

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Лужанин Владимир Геннадьевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 20.01.2026 17:52:06

Уникальный программный ключ: «Пермская государственная фармацевтическая академия»  
d56ba45a9b6e5c64a319e2c5ae3bb30dd840af0  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**Уникальный программный ключ: «Пермская государственная фармацевтическая академия»**  
**Министерства здравоохранения Российской Федерации**

**Кафедра общей и органической химии**

(наименование кафедры)

**УТВЕРЖДЕНА**

решением кафедры

Протокол от «10» ноября 2025 г. № 5

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.28 Моделирование химико-технологических процессов**

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

**Б1.О.28 МХТП**

(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–составитель:**

канд. фармацевт. наук., доц. каф. общей и органической химии Кузнецов А.С.

канд. фармацевт. наук., доц. каф. общей и органической химии Юсов А.С.

Заведующий кафедрой общей и органической химии д-р хим. наук, профессор 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.....	5
3. Содержание и структура дисциплины.....	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине.....	8
5. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины.....	16
6. Учебная литература для обучающихся по дисциплине.....	16
7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы.....	16

**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-1	Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	ИДОПК-1.2  ИДОПК-1.3	Предлагает интерпретацию различных технологических процессов, основываясь на знании различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов  Анализирует и использует механизмы химических реакций для объяснения технологических процессов и процессов, происходящих в окружающем мире	На уровне знаний: сформированы знания базовой терминологии, относящиеся к химико-технологическим процессам, технологические схемы основных производств, теоретические основы реакций, протекающих в данных процессах;  На уровне умений: связать фундаментальные законы химии и физики с процессами, протекающими на производстве; использовать теоретические знания для объяснения свойств материалов и механизма химических процессов, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, критически осмыслить полученные результаты расчетов и лабораторной работы;  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;  Умение применять стати-

				стические методы анализа для оценки значимости факторов, влияющих на устойчивость и надежность процессов, оборудования и инженерных систем Умение вести материальный баланс производства ЛС
--	--	--	--	--

## 2. Объем и место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.28 Моделирование химико-технологических процессов относится к базовой части ОПОП, изучается на IV курсе, в 7 семестре, общая трудоемкость дисциплины 144 ч. / 4 з.е.

## 3. Содержание и структура дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование разделов, тем	Всего часов	Объем дисциплины, ч			СР	Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации				
			Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий	Л	ЛЗ						
<i>Очная форма обучения</i>											
<i>Семестр № 7</i>											
Раздел 1	<b>Введение в дисциплину. Расчет теплового и материального баланса</b>	54	10	–	16	28	C, КР				
Тема 1.1	Введение в дисциплину. Химико-технологические системы.	4	2	–	2	2	C				
Тема 1.2	Принципы составления материального баланса. Расчеты расходных коэффициентов	10	2	–	2	4	C				
Тема 1.3	Сопоставление материальных балансов обратимых и необратимых химико-технологических процессов в промышленности	10	2	–	4	4	КР				
Тема 1.4	Принципы составления энергетического (теплового) баланса. Расчет теплот химических и физических превращений	15	2	–	4	6	C				
Тема 1.5	Общие принципы составления и расчета материаль-	8	2	–	4	6	C				

№ п/п	Наименование разделов, тем	Объем дисциплины, ч					Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	
		Всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий			СР		
			Л	ЛЗ	ПЗ			
	ных и тепловых балансов культивирования микроорганизмов							
<b>Раздел 2</b>	<b>Математическое моделирование кинетики химических реакций в потоке</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>–</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>С,Т</b>	
Тема 2.1.	Общие кинетические закономерности реакций в потоке	4	2	–	4	4	С	
Тема 2.2.	Классификация химических реакторов. Влияние температуры и гидродинамических параметров на кинетику реакций в потоке	8	2	–	4	4	С	
Тема 2.3.	Кинетика реакций в реакторах идеального смещения.	14	2	–	4	4	Т	
<b>Раздел 3</b>	<b>Характеристика химико-технологической системы</b>	<b>60</b>	<b>12</b>		<b>24</b>	<b>24</b>	<b>С,Т</b>	
Тема 3.1	Элементы ХТС и их классификация. Типовые технологические операторы	6	2	–	2	4	Т	
Тема 3.2.	Виды технологических связей между операторами	4	2	–	2	4	Т	
Тема 3.3.	Интегральные и декомпозиционные методы ХТС	4	2	–	4	4	С	
Тема 3.4.	Представление ХТС в виде графов, матриц и таблиц	4	2	–	4	4	С	
Тема 3.5.	Применение информационных технологий для моделирования химико-технологических процессов	2	2	–	4	4	С	
Тема 3.6.	Использование пакета chemCAD для моделирования ХТС.	18	2	–	8	4	Т, зачет	
<b>Всего:</b>		<b>144</b>	<b>28</b>		<b>52</b>	<b>64</b>		

Примечание: С – собеседование, Т – тест, КР – контрольная работа.

### 3.2. Содержание дисциплины

**Раздел 1 Введение в дисциплину. Расчет теплового и материального баланса.** Тема 1.1 Введение в дисциплину. Химико-технологические системы. Цель, задачи дисциплины, ее междисциплинарность. Основные понятия, используемые при моделирование химико-технологических процессов. Химико-технологические системы (ХТС). Расчет материального и теплового баланса.

Тема 1.2 Принципы составления материального баланса. Закон сохранения массы и стехиометрические соотношения. Составление материального баланса с учетом побочных реакции на единицу массы основного продукта или на единицу времени. Теоретический и практический материальный баланс. Расчеты расходных коэффициентов. Понятие расходного коэффициента в химическом производстве. Расчет коэффициентов с учетом видов сырья, воды, топлива, электроэнергии на единицу выработанной продукции. Тема 1.3. Сопоставление материальных балансов необратимых химико-технологических процессов. Характеристика необратимых химико-технологических процессов. Составление уравнений материального баланса для необратимых процессов. Сопоставление материального баланса промышленных процессов, основанных на обратимых реакциях. Характеристика обратимых химико-технологических процессов. Составление уравнений материального баланса для обратимых процессов. Тема 1.4. Принципы составления энергетического (теплового) баланса. Закон сохранения энергии. Эндо- и экзотермические процессы. Уравнение теплового баланса. Тепловой баланс с учетом тепловых эффектов (экзотермических и эндотермических) химических реакций и физических превращений (испарение, конденсация и т.п.), происходящих в аппарате с учетом подвода теплоты извне и отвода ее с продуктами реакции, а также через стенки аппарата. Расчет теплот химических и физических превращений. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса. Теплоемкость. Зависимости теплового эффекта реакции от температуры. Уравнение Нернста. Вычисление теплоты при сжигании топлива или при превращении электрической энергии в тепловую. Теплоты сгорания топлива по его элементарному составу. Расчет теплового баланса промышленных процессов. Тепловой баланс конкретного аппарата/реактора. Составление теплового баланса с учетом тепловых эффектов (экзотермических и эндотермических) химических реакций и физических превращений (испарение, конденсация и т.п.), происходящих в аппарате с учетом подвода теплоты извне и отвода ее с продуктами реакции, а также через стенки аппарата. Тема 1.5. Общие принципы составления и расчета материальных и тепловых балансов культивирования микроорганизмов. Алгоритм составления материального и теплового балансов на примере культивирования микроорганизмов.

**Раздел 2. Математическое моделирование кинетики химических реакций в потоке.** Основные понятия, определения, расчетные формулы. Представления о критериях оптимизации, эффективности процессов, удельной производительности химических реакторов. Тема 2.1. Общие кинетические закономерности реакций в потоке. Скорость химической реакции. Кинетическое уравнение химической реакции. Влияние различных условий на скорость реакции. Кинетические кривые для реакций, протекающих в потоке. Тема 2.2. Классификация химических реакторов. Химические реакторы и их классификация. Требования к химическим реакторам как основному элементу ХТС. Математическое и физическое моделирование химических реакторов. Материальный баланс реакторов, работающих в стационарном и нестационарном режимах. Вывод характеристических уравнений для реакторов идеального смешения и вытеснения. Тема 2.3. Кинетика реакций в реакторах идеального смешения. Материальный баланс для РИС. Уравнение теплового баланса для непрерывнодействующего РИС с внешним теплообменом. Для непрерывнодействующего РИС, работающего в автотермическом. Режим. Интегральная селективность для непрерывнодействующего РИС. Кинетика реакций в реакторах идеального вытеснения. Уравнение материального баланса в дифференциальной форме. Характеристическое уравнение для РИВ. Уравнение теплового баланса для непрерывно действующего РИВ с внешним теплообменом при постоянных температуре и со-

ставе по поперечному сечению потока. Уравнение теплового баланса для непрерывнодействующего РИВ с внутренним теплообменом между исходными веществами и реакционной смесью (при подогреве исходных веществ). Селективность процесса. Влияние температуры и гидродинамических параметров на кинетику реакций в потоке. Изотермический, адиабатический, политропический режимы работы реакторов. Уравнение теплового баланса для идеальных реакторов. Теплообмен в реакторах. Способы осуществления оптимального температурного режима. Выбор типа реактора с учетом теплового режима.

**Раздел 3. Характеристика химико-технологической системы.** Тема 3.1 Элементы ХТС и их классификация. Типовые технологические операторы. Классификации элементов ХТС с использованием иерархического принципа. Основные уровни иерархии элементов (подсистем) ХТС. Типовые технологические операторы: основные и вспомогательные технологические операторы.

Тема 3.2. Виды технологических связей между операторами. При всей сложности ХТС существуют типовые соединения операторов между собой, объединяющие их в единую схему. К ним относятся: последовательное, параллельное, последовательно-обводное (байпасное) и рециркуляционное соединения.

Тема 3.3. Интегральные и декомпозиционные методы ХТС. Суть методов расчета ХТС. Составление и описание моделей и уравнений для каждого метода. Сравнение особенностей интегрального и декомпозиционного методов расчёта ХТС. Тема 3.4. Представление ХТС в виде графов, матриц и таблиц. Анализ структуры ХТС. Рассмотрение структуры ХТС в терминах теории графов. Решение задач графы с помощью матриц. Для решения многомерных задач анализа и оптимизации химико-технологических систем используют химико-технологические графы: потоковые, информационно-потоковые, сигнальные и графы надёжности. Структура ХТС в виде матрицы смежности или в виде списка смежности. Тема 3.5. Применение информационных технологий для моделирования химико-технологических процессов. Детерминированные и статистические модели элементов Химико-Технологической системы. специализированное программное обеспечение, содержащее в своих базах данных адекватные математические модели различных процессов. Тема 3.6. Использование пакета chemCAD для моделирования ХТС. Моделирование химико-технологического процесса в ХЕМКАД: десять основных этапов: 1. Создание нового задания. 2. Выбор единиц измерения. 3. Построение технологической схемы. 4. Выбор компонентов. 5. Выбор термодинамических моделей. 6. Задание потоков питания. 7. Ввод параметров оборудования. 8. Запуск программы моделирования. 9. Просмотр результатов. 10. Распечатка данных.

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

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

4.1.1. В ходе реализации дисциплины Б1.О.28 Моделирование химико-технологических процессов используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся: опрос, тест, контрольная работа.

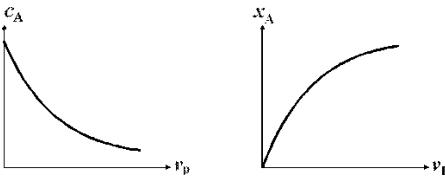
##### **4.1.2. Материалы текущего контроля успеваемости**

Примеры текущего контроля:

###### **Тест**

На примере темы 2.3. «Кинетика реакции в реакторах идеального смешения» раздела «Математическое моделирование кинетики химических реакций в потоке».

№ вопроса	Задание
1.	<p>Чему равен порядок <math>n</math> реакции, протекающей в реакторах идеального смешения непрерывного и идеального вытеснения, включенных параллельно, если при одинаковых их объёмах нагрузки соотносятся как <math>\frac{x_A}{(1-x_A) \cdot \ln(1-x_A)}</math>?</p> <p>1) <math>n = 1</math>;  2) <math>n = 0</math>;  3) данных недостаточно;  4) <math>n = 0,5</math>;  5) <math>n = 2</math></p>
2.	<p>В каких случаях оправдано проведение реакции при избытке одного из компонентов?</p> <p>1) если реакция обратимая, один из компонентов (более дешёвый или более доступный) берется в избытке для повышения степени превращения другого (более ценного) компонента;  2) избыток одного из компонентов не оправдан, так как для наилучшего протекания реакции необходимо брать компоненты в стехиометрических количествах;  3) избыток одного из компонентов уместен в случае, когда другой компонент ядовит или когда продукты реакции повышенено токсичны;  4) когда один из компонентов токсичен или когда продукты реакции ядовиты, реагенты следует брать строго в стехиометрических количествах.</p>
3.	<p>С какой целью осуществляют теоретическую оптимизацию процесса:</p> <p>1) для выбора наилучшего ввода реагента в реактор;  2) для эффективного отвода тепла из зоны реакции;  3) для организации процесса в реакторе, чтобы максимально приблизиться к оптимальному температурному режиму;  4) чтобы сместить равновесие реакции;  5) чтобы определить необходимый избыток реагента.</p>
4.	<p>Какой реактор: идеального вытеснения или идеального смешения непрерывный имеет большую производительность при прочих равных условиях, если порядок реакции <math>n = 0</math>?</p> <p>1) реактор идеального вытеснения, так как заданную степень превращения в нём можно достичь за меньшее время;  2) реактор идеального смешения непрерывный, так как изменение концентрации в нём от начального до конечного значения происходит мгновенно;  3) реакторы имеют одинаковую производительность, так как при нулевом порядке реакции и одинаковом времени реакции достигается одна и та же степень превращения исходного компонента.</p>
5.	<p>Известно, что при проведении простой необратимой реакции время реакции для достижения заданной степени превращения в реакторе идеального вытеснения (РИС) меньше, чем в реакторе идеального смешения непрерывном (РИС-н). Кроме того, за одно и то же время пребывания, достигнутая степень превращения в РИВ выше, чем в РИС-н. Справедливо ли общее утверждение, что режим идеального вытеснения эффективнее режима идеального смешения?</p> <p>1) да, РИВ всегда эффективнее РИС-н;  2) да, РИВ эффективнее РИС-н, включая реальные реакторы с режимами вытеснения и</p>

	<p>смешения;</p> <p>3) справедливо только для изотермических процессов;</p> <p>4) нет, утверждение неверно;</p> <p>5) да, для простых реакций в изотермических реакторах;</p> <p>6) при проведении сложных реакций в зависимости от соотношения скоростей целевого и побочного маршрутов реакции РИС-н может быть эффективнее РИВ (максимальная селективность по целевому продукту при заданной степени превращения);</p>
6.	<p>Для какого идеального потока характерны следующие изменения концентрации <math>c_A</math> исходного вещества А и его степени превращения <math>x_A</math> по объему реактора <math>v_p</math>?</p>  <p>1) для потока идеального смешения в проточном реакторе;</p> <p>2) для потока идеального вытеснения;</p> <p>3) для потока в реакторе идеального смешения периодическом.</p>

### Собеседование

На примере темы 3.4. «Представление ХТС в виде графов, матриц и таблиц» раздела «Основные методы расчета ХТС»

Вопросы:

1. Какие группы уравнений объединяют в систему уравнений в случае интегрального метода расчета ХТС?
2. Суть декомпозиционного метода расчета ХТС.
3. Для каких ХТС применяют итерационный метод расчета? Почему?
4. Приведите сравнение особенностей интегрального и декомпозиционного методов расчета.
5. Какова структура ХТС, представленная в виде графа? Сделайте пояснения на схематичном примере

### Контрольная работа

На примере темы: 2.5 «Принципы составления энергетического (теплового) баланса» (Расчет теплот химических и физических превращений. Расчет теплового баланса промышленных процессов).

Вариант №1

1. Из каких элементов складывается тепловой баланс процессов?
  2. Закон Гесса: формулировка, следствия, применимость.
  3. Составить тепловой баланс реактора для получения водорода каталитической конверсией метана. Расчет осуществляется на 1000 м<sup>3</sup> водорода. Потери теплоты в окружающую среду примерно 6% от прихода теплоты. Получение водорода протекает согласно реакции
- $$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2 - 206200 \text{ кДж}$$

При составлении теплового баланса необходимо учесть, что  $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 2$ . Температура поступающих в реактор реагентов – 105 °C, температура в зоне реакции – 900 °C. Значения теплоемкости [кДж/(кмоль С)] приведены в таблице.

Температура, °C	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	H <sub>2</sub>
100	36,72	33,29	28,97	29,10
900	–	38,14	31,36	29,90

#### 4.1.3. Шкала оценивания для текущего контроля

##### Тест

Дифференцированная оценка:

90 -100 % баллов – оценка «отлично»,

75 - 89 % баллов – оценка «хорошо»,

51- 74 % баллов – оценка «удовлетворительно»,

0 – 50 % баллов – оценка «неудовлетворительно».

##### Собеседование

- оценка «отлично»: изложенный материал фактически верен, наличие глубоких исчерпывающих знаний в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с поставленными программой курса целями и задачами обучения; правильные, уверенные действия по применению полученных компетенций на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, усвоение основной и знакомство с дополнительной литературой;
- оценка «хорошо»: наличие твердых и достаточно полных знаний в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с целями обучения, правильные действия по применению знаний, умений, владений на практике, четкое изложение материала; допускаются отдельные логические и стилистические погрешности, аспирант усвоил основную литературу, рекомендованную в программе дисциплины;
- оценка «удовлетворительно» - наличие твердых знаний в объеме утвержденной программы в соответствии с целями изучения, изложение ответов с отдельными ошибками, уверенно исправленными после дополнительных вопросов; правильные в целом действия по применению знаний на практике;
- оценка «неудовлетворительно» - ответы не связаны с вопросами, наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

##### Контрольная работа

- оценка «отлично»: изложенный материал фактически верен, наличие глубоких исчерпывающих знаний в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с поставленными программой курса целями и задачами обучения; правильные, уверенные действия по применению полученных компетенций на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, усвоение основной и знакомство с дополнительной литературой; расчеты экспериментальных задач осуществлены с использованием необходимых формул; полученный результат грамотно интерпретирован;
- оценка «хорошо»: наличие твердых и достаточно полных знаний в объеме утвержденной программы дисциплины в соответствии с целями обучения, правильные действия по применению знаний, умений, владений на практике, четкое изложение материала; допускаются отдельные логические и стилистические погрешности, студент усвоил основную литературу, рекомендованную в программе дисциплины; имеются несущественные недочеты при решении экспериментальных задач; полученные результаты, в целом, описаны правильно;
- оценка «удовлетворительно» - наличие твердых знаний в объеме утвержденной программы в соответствии с целями изучения, изложение ответов с отдельными ошибками, уверенно исправленными после дополнительных вопросов; правильные в целом действия по применению знаний на практике; допущены существенные ошибки при решении экспериментальных задач; в интерпретации результатов допущены принципиальные неточности;
- оценка «неудовлетворительно» - ответы не связаны с вопросами, наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

ренность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы; отсутствует решение задач или оно полностью неверное; описание результатов не соответствует заданию.

#### 4.2. Формы и материалы промежуточной аттестации

4.2.1. Промежуточная аттестация – зачёт, проводится в форме теста с закрытым и открытым типом заданий.

4.2.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### Тест

##### Вариант 1

№ вопроса	Задание
1.	Процесс ректификации используется для: a) разделения смесей жидкость-твердое b) разделения газообразных смесей c) разделения жидких смесей d) очистки запыленных газов
2.	Какой процесс разделения основан на различиях в летучестях компонентов: a) экстракция b) абсорбция c) адсорбция d) крекинг
3.	Какой процесс может использоваться для очистки природного газа от сероводорода: a) абсорбция b) седиментация c) фильтрация d) десорбция
4.	В схеме синтеза аммиака трубчатый реактор используется для осуществления реакции a) Вторичной паровой конверсии метана b) Первичной паровой конверсии метана c) Паровой конверсии СО d) Метанирования оксидов углерода
5.	Максимальный коэффициент теплообмена наблюдается при теплообмене: a) между кипящей жидкостью и газом b) между газом и жидкостью c) между двумя жидкостями d) между кипящей жидкостью и конденсирующимся паром
6.	Углеводородное сырье предпочтительнее для получения водорода по сравнению с водой в связи с: a) Низкой стоимостью природного газа в РФ; b) Высокой стоимостью дистиллированной воды; c) Более высоким качеством получаемого водорода; d) Меньшей энергией связи водорода.
7.	Для предотвращения разрушения трубопроводов при резких изменениях температуры используют: a) Тепловую «рубашку»; b) Теплообменник «труба-в-трубе»;

	<p>c) Термостойкие материалы;  d) Тепловые компенсаторы.</p>
8.	<p>Какие факторы необходимо учитывать при построении химико-технологической схемы процесса:</p> <p>a) реальный состав исходного сырья  b) требования к качеству продуктов  c) доступность и стоимость энергоресурсов  d) экологические требования</p>
9.	<p>Выбор оптимальной технологической схемы осуществляется на основе критерия, отражающего:</p> <p>a) эксплуатационные затраты на функционирование производства  b) капитальные затраты на создание производства  c) себестоимость единицы продукции  d) все</p>
10.	<p>Отдувка (сброс части циркулирующего потока) в цикле синтеза аммиака необходима для предотвращения:</p> <p>a) Возникновения взрывоопасных условий в реакторе синтеза аммиака;  b) Перегрева реактора синтеза аммиака;  c) Накопления аргона и метана в потоке;  d) Конденсации водяного пара.</p>
11.	<p>Выбор оптимальной технологической схемы осуществляется на основе критерия, отражающего:</p> <p>a) эксплуатационные затраты на функционирование производства  b) капитальные затраты на создание производства  c) себестоимость единицы продукции  d) разность между стоимостью продукции и расходов на ее производство с учетом удельных капитальных затрат</p>
12.	<p>Модель объекта это...</p> <p>a) предмет похожий на объект моделирования  b) объект - заместитель, который учитывает свойства объекта, необходимые для достижения цели  c) копия объекта  d) шаблон, по которому можно произвести точную копию объекта</p>
13.	<p>Основная функция модели это:</p> <p>a) Получить информацию о моделируемом объекте  b) Отобразить некоторые характеристические признаки объекта  c) Получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта  d) Воспроизвести физическую форму объекта</p>
14.	<p>Математической моделью объекта называют...</p> <p>a) Описание объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур  b) Любую символическую модель, содержащую математические символы  c) Представление свойств объекта только в числовом виде</p>

15.	Какая форма математической модели отображает предписание последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата: a) Аналитическая b) Графическая c) Цифровая d) Алгоритмическая
16.	Оптимальным процессом для разделения жидкостей с близкой температурой кипения и низкой термической стабильностью является _____
17.	Оптимальным типом насоса для транспорта небольших количеств жидкостей и эмульсий при необходимости точного управления их расходом является _____
18.	Оптимальным процессом для удаления сернистых соединений из одорированного природного газа в схеме синтеза аммиака является _____
19.	Отсутствие возмущений стохастического характера и описание процессов преобразования информации в дискретном времени _____.
20.	Несоответствие физической реальности, так как абсолютная истина недостижима называется _____.
21.	Моделирование, при котором реальному объекту ставится в соответствие его увеличенный или уменьшенный материальный аналог, допускающий исследование с помощью последующего перенесения свойств изучаемых процессов и явлений с модели на объект на основе теории подобия является _____.
22.	Что необходимо задавать для решения дифференциальных уравнений в частных производных? _____.
23.	Метод, используемый при расчете коэффициентов в уравнениях регрессии? _____.
24.	Моделью с сосредоточенными параметрами, при переменной С изменяемой только во времени называется _____.
25.	Какой принцип химической кинетики используется при описании кинетики сложных реакций?
26.	Метод исследований на моделях, которые имеют одинаковую с оригиналом физическую природу и воспроизводят весь комплекс свойств изучаемых явлений называется
27.	Если основные переменные процессы изменяются во времени и в пространстве, то модели, описывающие такие процессы, называются _____.
28.	Модели с сосредоточенными параметрами записываются в виде _____.
29.	Модель включающая описание связей между основными переменными процесса в установившихся режимах называется _____.
30.	Значения потоков веществ и характеристики параметров этих потоков, от которых зависит движущая сила «элементарных» процессов называют _____.

#### 4.2.3. Шкала оценивания

51- 100 % правильных ответов – оценка «зачтено»,

0 – 50 % правильных ответов – оценка «не зачтено».

#### 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-1	ИДОПК-1.2	+
	ИДОПК-1.3	+

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-1	ИДОПК-1.2	тест	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не знает базовую терминологию, относящуюся к химико-технологическим процессам, технологические схемы основных производств, теоретические основы реакций, протекающих в данных процессах; связать фундаментальные законы химии и физики с процессами, протекающими на производстве; использовать теоретические знания для объяснения свойств материалов и механизма химических процессов, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, критически осмыслить полученные результаты расчетов и лабораторной работы;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Знает базовую терминологию, относящуюся к химико-технологическим процессам, технологические схемы основных производств, теоретические основы реакций, протекающих в данных процессах; связать фундаментальные законы химии и физики с процессами, протекающими на производстве; использовать теоретические знания для объяснения свойств материалов и механизма химических процессов, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, критически осмыслить полученные результаты расчетов и лабораторной работы;</li> </ul>
	ИДОПК-1.3		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не умеет 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.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Умеет 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.</li> </ul>

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

1. Сборник рисунков, схем, аппаратов и приборов, используемых в промышленном производстве лекарственных препаратов / Е.А. Хволис, М.В. Чиркова, П.В. Чугунов, М.П. Чугунова // ГБОУ «ПГФА» 2013.
2. Сборник ситуационных задач по промышленной технологии лекарств / Н.А. Ковязина, Е.И. Молохова, М.В. Чиркова // ФГБОУ «ПГФА» 2016.
3. Сборник схем производства и оборудования современных лекарственных препаратов / Е.А. Хволис, И.И. Чернопазова // 2013, ГБОУ «ПГФА»
4. Сборник технологических и аппаратурных схем производства современных лекарственных препаратов / Е.А. Хволис, М.В. Чиркова, П.В. Чугунов, М.П. Чугунова // ГБОУ «ПГФА» 2010.

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

### **6.1. Основная литература**

1. Шимова, Ю. С. Моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / Ю. С. Шимова, Н. Ю. Демиденко, Е. В. Лис. — Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2021. — 94 с. — ISBN 978-5-86433-860-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/116642.html> (дата обращения: 24.12.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Никитин, В. С. Моделирование химико-технологических процессов : учебно-методическое пособие / В. С. Никитин, В. М. Рудой, Т. С. Трофимова ; под редакцией Т. Н. Останиной. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2024. — 184 с. — ISBN 978-5-7996-3796-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/157373.html> (дата обращения: 24.12.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Моделирование химико-технологических процессов в пакете Mathcad Prime : учебное пособие / А. В. Клинов, А. В. Малыгин, И. П. Анашкин, Л. Р. Минибаева. — Казань : Издательство КНИТУ, 2022. — 148 с. — ISBN 978-5-7882-3166-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/136167.html> (дата обращения: 24.12.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### **6.2. Дополнительная литература**

1. Жукова, И. Ю. Моделирование химико-технологических процессов : учебно-методическое пособие / И. Ю. Жукова, Л. А. Дегтярь, В. В. Демьян. — Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2019. — 49 с. — ISBN 978-5-7890-1717-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117721.html> (дата обращения: 24.12.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/117721>
2. Заварухин, С. Г. Математическое моделирование химико-технологических процессов и аппаратов : учебное пособие / С. Г. Заварухин. — 2-е изд. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 86 с. — ISBN 978-5-7782-3284-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91236.html> (дата обращения: 24.12.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

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

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа оснащены мультимедийным комплексом (ноутбук, проектор), набором таблиц и мультимедийными наглядными материалами по различным разделам дисциплины (видеофильмы, ситуационные задачи, тестовые задания по изучаемым темам). Для осуществления моделирования ХТС имеется пакет программного обеспечения chemCAD (в свободном доступе).

Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы бакалавриата, включает в себя лаборатории, оснащенные лабораторным оборудованием.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

## АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.28 Моделирование химико-технологических процессов

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

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

**Форма обучения:** очная.

#### **Формируемая компетенция:**

ОПК-1 – способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов.

ИДОПК-1.2 – предлагает интерпретацию различных технологических процессов, основываясь на знании различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов

ИДОПК-1.3 – анализирует и использует механизмы химических реакций для объяснения технологических процессов и процессов, происходящих в окружающем мире

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

Дисциплина Б1.О.28 Моделирование химико-технологических процессов относится к базовой части ОПОП, изучается на IV курсе, в 7 семестре, общая трудоемкость дисциплины 144 ч. / 4 з.е.

#### **Содержание дисциплины:**

Раздел 1 **Введение в дисциплину. Расчет теплового и материального баланса.** Тема 1.1 Введение в дисциплину. Химико-технологические системы. Тема 1.2 Принципы составления материального баланса. Расчеты расходных коэффициентов. Тема 1.3. Сопоставление материальных балансов обратимых и необратимых химико-технологических процессов. Тема 1.4. Принципы составления энергетического (теплового) баланса. Расчет теплот химических и физических превращений. Тема 1.5. Общие принципы составления и расчета материальных и тепловых балансов культивирования микроорганизмов.

Раздел 2. **Математическое моделирование кинетики химических реакций в потоке.** Тема 2.1. Общие кинетические закономерности реакций в потоке. Тема 2.2. Классификация химических реакторов. Влияние температуры и гидродинамических параметров на кинетику реакций в потоке.. Тема 2.3. Кинетика реакций в реакторах идеального смешения.

Раздел 3. **Характеристика химико-технологической системы.** Тема 3.1 Элементы ХТС и их классификация. Типовые технологические операторы. Тема 3.2. Виды технологических связей между операторами. Тема 3.3. Интегральные и декомпозиционные методы ХТС. Тема 3.4. Представление ХТС в виде графов, матриц и таблиц. Анализ структуры ХТС. Рассмотрение структуры ХТС в терминах теории графов. Решение задач графы с помощью матриц. Для решения многомерных задач анализа и оптимизации химико-технологических систем используют химико-технологические графы: потоковые, информационно-потоковые, сигнальные и графы надёжности. Структура ХТС в виде матрицы смежности или в виде списка смежности. Тема 3.5. Применение информационных технологий для моделирования химико-технологических процессов. Тема 3.6. Использование пакета chemCAD для моделирования ХТС.

**Форма промежуточной аттестации:** зачёт.