

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 Документ подписан проставлен электронной подписью  
 Информация о владельце: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 ФИО: Крюков Вадим Николаевич высшего образования  
 Должность: Проректор по образовательной деятельности и образовательной политике  
 «Запорожский государственный университет им. Н.М. Федоровского»  
 Дата подписания: 25.06.2026 10:53:30 (ЗГУ)  
 Уникальный программный ключ:  
 1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по ОД и МП  
 \_\_\_\_\_ Крюков В.Н.

## Общие химические технологии

### рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Металлургии, машин и оборудования**  
 Учебный план 22.03.02\_бак\_очн\_ТМ-2026.plx  
 Направление подготовки: **Металлургия**  
**бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180 Виды контроля в семестрах: зачет 3, КП 3  
 в том числе:  
 аудиторные занятия 36  
 самостоятельная работа 144

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)			
Неделя	18			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	18	18	18	18
Практические	18	18	18	18
В том числе инт.	18	18	18	18
В том числе электрон.	36	36	36	36
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	36	36	36	36
Сам. работа	144	144	14	144
Итого	180	180	18	180

Программу составил(и):

*Старший преподаватель Каверзин А.В.* \_\_\_\_\_

Рабочая программа дисциплины

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Протокол от 10.06.2026г. № 11

Срок действия программы: 2026-2030 уч.г.

И.о. зав. кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.

**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_\_\_ 2027 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_\_\_ 2028 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ 2029 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_\_\_ 2029 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой**Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году**

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ 2030 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

Протокол от \_\_\_\_\_ 2030 г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (РП-1)

*(Изменение: цели сделаны конкретными, с акцентом на связь химической технологии с металлургическими переделами)*

**1.1. Цель дисциплины:** Формирование у обучающихся системных представлений о химико-технологических системах (ХТС) как основе металлургических производств, освоение принципов расчета материальных и тепловых балансов, методов подготовки сырья, воды и энергии, а также выбор оптимальных типов химических реакторов для процессов пирометаллургии и гидрометаллургии.

### 1.2. Основные задачи дисциплины:

1. Изучить структуру и компоненты химико-технологических систем, показатели их эффективности (конверсия, селективность, выход продукта).
2. Освоить методы оценки качества и подготовки технологической воды (умягчение, обессоливание), критически важной для гидрометаллургических переделов и систем обратного водоснабжения.
3. Изучить основы химической кинетики и катализа, принципы расчета и выбора типов реакторов (идеального смешения, идеального вытеснения) для реализации металлургических процессов.
4. Научиться проводить расчеты тепловых эффектов и энергетических балансов, оценивать пути рационального использования энергии и сырья в рамках концепции наилучших доступных технологий (НДТ).

---

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП (РП-2)

*(Изменение: логически выверены пререквизиты и постреквизиты)*

**Цикл (раздел) ООП:** Б1.В.ДВ (Вариативная часть)

**2.1. Требования к предварительной подготовке обучающегося:** Студент должен владеть знаниями, полученными при изучении дисциплин: «Введение в профиль», «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Аналитическая химия», «Специальная химия».

**2.2. Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:**

1. Обогащение руд цветных металлов
2. Металлургия тяжелых цветных металлов
3. Металлургия легких металлов
4. Металлургия редких металлов
5. Переработка техногенных ресурсов
6. Производственная (технологическая) практика
7. Подготовка и защита выпускной квалификационной работы (ВКР)

---

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

**ПК-3.1:** Применяет знания о термодинамических и кинетических факторах, влияющих на протекание металлургического процесса.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**3.1. Знать:** закономерности протекания механических, гидромеханических, теплообменных и массообменных процессов; классификацию и показатели эффективности ХТС; методы подготовки воды, воздуха и сырья; основы химической кинетики и типы промышленных реакторов.

**3.2. Уметь:** рассчитывать материальные и тепловые балансы технологических процессов; определять показатели обогащения руд; выбирать методы водоочистки и водоподготовки в зависимости от требований производства; анализировать кинетические кривые и выбирать оптимальный тип реактора.

**3.3. Владеть:** методами расчета расходных коэффициентов, выхода по целевому продукту и селективности; навыками работы с нормативно-технической документацией по энерго- и ресурсосбережению; инструментами моделирования ХТС в среде MS Excel / MathCAD.

---

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

*(Изменение: темы логически объединены в три смысловых модуля)*

#### Раздел 1. Основы химической технологии и ХТС

- Тема 1.1.** Химическое производство как химико-технологическая система (ХТС). Структура, компоненты, классификация процессов (механические, гидромеханические, теплообменные, массообменные, химические).
- Тема 1.2.** Критерии эффективности ХТС. Степень превращения, выход продукта, селективность, расходные коэффициенты. Технические, экономические и экологические показатели производства.
- Тема 1.3.** Сырье для химического и металлургического производства. Принципы наилучшего использования сырья. Обогащение минерального сырья (гравитация, флотация, магнитная сепарация).

#### Раздел 2. Вода, воздух и энергия в химических технологиях

- Тема 2.1.** Вода и водоподготовка. Показатели качества воды. Методы умягчения (термический, реагентный, ионообменный) и обессоливания. Очистка сточных вод и схемы оборотного водоснабжения.
- Тема 2.2.** Воздух и его использование в металлургии. Расчет состава газоздушных смесей. Пиро-, авто- и кислородное дутье.
- Тема 2.3.** Энергия в химической технологии. Тепловые эффекты реакций. Рациональное использование энергии, утилизация вторичных энергоресурсов (ВЭР) в металлургических комплексах.

#### Раздел 3. Химическая кинетика и реакторы

- Тема 3.1.** Основы химической кинетики. Порядок и молекулярность реакции. Энергия активации. Влияние температуры (правило Вант-Гоффа, уравнение Аррениуса).

2. **Тема 3.2.** Катализ в химических технологиях. Гомогенный и гетерогенный катализ. Механизм каталитических процессов.
  3. **Тема 3.3.** Промышленные химические реакторы. Классификация. Реакторы идеального смешения (РИС) и идеального вытеснения (РИВ). Выбор типа реактора в зависимости от кинетики процесса.
- 

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ФОС)

*(Изменение: полностью убраны таблицы. Добавлены современные форматы контроля, проверяющие инженерное мышление)*

### 5.1. Тестовые задания для текущего контроля (примеры)

1. **Вопрос 1:** Какой показатель характеризует отношение количества прореагировавшего вещества к его начальному количеству? а) Селективность; б) Степень превращения (конверсия); в) Выход продукта. *(Правильный ответ: б)*
2. **Вопрос 2:** Какой метод применяется для устранения постоянной (некарбонатной) жесткости воды? а) Кипячение; б) Добавление соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ); в) Фильтрация через активированный уголь. *(Правильный ответ: б)*

### 5.2. Задания на установление соответствия

1. **Задание:** Установите соответствие между типом процесса и его целью в металлургической технологии:
  - а. Флотация → А) Разделение минеральных частиц на основе разницы в смачиваемости их поверхностей.
  - б. Ионообменное умягчение → Б) Удаление ионов кальция и магния из воды с использованием катионитов.
  - с. Реактор идеального вытеснения (РИВ) → В) Аппарат, в котором поток жидкости движется поршнеобразно без перемешивания по длине (например, трубчатые печи).
  - д. Реактор идеального смешения (РИС) → Г) Аппарат, в котором концентрация компонентов мгновенно выравнивается по всему объему (например, механически перемешиваемые чаны).

### 5.3. Открытые вопросы для устного опроса и рубежного контроля

1. Объясните разницу между теоретическим и практическим расходными коэффициентами. Почему практический коэффициент всегда выше теоретического?
2. Опишите механизм ионообменного умягчения воды. Как происходит регенерация катионита?
3. В чем заключается принципиальное отличие реактора идеального вытеснения от реактора идеального смешения? Для каких типов реакций (по порядку) предпочтительнее РИВ?
4. Как энергия активации влияет на зависимость скорости реакции от температуры? Почему в пирометаллургических процессах (например, обжиге) строгий контроль температуры является критическим?

### 5.4. Ситуационные задачи (кейсы) для промежуточной аттестации

1. **Кейс 1 (Водоподготовка).** На гидromеталлургический завод по производству оксидов редких металлов поступает вода из поверхностного источника с общей жесткостью 8 мг-экв/л, из которых 3 мг-экв/л приходится на карбонатную жесткость. Предложите оптимальную двухступенчатую схему водоподготовки для получения обессоленной воды. Обоснуйте выбор реагентов для первой ступени и тип ионообменных смол для второй.
2. **Кейс 2 (Кинетика и реакторы).** Процесс выщелачивания алюминия из бокситов по процессу Байера идет в автоклавах при повышенном давлении и температуре. Исходя из кинетики процесса (гетерогенная система «твердое тело – жидкость»), объясните, почему автоклав необходимо оснащать мощной механической мешалкой и как это влияет на скорость диффузии реагента к поверхности частиц.

### 5.5. Критерии оценивания

1. **«Отлично»:** Студент свободно оперирует понятиями ХТС, умеет рассчитывать материальные балансы и жесткость воды, обоснованно выбирает тип реактора и метод водоочистки, успешно решает производственные кейсы.
2. **«Хорошо»:** Студент понимает основы химической технологии, допускает незначительные неточности в расчетах кинетических параметров или выборе конкретного реагента, но верно определяет общую суть процесса.
3. **«Удовлетворительно»:** Студент знает базовые определения (конверсия, жесткость, типы реакторов), может решить простейшую задачу с использованием подсказок, но слабо понимает физико-химическую суть массообменных процессов.
4. **«Неудовлетворительно»:** Студент не различает типы химических реакторов, не знает методов водоподготовки, не может рассчитать базовые показатели эффективности ХТС.

---

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

*(Изменение: литература структурирована, ПО и оборудование критически обновлены до стандартов 2026 года)*

### 6.1. Рекомендуемая литература 6.1.1. Основная литература:

1. Кондауров Б.П., Александров В.И., Артемов А.В. Общая химическая технология: учеб. пособие для вузов. – М.: Академия, 2018 (и более поздние переиздания).
2. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология: учебник для вузов. – М.: Академкнига, 2020.
3. Физико-химические основы металлургического производства: метод. указания / сост. О.В. Носова [и др.]. – Норильск: ЗГУ, 2021.

### 6.1.2. Дополнительная литература:

1. Мухленов И.П., Горштейн А.Е. Основы химической технологии: учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2015.
2. Худяков И.Ф., Кляйн С.Э., Агеев Н.Г. Металлургия меди, никеля, сопутствующих элементов: учебник для вузов. – М.: Metallургия, 2012.

### 6.2. Перечень ресурсов сети «Интернет»

1. Э1. Электронный каталог ЗГУ – <http://biblio.norvuz.ru>
2. Э2. Электронно-библиотечная система IPRbooks – <https://www.iprbookshop.ru>
3. Э3. Электронно-библиотечная система «Лань» – <https://e.lanbook.com>
4. Э4. Научная электронная библиотека eLibrary.ru – <https://www.elibrary.ru>

### **6.3. Программное обеспечение** *(Критически обновлено!)*

1. ПО1. Операционная система MS Windows 10/11 Professional или Astra Linux Special Edition.
2. ПО2. MS Office Professional Plus 2019/2021 (Excel для инженерных расчетов, PowerPoint для презентаций).
3. ПО3. Системы автоматизированных инженерных расчетов (MathCAD или Python с библиотеками SciPy/NumPy для моделирования кинетики и материальных балансов).
4. ПО4. Программы для чтения PDF-документов (ABBYY FineReader 15 или Adobe Acrobat Reader DC).

---

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

*(Изменение: полностью заменено устаревшее "железо" 2010 года на современные стандарты)*

1. **Ауд. 232 (Лекционная):** Учебная аудитория, оснащенная мультимедийным проектором, интерактивной панелью и современной акустической системой для демонстрации 3D-моделей реакторов и технологических схем.
2. **Ауд. 125 (Семинарская):** Компьютерный класс, оснащенный современными рабочими станциями (не ниже Intel Core i3 / AMD Ryzen 3, 8 ГБ ОЗУ, SSD 256 ГБ, мониторы 21.5"), подключенными к локальной сети и интернету, для выполнения инженерных расчетов и моделирования ХТС.
3. **Ауд. 238 (Лабораторная/Практическая):** Специализированная аудитория, оснащенная учебными стендами для демонстрации процессов массо- и теплообмена, лабораторными установками для определения жесткости воды и анализа газовых смесей.

---

## **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ (МУ)**

*(Изменение: вместо шаблонного текста даны конкретные профессиональные рекомендации)*

**Общие рекомендации:** «Общие химические технологии» — это фундамент, на котором строятся все последующие металлургические дисциплины. Не пытайтесь просто заучить формулы. Ваша главная задача — научиться видеть за любым переделом **материальный и тепловой баланс**, а также понимать, *почему* процесс идет именно в таком аппарате (реакторе). Всегда задавайте вопросы: откуда берется энергия? куда уходит тепло? как очистить воду, чтобы она не забила трубопроводы накипью?

**Рекомендации по работе с технологическими схемами:**

1. При изучении ХТС всегда рисуйте блок-схемы: Сырье → Подготовка → Реактор → Разделение продуктов → Очистка стоков.

2. Особое внимание уделите разделу «Водоподготовка». В гидрометаллургии (выщелачивание, экстракция) качество воды напрямую влияет на себестоимость и чистоту продукта. Вы должны наизусть знать, как убрать карбонатную и некарбонатную жесткость.

#### **Рекомендации по выполнению расчетных заданий:**

1. Расчеты материальных балансов и жесткости воды всегда начинайте с перевода единиц измерения в систему СИ или в удобные массовые/молярные доли.
2. При решении задач по кинетике используйте логарифмические координаты для определения энергии активации — это наглядно и минимизирует арифметические ошибки.
3. Все расчеты оформляйте в MS Excel, используя формулы. Это позволит вам легко варьировать исходные данные (например, температуру или концентрацию) и смотреть, как изменится выход продукта.

#### **Подготовка к промежуточной аттестации (Зачет):**

1. **За 3 недели:** Повторите основы физической химии (термодинамика, химическое равновесие) и аналитической химии (комплексометрическое титрование для определения жесткости).
2. **За 2 недели:** Разберите ситуационные кейсы из ФОС, научитесь выбирать тип реактора и метод очистки воды.
3. **За 1 неделю:** Решите типовые задачи по расчету материального баланса и конверсии, повторите классификацию реакторов.

---

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

*(Изменение: добавлен полноценный блок приложений)*

**Приложение А.** Полный комплект Фонда оценочных средств (тестовые базы, карты оценивания кейсов, критерии защиты расчетных заданий) – размещен в ЭИОС ЗГУ.

**Приложение Б.** Методические указания по выполнению расчетно-графической работы (РГР) «Расчет материального баланса и выбор типа реактора для заданного металлургического процесса» с пошаговым алгоритмом и примером оформления в MS Excel.

**Приложение В.** Справочные таблицы: «Жесткость природных вод и методы ее устранения», «Теплоты образования основных металлургических соединений», «Классификация промышленных реакторов».

**Приложение Г.** Глоссарий основных терминов дисциплины (ХТС, конверсия, селективность, реактор идеального вытеснения, карбонатная жесткость, катионит, энергия активации, гетерогенный катализ и др.).