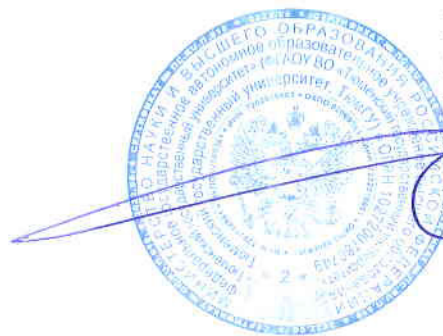


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ
Исполнительный директор
программы развития,
руководитель научно-
исследовательской политики
Г.Н. Суворов
« 25 » мая 2026 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ИНЖЕНЕРНАЯ ХИМИЯ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
Научная специальность 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

1. Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Темы дисциплины (модуля) / Разделы (этапы) практики* в ходе текущего контроля, вид промежуточной аттестации (зачет, с указанием семестра)	Код и содержание компетенции	Оценочные материалы (виды и количество)
1	2	3	4
1	Введение. Структурный анализ процессов в каталитических системах. Кинетика каталитических реакций с точки зрения химика-технолога	ПК-1 - способность к использованию профильно - специализированных знаний в области физической химии, катализа, тепло- и массопереноса, теории каталитических реакторов для решения научных и практических задач, возникающих при изучении и создании ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности; ПК-2 - применять фундаментальные знания в области физической адсорбции для решения научных и практических задач, возникающих при создании ресурсо- и энергосберегающих технологий и аппаратов на основе адсорбционных процессов; ПК-3 - способность к использованию профильно-специализированных знаний в области приготовления катализаторов, адсорбентов и	Устный опрос (5 вопросов) Тестовые задания (10 шт.)
2	Каталитический процесс в зерне катализатора. Типы каталитических реакторов; гидродинамика неподвижного зернистого слоя		Устный опрос (4 вопроса) Расчетная задача по диффузии (1 шт.) Тестовые задания (12 шт.) Анализ схемы реактора
3	Реакторы с неподвижным слоем. Реакторы с движущимися слоями катализатора. Каталитические процессы для охраны окружающей среды		Курсовое задание (1 шт.) Задача на расчет перепада давления Реферат/доклад (1 шт.) Тестовые задания (10 шт.)
4	Примеры промышленных каталитических процессов, химико-технологические схемы (ХТС). Современные тенденции развития перспективных технологий		Анализ ХТС (1 схема) Устный опрос Эссе/обзор (1 шт.) Презентация (1 шт.)
5	Определение основных характеристик процесса в каталитическом реакторе. Оценка влияния внутренней диффузии на примере процессов окисления метана и получения формальдегида		Расчетная задача (конверсия, селективность) - 1 шт. Тестовые задания (10 шт.) Анализ графиков
6	Расчет каталитического процесса в режимах идеального вытеснения и идеального смешения при протекании сложной реакции. Определение рабочих режимов в адиабатическом и полочном реакторе		Сравнительный расчет - 1 шт. Защита отчета Расчетная задача (температурный профиль) - 1 шт. Тестовые задания (8 шт.)
7	Оптимизация процессов в трубчатом и комбинированном реакторе		Задача на оптимизацию (1 шт.) Анализ результатов моделирования
8	Освоение процесса создания алгоритма и макета реактора очистки от нитрозных газов из библиотеки моделей COMSOL		Лабораторная/практическая работа (1 шт.) Отчет с результатами моделирования (COMSOL)

9	Расчет процесса на блочных катализаторах с использованием пакета программ FLUENT; определение оптимальных условий реализации процесса в реакторе с псевдоожиженным слоем COMSOL	носителей для решения задач, возникающих при изучении и создании ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности	Лабораторная работа (1 шт.) Защита отчета (презентация результатов)
10	Расчет реверса-процесса для обезвреживания отходящих газов от сернистых соединений химических и металлургических производств		Комплексная расчетная работа (1 шт.) Моделирование в HYSYS / COMSOL
11	Расчет химико-технологической схемы для процесса получения азотной кислоты HYSYS		Курсовой проект / расчетная работа (1 шт.) Защита в HYSYS (демонстрация схемы)
12	Дифференцированный зачет (4 семестр)		

2. Виды и характеристика оценочных средств

Для получения оценки обучающиеся должны сдать дифференцированный зачет. Зачет проводится в форме устного собеседования по заранее определенным вопросам. Время на подготовку к ответу – до 20 минут. Ответ должен быть развернутым, демонстрировать понимание физико-химической сущности процессов, знание методов приготовления и анализа, способность применять знания для решения практических задач.

Критерии оценивания ответа обучающихся на дифференцированном зачете:

Оценка *«отлично»* выставляется обучающемуся, который дает полный, развернутый ответ на все поставленные вопросы, раскрывает основные положения темы. Обучающийся показывает умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи в процессах приготовления катализаторов и адсорбентов. В ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, методов и физико-химических явлений. Ответ излагается литературным языком с использованием научных терминов.

Оценка *«хорошо»* выставляется обучающемуся, который дает верный ответ на поставленные вопросы, раскрывает основные положения темы; показывает умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи в процессах приготовления катализаторов и адсорбентов. Однако в ответе не прослеживается четкая структура, логическая последовательность, ответ излагается недостаточно грамотно. Обучающийся демонстрирует знание основных этапов и методов приготовления катализаторов, но испытывает затруднения при анализе влияния параметров процесса на структурно-фазовые характеристики или при обосновании выбора оптимальных режимов обработки. Допускает незначительные ошибки в терминологии, которые исправляет при дополнительных вопросах преподавателя.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется обучающемуся, который дает неполный ответ на поставленные вопросы, раскрывает не все основные положения темы.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется обучающемуся, который дает неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. В ответе присутствует фрагментарность, нелогичность изложения. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная, научная терминология не используется или используется некорректно. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины, либо обучающийся отказывается от ответа. Обучающийся не демонстрирует понимания.

Каждый билет включает два вопроса:

Теоретический вопрос – проверка знаний основных понятий, закономерностей, типов реакторов, кинетики, ХТС.

Практико-ориентированный вопрос (задача) – проверка умения выполнять расчёты (конверсия, селективность, диффузия, сравнение РИВ и РИС, температурный профиль и др.).

3. Оценочные средства

Тестовые задания формируются на основе 17 тем дисциплины. Общий банк составляет 150 вопросов (8–10 вопросов на тему). Индивидуализация теста для обучающегося обеспечивается путём случайной выборки 20 вопросов из общего банка. Время выполнения теста – 30 минут.

Типы тестовых заданий:

- закрытые (выбор одного или нескольких правильных ответов);
- открытые (ввод термина/числа);
- на установление соответствия.

Примерный перечень теоретических вопросов к дифференцированному зачёту:

Раздел 1. Основы инженерной химии каталитических процессов

1. Дайте определение инженерной химии каталитических процессов. Назовите основные уровни организации каталитических систем.
2. Что такое структурный анализ каталитического процесса? Какие методы используются?
3. Опишите основные этапы гетерогенного каталитического процесса.

Раздел 2. Кинетика каталитических реакций

4. Запишите уравнение Аррениуса. Поясните физический смысл энергии активации и предэкспоненциального множителя.
5. Как влияет температура на скорость каталитической реакции? Приведите примеры.
6. Что такое уравнение Ленгмюра-Хиншельвуда? Для каких процессов оно применяется?
7. Объясните разницу между кинетической и диффузионной областями протекания реакции.

Раздел 3. Каталитический процесс в зерне катализатора

8. Что такое модуль Тиле? Как он характеризует влияние внутренней диффузии?
9. Что такое фактор эффективности (коэффициент использования) зерна катализатора? От каких параметров он зависит?
10. Опишите распределение концентрации реагента внутри пористого зерна для реакции первого порядка.

Раздел 4. Типы каталитических реакторов

11. Перечислите основные типы каталитических реакторов. Дайте их краткую характеристику.
12. Опишите гидродинамику реактора с неподвижным зернистым слоем. Какие проблемы могут возникать?
13. Уравнение Эргуна: назначение, структура, физический смысл членов.
14. Реакторы с псевдоожиженным слоем: принцип работы, преимущества и недостатки.
15. Реакторы с движущимся слоем катализатора: где применяются, особенности конструкции.

Раздел 5. Режимы работы реакторов

16. Дайте определение режима идеального вытеснения (РИВ). При каких условиях он реализуется?
17. Дайте определение режима идеального смешения (РИС). При каких условиях он реализуется?
18. Сравните РИВ и РИС по конверсии и селективности для простых и сложных реакций.

19. Адиабатический реактор: особенности работы, расчёт температурного профиля.
20. Полочный реактор: конструкция, принцип работы, методы расчёта числа полок.

Раздел 6. Промышленные каталитические процессы и ХТС

21. Опишите химико-технологическую схему производства азотной кислоты. Укажите каталитические стадии.
22. Каталитические методы очистки отходящих газов от оксидов азота (NO_x) и сернистых соединений.
23. Что такое реверс-процесс? Для каких задач он применяется?
24. Приведите примеры промышленных процессов окисления на серебряном или платиновом катализаторе.

Раздел 7. Моделирование и оптимизация

25. Какие программные комплексы используются для моделирования каталитических процессов? Их назначение.
26. Какие задачи можно решать в COMSOL Multiphysics для каталитических реакторов?
27. Для чего используется пакет FLUENT? Приведите примеры применения.
28. Назначение и возможности программного комплекса HYSYS в расчёте ХТС.
29. Какие параметры оптимизируют в трубчатом каталитическом реакторе?
30. Назовите способы повышения ресурсо- и энергоэффективности каталитических процессов.

Примерные практические задания (задачи) к зачёту

Задача 1. Расчёт конверсии, селективности и выхода

В реакторе протекает реакция: $A \rightarrow B$ (целевой), $A \rightarrow C$ (побочный). На входе расход A составляет 100 моль/ч. На выходе: A – 20 моль/ч, B – 60 моль/ч, C – 15 моль/ч. Рассчитайте: конверсию A , селективность по B , выход продукта B .

Задача 2. Оценка влияния внутренней диффузии

Для реакции первого порядка дано: константа скорости $k = 0.2 \text{ с}^{-1}$, эффективный коэффициент диффузии $D_e = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, радиус зерна $R = 1.5 \text{ мм}$.

Рассчитайте: модуль Тиле (ϕ) и фактор эффективности (η) для сферического зерна. Сделайте вывод о режиме протекания реакции.