



## 1 Паспорт фонда оценочных средств

Направление подготовки	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
Дисциплина	Химическая технология
Семестр обучения	7
Общий объем дисциплины, ЗЕ	5
Формы текущего контроля	Коллоквиум, реферат, отчет по лабораторной работе
Форма промежуточной аттестации	экзамен

Оценивание результатов учебной деятельности обучающихся при изучении дисциплины осуществляется по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации

## 2 Перечень формируемых компетенций и уровни их освоения

Изучение дисциплины «Химическая технология» направлено на формирование следующих компетенций:

Коды и содержание компетенций по СУОС	Индикаторы достижения компетенций согласно ООП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	
- ОПК-1. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.	<p>ИОПК 1.1. Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.</p> <p>ИОПК-1.2. Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.</p> <p>ИОПК 1.3. Формулирует заключения</p>	<i>Допороговый уровень</i>	<p><i>Знать: базовые основы химической технологии, алгоритмы разработки проектов по масштабированию технологий</i></p> <p><i>Уметь: работать с литературой, разрабатывать литературные обзоры, рассчитывать основные параметры (конверсия и пр.) технологического процесса</i></p> <p><i>Владеть (обладать навыками): навыками работы в excel</i></p>
		<i>Пороговый уровень</i>	<p><i>Знать: базовые основы химической технологии, алгоритмы разработки проектов по масштабированию технологий, алгоритмы расчета оборудования</i></p> <p><i>Уметь: работать с литературой, разрабатывать литературные обзоры, рассчитывать основные параметры (конверсия и пр.) технологического</i></p>

	и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.		<p><i>процесса, рассчитывать и определять необходимые параметры (расход, температура и пр.) технологического процесса</i></p> <p><i>Владеть (обладать навыками): навыками работы в excel, расчета основных параметров процесса, решения задач, расчета основного технологического оборудования</i></p>
		Достаточный уровень	<p><i>Знать: теоретические аспекты химической технологии, алгоритмы разработки проектов по масштабированию технологий, алгоритмы расчета оборудования, основные формулы тепловых и материальных расчетов</i></p> <p><i>Уметь: работать с литературой, разрабатывать литературные обзоры, рассчитывать основные параметры (конверсия и пр.) технологического процесса, рассчитывать и определять необходимые параметры (расход, температура и пр.) технологического процесса, составлять технологические схемы</i></p> <p><i>Владеть (обладать навыками): навыками работы в excel, расчета основных параметров процесса, решения задач, расчета основного технологического оборудования, разработки теплового и материального балансов</i></p>
		Продвинутый уровень	<p><i>Знать: теоретические аспекты химической технологии, алгоритмы разработки проектов по</i></p>

			<p>масштабированию технологий, алгоритмы расчета оборудования, основные формулы тепловых и материальных расчетов, современные программные продукты моделирования технологических процессов</p> <p><i>Уметь: работать с литературой, разрабатывать литературные обзоры, проводить патентные исследования, рассчитывать основные параметры (конверсия и пр.) технологического процесса, рассчитывать и определять необходимые параметры (расход, температура и пр.) технологического процесса, составлять технологические схемы, разрабатывать материальные и тепловые балансы по результатам экспериментальных исследований</i></p> <p><i>Владеть (обладать навыками): навыками работы в excel, расчета основных параметров процесса, решения задач, расчета основного технологического оборудования, разработки теплового и материального балансов, работы в современных программных продуктах математического моделирования</i></p>
ОПК-2. Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы	ИОПК-2.1. Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<i>Допороговый уровень</i>	<p><i>Знать: технику безопасности работы в лабораториях, назначение основного лабораторного оборудование</i></p> <p><i>Уметь: проводить лабораторные исследования по методике</i></p>

техники безопасности.	<p>ИОПК-2.2. Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>ИОПК-2.3. Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования.</p>		<i>Владеть (обладать навыками):</i> навыками сбора лабораторных установок
		<i>Пороговый уровень</i>	<p><i>Знать:</i> технику безопасности работы в лабораториях, назначение основного лабораторного оборудования, алгоритмы сбора лабораторных установок</p> <p><i>Уметь:</i> проводить лабораторные исследования по методике, разрабатывать методику исследований</p> <p><i>Владеть (обладать навыками):</i> навыками сбора лабораторных установок, интерпретации результатов экспериментальных исследований</p>
		<i>Достаточный уровень</i>	<p><i>Знать:</i> технику безопасности работы в лабораториях, назначение основного лабораторного оборудования, алгоритмы сбора лабораторных установок</p> <p><i>Уметь:</i> проводить лабораторные исследования по методике, разрабатывать методику исследований, собирать лабораторные установки по схеме</p> <p><i>Владеть (обладать навыками):</i> навыками сбора лабораторных установок, интерпретации результатов экспериментальных исследований, рассчитывать и обрабатывать результаты</p>
		<i>Продвинутый уровень</i>	<p><i>Знать:</i> технику безопасности работы в лабораториях, назначение основного лабораторного оборудования, алгоритмы сбора лабораторных установок</p>

			<p><i>Уметь: проводить лабораторные исследования по методике, разрабатывать методику исследований, собирать лабораторные установки по схеме, разрабатывать схемы лабораторных установок, разрабатывать схемы промышленных установок по результатам экспериментальных исследований</i></p> <p><i>Владеть (обладать навыками): навыками сбора лабораторных установок, интерпретации результатов экспериментальных исследований, рассчитывать и обрабатывать результаты эксперимента, навыками расчета материального и теплового баланса масштабированной технологии по результатам лабораторных экспериментов</i></p>
--	--	--	---

#### Уровни и шкала оценивания сформированности компетенций

Допороговый уровень	Соответствует оценке «неудовлетворительно», предполагает несформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам и не владеет основными умениями и навыками.
Пороговый уровень	Соответствует оценке «удовлетворительно», предполагает сформированность компетенций на достаточном уровне. Студент имеет недостаточно глубокие знания по отдельным теоретическим разделам, показал не все основные умения и навыки.
Достаточный уровень	Соответствует оценке «хорошо», предполагает сформированность компетенций на достаточно хорошем уровне. Студент изучил все теоретические вопросы, показал основные умения и навыки.
Продвинутый уровень	Соответствует оценке «отлично», предполагает сформированность компетенций на высоком уровне. Студент показал творческое отношение к обучению, в совершенстве овладел всеми теоретическими

	вопросами дисциплины, показал все требуемые умения и навыки.
--	--

## 2 Этапы формирования компетенций и оценочные средства (текущая аттестация)

### 2.1 Виды оценочных средств

№	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Код индикатора достижения компетенции согласно ОПП
1	Модуль 1 Химическая технология как наука; Модуль 2. Теоретические основы химической технологии	Коллоквиум	ИОПК 1.1.- ИОПК 1.3.
2	Модуль 3. Общая химическая технология	Реферат	ИОПК 1.2.
3	Модуль 4. Химическая технология и материаловедение	Отчет по лабораторной работе	ИОПК 2.2.
4	Модуль 5. Основные производства химической технологии	Отчет по лабораторной работе, реферат	ИОПК 2.3.

### 2.2 Содержание оценочных средств

#### 2.1.1. Коллоквиум

Примеры билетов к коллоквиуму:

#### БИЛЕТ № 1

1. Основные виды передачи тепла. Основные уравнения теплопередачи, что в них входит.
2. Материальный баланс массообменных процессов. Построение рабочей линии массообменных аппаратов.
3. Определить режим течения воды в кольцевом пространстве теплообменника типа «труба в трубе», если диаметр наружной трубы - 106×3,5 мм, внутренней - 60×3,5мм. Средняя температура воды 30°C. Объемный расход воды 5 м<sup>3</sup>/ч.  $\mu = 0,9 \times 10^{-3}$  Па·с,  $\rho = 995$  кг/м<sup>3</sup>
4. Определить потери тепла и температуру внутренней стенки печи толщиной  $\delta = 0,5$  м. Температура газов в печи  $t_2 = 900$  °С, температура окружающего воздуха  $t_в = 20$  °С, коэффициент теплоотдачи печных газов  $\alpha_2 = 30$  Вт/(м<sup>2</sup>·град), средняя теплопроводность стенки  $\lambda = 1,8$  Вт/(м·град), коэффициент теплоотдачи от стенки к окружающей среде  $\alpha_в = 8$  Вт/(м<sup>2</sup>·град).
5. В скруббере аммиак поглощается чистой водой из газа при атмосферном давлении. Начальное содержание аммиака в газе 0,03 кмоль аммиака/кмоль инертного газа. Степень поглощения аммиака водой составляет 90 %. Вода, выходящая, из скруббера содержит аммиака 0,02 кмоль аммиака/кмоль воды. Определить среднюю движущую силу абсорбции для обеспечения требуемой полноты поглощения аммиака. Определить число единиц переноса  $n_{oy}$ . Данные о равновесных концентрациях аммиака в жидкости и газе приведены в таблице:

X кмольNH <sub>3</sub> /кмоль H <sub>2</sub> O	0	0,005	0,01	0,012 5	0,015	0,02	0,023
Y* кмольNH <sub>3</sub> /кмоль газа	0	0,004 5	0,0102	0,013 8	0,0183	0,027 3	0,0327

6. Рассчитать МБ для получения 3725 кг/ч изобутилена дегидратацией изобутилового спирта, зная: чистота продукта 99,5 % мас., мольная конверсия спирта по реакции 65 % (побочными реакциями пренебречь), содержание воды в углеводородах на выходе из сепаратора 5 % мас., растворимость спирта в воде 7,0 % мас., растворимостью изобутилена в воде пренебречь. Содержание НК в кубовом остатке 0,1 % мас. Содержание воды в сырье 1,0 % мас.

### БИЛЕТ № 2

1. Моделирование химико-технологических процессов. Применение теории подобия в химической технологии.
2. Цель и алгоритм расчета теплообменных аппаратов (на примере кожухотрубчатого теплообменника).
3. За сколько времени изменится уровень жидкости в мернике (цилиндрическом сосуде) диаметром 1,2 метра, диаметр сливного отверстия внизу мерника 19 мм, высота столба жидкости начальная 2 метра, конечная 0,36 метра. Коэффициент расхода 0,6.
4. Определить необходимую поверхность противоточного теплообменника для нагревания минерального масла от температуры  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 130^\circ\text{C}$ . Нагрев осуществляется органическим теплоносителем, имеющим начальную температуру  $150^\circ\text{C}$ . Расходы жидкостей  $G_1 = 3500$  кг/ч (минеральное масло) и  $G_2 = 8000$  кг/ч расход теплоносителя. Теплоемкость минерального масла составляет 1600 Дж/(кг·К), теплоемкость теплоносителя – 1700 Дж/(кг·К). Коэффициент теплопередачи  $K = 139,5$  Вт/м<sup>2</sup>·град.
5. Определить количество полученных продуктов (в кг/ч) и действительное число тарелок в ректификационной колонне для получения уксусной кислоты из ее смеси с водой. Расход смеси равен 4500 кг/ч. Исходная смесь содержит 40 % (мас.), дистиллят 72,9 % (мас.) воды, а кубовый остаток 98,5 % (мас.) уксусной кислоты; флегмовое число  $R = 2,3$ ; коэффициент полезного действия тарелки 80 %.
6. Рассчитать МБ для получения 3725 кг/ч изобутилена дегидратацией изобутилового спирта, зная: чистота продукта 99,5 % мас., мольная конверсия спирта по реакции 65 % (побочными реакциями пренебречь), содержание воды в углеводородах на выходе из сепаратора 5 % мас., растворимость спирта в воде 7,0 % мас., растворимостью изобутилена в воде пренебречь. Содержание НК в кубовом остатке 0,1 % мас. Содержание воды в сырье 1,0 % мас.

#### 2.1.2. Реферат по модулю 3

Примеры тем рефератов:

- Основные виды теплопередачи и расчётные формулы. Алгоритм расчета кожухотрубчатого теплообменника;
- Устройство и принципы работы ректификационных колонн;
- Устройство и принципы работы реакторного оборудования;

- Насосное оборудование. Типы и принципы работы;
- Принципы масштабирования технологических процессов. Критерии подобия и их роль в химической технологии.

### 2.1.3. Реферат по модулю 5

Примеры тем рефератов:

- Методы математического моделирования ХТП;
- Детерминированные математические модели ХТП. Основные преимущества и недостатки;
- Статистические модели. Достоинства, недостатки и алгоритм разработки;
- Основные программные продукты математического моделирования ХТП.

Оценочные материалы в полном объеме содержатся у преподавателя и выдаются студентам заблаговременно для успешной подготовки к текущему контролю. Методика выполнения лабораторных работ содержится в учебно-методическом пособии «Лабораторный практикум по общей химической технологии» издательства Томского Государственного университета.

## 2.3 Методические рекомендации

### 2.3.1 Порядок проведения текущего контроля

Текущий контроль осуществляется на протяжении периода обучения по дисциплине в рамках организации и проведения семинарских занятий, лабораторных работ, самостоятельной работы студентов и оценивается по следующим образом: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### 2.3.2 Критерии оценивания по видам оценочных средств

- Коллоквиум

«отлично» при ответе на все вопросы билета и дополнительные вопросы преподавателя, уверенное владение темой, ответ четко структурированный и полный.

«хорошо» при ответе на все вопросы билета, затруднения ответа на дополнительные вопросы, хорошее владение темой, но ответ недостаточно полный или без четкой структуры.

«удовлетворительно» при ответе на 60 % вопросов билета, ответ не структурированный и не полный.

«неудовлетворительно» при ответе менее чем на 60 % вопросов билета.

- Реферат

«отлично» уверенное изложение темы, реферат хорошо структурирован, ответы на дополнительные вопросы преподавателя и студентов полные и уверенные, тема раскрыта полностью, оформление соответствует требованиям к оформлению рефератов.

«хорошо» хорошее изложение темы, реферат структурирован, ответы на дополнительные вопросы преподавателя и студентов недостаточно полные или неуверенные, тема раскрыта не полностью, оформление соответствует требованиям к оформлению рефератов.

«удовлетворительно» темы изложена и раскрыта не полностью, реферат плохо структурирован, присутствуют логические ошибки, ответы на дополнительные вопросы преподавателя и студентов не полные и неуверенные, тема раскрыта не полностью, оформление не соответствует требованиям к оформлению рефератов.

«неудовлетворительно» темы не раскрыта, реферат плохо структурирован, присутствуют логические ошибки, нет ответов на дополнительные вопросы преподавателя и студентов, оформление не соответствует требованиям к оформлению рефератов.

- Отчет по лабораторной работе

«отлично» все результаты лабораторной работы обработаны, в расчетных формулах отсутствуют ошибки, показан навык масштабирования технологии по результатам экспериментальной работы на примере схемы и материального баланса промышленного производства, отчет оформлен в соответствии с требованиями к отчету по лабораторной работе, выводы четко структурированы и полные.

«хорошо» все результаты лабораторной работы обработаны, в расчетных формулах отсутствуют ошибки, присутствуют логические или расчетные ошибки схемы и материального баланса масштабированного производства, присутствуют незначительные ошибки в выводах, отчет оформлен в соответствии с требованиями к отчету по лабораторной работе;

«удовлетворительно» результаты лабораторной работы обработаны с ошибками, присутствуют логические или расчетные ошибки схемы и материального баланса масштабированного производства, присутствуют ошибки в выводах, отчет оформлен с отступлением от требований к отчету по лабораторной работе.

«неудовлетворительно» результаты лабораторной работы не обработаны, отсутствует схема и материальный баланс, присутствуют грубые ошибки в выводах или результаты интерпретированы не верно, отчет оформлен с отступлением от требований к отчету по лабораторной работе.

### 3 Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

**Экзамен** проводится в устной форме по билетам. Билет содержит 1 теоретический вопрос, одну задачу и 1 расчет материального баланса по предложенной схеме процесса, проверяющие сформированность ОПК-1, ОПК-2. Продолжительность подготовки ответа – 1,5 часа, ответа – 30 минут.

#### 3.2 Примеры экзаменационных билетов

##### Билет № 1

1. Эксергия. Использование эксергии для оценки термодинамического совершенства технологического процесса. Эксергия как мера потенциальной работоспособности системы.

2. Физическое моделирование теплообменных процессов в химической технологии.

Критерии теплового подобия

3. Задача. В каскаде из двух реакторов идеального смешения проводят реакцию первого порядка  $A \rightarrow R$ . Какой объем должны иметь секции каскада для достижения степени превращения реагента  $A$  равной 0,75, если имеют одинаковый объем. Объемный расход смеси  $2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ , константа скорости  $2 \text{ ч}^{-1}$ .

##### Билет № 2

1. Расшифровка марок стали в соответствии с ГОСТ. Какие виды стали бывают. Привести по 1 примеру процессов, где используются жаропрочные, коррозионностойкие, низколегированный углеродисты стали.

2. Задача №1. В реакторе протекает реакция второго порядка  $2A \rightarrow R$  с константой скорости  $2,8 \cdot 10^{-1} \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{с})$ . Начальная концентрация вещества  $A$  на входе в реактор равна  $0,85 \text{ моль}/\text{л}$ , степень превращения вещества  $A$   $0,90$ . Определите, какое количество вещества  $A$  можно переработать в РИС объемом  $2 \text{ м}^3$  и в РИВ объемом  $0,6 \text{ м}^3$ .

3. Материальный баланс

Оценочные материалы для промежуточной аттестации в полном объеме содержатся у преподавателя и выдаются заблаговременно для успешной подготовки студентов к экзамену.

### 3.3. Критерии оценивания

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

«отлично» – студент демонстрирует знание теоретических основ химической технологии, даны полные и правильные ответы на все вопросы, решена задача правильно;

«хорошо» – ответ содержит несущественные фактические ошибки, задача решена правильно;

«удовлетворительно» – отсутствует ответ на один из теоретических вопросов билета, в решении задачи допущены ошибки;

«неудовлетворительно» – нет ответа на теоретические вопросы, задача не решена.

Итоговая оценка учитывает результаты экзамена и текущего контроля в семестре и выставляется как среднеарифметическая.

## 4 Оценочные средства для контроля остаточных знаний

1. Сколько процентов углерода содержится в марте стали 12X18H10T:
  - а) 12 %
  - б) 10 %
  - в) 0,12 %;
  - г) 18 %.
2. Основное отличие статистических моделей от детерминированных:
  - а) Детерминированные учитывают физико-химические свойства веществ и кинетику реакций, статистические не учитывают;
  - б) Статистические учитывают физико-химические свойства веществ и кинетику реакций, детерминированные не учитывают;
  - в) Статистические описывают процесс только на исследуемом диапазоне, детерминированные на всем диапазоне докритических параметров;
  - г) Детерминированные описывают процесс только на исследуемом диапазоне, статистические на всем диапазоне докритических параметров;
3. Основные модели химических реакторов:
  - а) Модель идеального смешения;
  - б) Модель идеального вытеснения;
  - в) Оба варианта;
  - г) Таких моделей не бывает.
4. Описать разницу процесса абсорбции, адсорбции и экстракции
5. Дать определение реактора идеального смешения.
6. Дать определение реактора идеального вытеснения;
7. Какие типы схем технологического процесса бывают:
  - а) технологическая;
  - б) принципиальная;
  - в) операторная;

г) все предложенные варианты

8. За счет чего происходит передача тепла в паровых теплообменниках (подогревателях)? Написать формулу, расшифровать все величины, входящие в формулу;
9. Какие типы теплообменных аппаратов бывают:
- а) пластинчатые;
  - б) кожухотрубчатые;
  - в) оба варианта;
  - г) не один из вариантов.
10. Критерий гидродинамического подобия это:
- а) Критерий Эйлера;
  - б) Критерий Фруда;
  - в) Критерий Рейцнольдса;
  - г) Все перечисленные.