

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Факультет инновационных технологий

УТВЕРЖДЕНО:
Декан
С. В. Шидловский

Рабочая программа дисциплины

Химические технологии

по направлению подготовки / специальности

27.03.05 Инноватика

Направленность (профиль) подготовки/ специализация:
Управление инновациями в наукоемких технологиях

Форма обучения
Очная

Квалификация
инженер-аналитик/инженер-исследователь

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.В. Вусович

Председатель УМК
О.В. Вусович

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК 1 – Способен находить и проектировать технико-технологическое решение на основе «лучших практик»

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОПК 1.1 Умеет систематизировать информацию, полученную в ходе НИР и ОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными («лучшие практики»)

2. Задачи освоения дисциплины

– Владение методами разработки эффективных технологий химических производств на основе синтеза и анализа химико-технологических систем.

– Научиться применять понятийный аппарат дисциплины для решения практических задач профессиональной деятельности.

– Изучение методов балансовых расчетов, анализа химического производства, определения его эффективности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Модуль по выбору «Химические технологии».

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Пятый семестр, зачет

Шестой семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Химия, Физико-химические методы анализа, Метрология и основы технического регулирования.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 часов, из которых:

-лекции: 36 ч.

-лабораторные: 36 ч.

-практические занятия: 36 ч.

в том числе практическая подготовка: 12 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Химическая технология как наука. Основные понятия и законы химической технологии. Материальный баланс Роль и масштабы использования химических процессов в различных сферах материального производства. Тенденции развития техносферы и возрастающее значение проблем ресурсо- и энергосбережения, обеспечения безопасности химических производств, защиты окружающей среды.Использование

законов сохранения массы и энергии, законов химической кинетики и термодинамики в технологических расчетах. Расчет материального баланса.

Тема 2. Теоретические основы химической технологии. Макроскопическая теория физико-химических явлений – теоретическая база химической технологии. Основные макроскопические переменные параметры, характеризующие перенос вещества, импульса и энергии. Обобщенная форма дифференциальных уравнений баланса, связывающих функции плотности потока и источника субстанции. Конвективный и кондуктивный перенос субстанции. Характеристика коэффициентов переноса в различных средах. Частные формы дифференциальных уравнений баланса вещества, импульса и энергии. Гидравлика. Основы гидростатики. Закон Паскаля и его применение. Гидравлические процессы. Гидродинамика: основные понятия и определения. Реологические свойства жидких фаз. Стационарные и нестационарные потоки. Характеристики ламинарных и турбулентных течений. Дифференциальные уравнения движения сплошных сред. Уравнение Бернулли. Приложение уравнения Бернулли для измерения скорости и расхода жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Теория подобия как основа моделирования. Теоремы подобия. Подобное преобразование дифференциальных уравнений. Гидродинамическое подобие. Общий вид критериального уравнения. Применение законов гидравлики сплошных сред в химической технологии. Тепловые процессы в химической технологии. Способы распространения теплоты: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение. Уравнения теплопереноса. Теплообменные аппараты. Коэффициенты теплопереноса: полуэмпирические критериальные соотношения. Пути интенсификации процессов теплообмена и повышение их эффективности. Массообменные процессы. Основные принципы массообменных процессов в гетерогенных системах. Равновесные, кинетические и механические факторы в организации процессов межфазного массообмена. Движущая сила массообменных процессов. Моделирование процесса абсорбции. Коэффициенты массопереноса: полуэмпирические критериальные соотношения. Расчет и устройство абсорберов. Аппаратурное оформление и моделирование процессов разделения смесей веществ методом ректификации. Расчет требуемой высоты ректификационной колонны для заданной степени разделения в стационарном режиме работы. Мембранная технология разделения смесей веществ. Равновесные и кинетические факторы, определяющие эффективность мембранного разделения. Конструкция мембранных аппаратов.

Тема 3. Общая химическая технология. Сырьевая и энергетическая база химических производств. Материальные и энергетические балансы технологических систем. Показатели расхода различных видов сырья. Относительный выход продукта. Интегральная и дифференциальная селективность. Коэффициенты преобразования энергии. Термодинамическая неравноценность различных форм энергии. Энергия как мера потенциальной работоспособности системы. Уравнение баланса энергии. Связь между потерями энергии и производством энтропии. Коэффициенты преобразования эксергии. Основные направления повышения эффективности использования сырьевых и энергетических ресурсов. Комплексное использование сырья. Рециклы веществ и материалов. Энерготехнологические схемы производств. Вода как сырье и компонент химического производства. Промышленная водоподготовка. Химические реакторы. Основные типы химических реакторов, примеры их использования в технологии важнейших химических продуктов. Кинетические модели химических реакций и моделирование химических реакторов. Уравнение материального баланса химического реактора. Реакторы с идеальной структурой потока. Критерии оценки эффективности и выбора типа реактора. Каскад реакторов. Реактора с неидеальной структурой потока. Диффузионная и ячеечная модель химического реактора. Роль функции распределения времени пребывания для описания работы действующего реактора. Гетерогенно-каталитические процессы в химической промышленности. Основные стадии и кинетические особенности гетерогенно-каталитических процессов. Типы промышленных

каталитических реакторов и структура протекающих в них процессов. Математическое моделирование и оптимизация каталитических реакторов. Химическое производство как сложная система. Многоуровневая структура технологических систем: молекулярные процессы – макрокинетика – аппараты – производства – глобальные проблемы развития техносферы. Основные этапы создания химико-технологических систем (ХТС); принципы и стратегия системного подхода. Роль математического моделирования в решении задач проектирования и эксплуатации ХТС. Химико-технологические процессы как объект управления. Входные и выходные параметры системы, параметры состояния, конструкционные и управляющие параметры; функциональный оператор системы. Экономические показатели эффективности химических производств. Основные производственные фонды, оборотные средства и трудовые ресурсы производств. Структура затрат на производство и реализацию продукции. Себестоимость продукции, прибыль и ценообразование в химической промышленности.

Тема 4. Важнейшие группы химических производств. Материалы и новые технологии. Технология связанного азота. Альтернативные варианты перспективного решения связывания атмосферного азота. Структура современного производства аммиака из природного газа. Современная технологическая схема производства азотной кислоты. Технологические решения, способствующие высокому выходу продукта. Физикохимические основы и аппаратное оформление процессов селективного окисления аммиака, оксидов азота и их абсорбции. Каталитическое обезвреживание отходящих газов. Сопряженные с синтезом аммиака производства – получение нитрата аммония и карбамида. Технологические схемы, свойства продуктов и области их применения. Переработка фосфорсодержащего сырья. Виды фосфорсодержащего сырья. Различия минералогического состава и свойств, определяющие выбор способа технологической переработки: кислотного, термического, гидротермического. Современное состояние производства и потребления фосфора и фосфорных кислот. Электротермический способ получения элементарного фосфора. Физико-химические основы разложения природных фосфатов серной, азотной кислотами. Экстракционная фосфорная кислота, как основа производства минеральных удобрений. Состав и концентрация образующейся фосфорной кислоты в зависимости от температуры и способа разложения апатита. Выделение и утилизация фтористых газов. Фосфогипс – отход производства экстракционной фосфорной кислоты – потенциальный источник сырья для получения серной кислоты и построения замкнутых циклов в производстве удобрений. Производство серной кислоты. Современное состояние производства серной кислоты из различных видов сырья. Физико-химические основы производства серной кислоты из серосодержащих руд. Особенности технологических схем и аппаратного оформления. Экологические проблемы в сернокислотном производстве. Производство солей и удобрений. Основы технической переработки природных рассолов и твердых солей. Физико-химические основы процессов растворения и кристаллизации солей. Производство калийных солей. Схемы и аппараты для получения хлористого калия из сильвинита. Синтез мочевины. Технологические условия и схемы производства. Процессы производства концентрированных удобрений. Электрохимические производства. Технологические особенности процессов электролиза водных растворов и расплавов солей, Типы промышленных электролизеров: с твердым катодом (диафрагменный и мембранный); с ртутным катодом; для электролиза расплавов хлоридов щелочных металлов. Электрохимическое получение водорода. Уровень энергозатрат электрохимических производств и их доля в себестоимости продукции. Металлургия. Типы пиро- и гидрометаллургических процессов. Производство чугуна. Процессы выплавки стали. Ферросплавы и специальные сплавы. Производство и применение алюминия, титана и меди и других металлов. Производство редких и радиоактивных элементов и веществ высокой чистоты. Производство урана, плутония и их изотопов. Основные процессы получения веществ высокой чистоты ионообменными,

дистилляционными, электрохимическими и другими методами. Технология силикатов и вяжущих веществ. Производство стекла. Основные виды стекла и их назначение. Процессы варки стекла. Химические стекла, эмали, ситаллы, пеностекло, стекловолокно, керамика разного функционального назначения. Переработка углеродсодержащего сырья. Использование нефти, природного газа и угля в качестве сырья химических производств. Переработка сырья на синтез-газ, парафины ароматические углеводороды. Переработка нефти. Первичные и вторичные процессы нефтепереработки. Крекинг. Производство углеводородов. Термический и термоокислительный пиролиз газообразных и жидких углеводородов. Технология высокомолекулярных соединений. Пластмассы, каучуки, химические волокна и полимерные композиционные материалы. Поликонденсационные процессы и их технологическое оформление. Фенолоформальдегидные, наволачные и резольные смолы. Кремний-органические полимеры. Биотехнология. Роль химической технологии в организации биотехнологических производств. Биотехнология – перспективное направление технологии, базирующейся на достижениях генной инженерии, промышленной микробиологии и биокатализа. Технология рекомбинантных ДНК и производство белков. Биотехнология в решении проблем фиксации азота в почвах, добычи цветных металлов, переработки биомассы, очистки сточных вод. Химическая технология и материаловедение. Современная систематика материалов по составу, свойствам и функциональному назначению. Материалы как важная категория продуктов химической технологии. Главные эксплуатационные свойства материалов. Ресурс материалов – один из важнейших технологических критериев. Приоритетные направления и методология создания новых материалов с заданными свойствами. Функциональные материалы в химической технологии: мембраны, катализаторы, адсорбенты, электроды, сенсоры, покрытия и др. Конструкционные материалы в химической технологии. Материал как фактор, лимитирующий применение экстремальных физических воздействий в технологии. Химическое сопротивление металлических и неметаллических материалов. Методы защиты металлов и сплавов от коррозии. Основные виды неметаллических конструкционных материалов; полимеры и специальная керамика как альтернатива традиционным конструкционным материалам. Роль новых материалов в синтезе эффективных технологических схем и интенсификации технологических процессов. Научно-технические технологии – технологии будущего. Термодинамически совершенные энерготехнологические процессы, управление реакционной способностью веществ, селективный катализ, использование сверхкритических сред, нанотехнологии и создание наноматериалов. СВС-синтез, криотехнологии, золь-гель технологии.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнение лабораторных работ, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

10.1 Зачет в пятом выставляется студенту, выполнившему семестровый рабочий план учебных мероприятий по дисциплине и сдавшему все рубежные контрольные мероприятия (РКМ) по дисциплине с оценкой не менее 10 баллов. На зачете не допускается проводить опрос студентов по всему материалу учебной дисциплины; отдельные задания или билеты для зачета не составляются. Исключение могут составлять небольшие по объему элективные или специальные учебные дисциплины, по которым в рабочем плане в течение семестра сдача РКМ не планировалась.

10.2 Экзамен в шестом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из трех частей. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть представляет собой тест из 3 вопросов, проверяющих ИОПК-3.1, ИОПК-3.2, ИОПК-6.2. Ответы на вопросы первой части даются путем выбора из списка предложенных.

Вторая часть содержит две задачи, проверяющий ИОПК-6.4, ИПК-1.1, ИПК-5.3. Ответ на вопрос второй части дается в развернутой форме с подробным описанием решения.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Вода как сырье и компонент химического производства.
2. Основные виды стекла и их назначение.
3. Пластмассы, каучуки, химические волокна и полимерные композиционные материалы.
4. Методы защиты металлов и сплавов от коррозии.

Примеры задач:

1. Задача 1. Рассчитайте выход этилового спирта на пропущенный этилен при условии многократной циркуляции этилена, если практический расходный коэффициент этилена 0,65 т на 1 т этилового спирта.

2. Задача 2. Один из методов получения ацетилена — термоокислительный крекинг (пиролиз) метана. Вычислите стандартную теплоту этой реакции при температуре 298 К.

3. Задача 3. Рассчитайте среднюю скорость реакции окисления SO₂ в БОз на первом слое катализатора, если степень превращения SO₂ в SO₃ составляет 0,67. Исходные концентрации в % (по объему): SO₂—10; O₂ —11, N₂—79. Константа скорости $k=2,81 \cdot 10^5$.

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

Оценка «отлично»	знания: - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) умения: - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин навыки: - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - безусловно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и
------------------	--

	<p>практических задач;</p> <ul style="list-style-type: none"> - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий
Оценка «хорошо»	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю) <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;
Оценка «удовлетворительно»	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;
Оценка «неудовлетворительно»	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;

	<p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы;
--	---

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронной образовательной среде LMS «iDO» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Лабораторный практикум по общей химической технологии : учебно-методическое пособие / Том. гос. ун-т ; [сост.: Л. А. Егорова, Л. Н. Мишенина, С. А. Галанов]. - Томск : [б. и.], 2013. - 42 с.: ил. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000462861>

- Закгейм А. Ю. Общая химическая технология. Введение в моделирование химикотехнологических процессов : [учебное пособие по курсам "Общая химическая технология" и "Моделирование химико-технологических процессов" для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Химическая технология и биотехнология" и "Материаловедение"] / А. Ю. Закгейм. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва : Логос, 2009. - 302 с.: ил.- (Новая университетская библиотека)

- Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: [учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей вузов] / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под ред. П. Г. Романкова. - Изд. 10-е, перераб. и доп. - Москва : Альянс, 2013. - 575 с.: рис., табл.

- Общая химическая технология : учебное пособие / Г. М. Давидан, А. Г. Нелин, Л. Н. Олейник, Е. Д. Скутин ; Ом. гос. техн. ун-т. - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010. – 261 с.: рис., табл.

б) дополнительная литература:

- Общий курс процессов и аппаратов химической технологии : [учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и специальностям : в 2 кн. Кн. 1 / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов и др.] ; под ред. В. Г. Айнштейна. - М. : Логос [и др.], 2006. - 887, XXII с.: ил.

- Общий курс процессов и аппаратов химической технологии : [учебник для вузов по химико-технологическим направлениям и специальностям : в 2 кн. Кн. 2 / [В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов и др.] ; под ред. В. Г. Айнштейна. - М. : Логос [и др.], 2006. - с. 891-1757,[1]: ил.- (Новая университетская библиотека)

- Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М. Общая химическая технология - М.: ИКЦ «Академкнига». 2007.

- Игнатенков В.И., Бесков В.С. Примеры и задачи по общей химической технологии. – М.: ИКЦ «Академкнига. 2006.

- Химическая технология неорганических веществ : [Учебное пособие для вузов по специальности "Химическая технология неорганических веществ" направления подготовки дипломированных специалистов "Химическая технология неорганических веществ и материалов" : В 2 кн. Кн. 1 / Т. Г. Ахметов, Р. Т. Порфирьева, Л. Г. Гайсин и др.]; Под ред. Т. Г. Ахметова. - М. : Высшая школа, 2002. - 687, [1] с.: ил.

- Химическая технология неорганических веществ : [Учебное пособие для вузов по специальности "Химическая технология неорганических веществ" направления подготовки дипломированных специалистов "Химическая технология неорганических веществ и материалов" : В 2 кн. . Кн. 2 / Т. Г. Ахметов, Р. Т. Порфирьева, Л. Г. Гайсин и др.]; Под ред. Т. Г. Ахметова. - М. : Высшая школа, 2002. - 532, [4] с.: ил.

- Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : Учебник для вузов: В 2-х кн. Ч. 1.,ч.2. - 2-е изд. - М. : Химия, 1995.

- Павлов К.Ф., Романков П.Г. и др. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии Л.: Химия. 1987г.

в) ресурсы сети Интернет:

– Харлампици Х.Э. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов 2013г.

– Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс: в 2 книгах 2014г.

– Кузнецова И.М., Харлампици Х. Э., Иванов В.Г., Чиркунов Э.В. Общая химическая

технология. Основные концепции проектирования ХТС 2014г

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook).

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

– лабораторные аудитории (№ 219, 6-го учебного корпуса ТГУ).

- лабораторная аудитория (№ 324, 6-го учебного корпуса ТГУ)

- лаборатория органического синтеза (№ 323, 6-го учебного корпуса ТГУ) - лаборатория ТГУ (№ 307, 6-го учебного корпуса ТГУ)

- лаборатория Химической Экологии (№ 306, 6-го учебного корпуса ТГУ). Все лаборатории оснащены вытяжными шкафами, стеклянной и фарфоровой лабораторной посудой, измерительным инструментом (весы, термометры, рН-метры, УФ спектрофотометр и т.д.). Кроме того, в лабораториях имеется нагревательное

оборудование (электроплитки и термостатирующие шкафы), оборудование для 12 фильтрации под вакуумом и роторные испарители, встряхиватели, мешалки с магнитным приводом и другое оборудование.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

15. Информация о разработчиках

Вусович Ольга Владимировна, кандидат химических наук, кафедра управления инновациями, доцент ФИТ ТГУ.