеснения. Тема 3.5. Изотермический процесс в химическом реакторе. Неизотермический процесс в химическом реакторе.

Раздел 4. Промышленные химические реакторы. Тема 4.1. Конструктивные элементы химических реакторов. Общие положения о расчете химических реакторов. Тема 4.2. Оптимизация химических процессов и реакторов. Схемы и конструкции промышленных химических реакторов.

Раздел 5. Расчета каталитических реакторов. Тема 5.1. Вычисление констант равновесия, определение равновесного выхода и построение равновесной кривой. Тема 5.2. Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленных реакторах. Расчет оптимальных температур для каждой стадии процесса. Тема 5.3. Составление материального баланса для реактора в целом и по стадиям катализа. Тема 5.4. Определение основных размеров реактора по данным материального баланса. Составление теплового баланса по стадиям реактора.

**Форма промежуточной аттестации:** экзамен.