

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

на направление подготовки магистратуры

18.04.01 Химическая технология

по образовательным программам

**«Химическая технология природных энергоносителей и углеродных
материалов»**

«Химическая технология неорганических веществ»

«Химическая технология органических веществ»

**Санкт-Петербург
2021**

Основные положения программы

Программа вступительного испытания утверждена на заседании кафедры химических технологий и переработки энергоносителей (протокол от 05.10.2021 г. № 2).

I. Содержание, структура и форма проведения вступительного испытания

Вступительное испытание при приеме на обучение по направлению подготовки магистратуры 18.04.01 Химическая технология проводится с применением дистанционных технологий и включает в себя 100 (сто) тестовых вопросов, требующих выбора правильного ответа (1 правильный ответ – 1 балл, максимальное количество баллов – 100). Распределение экзаменационных вопросов, входящих в экзаменационный билет, осуществляется случайным образом в соответствии с разделами, указанными в Программе. Продолжительность вступительного испытания 1 час 15 минут (75 минут).

Вступительные испытания в Горный университет проводятся в строгом соответствии с Регламентом проведения вступительных испытаний с применением дистанционных технологий, расписанием консультаций и вступительных испытаний, Порядком подачи и рассмотрения апелляций. Ведомости с результатами вступительных испытаний публикуются на официальном сайте Университета.

II. Разделы дисциплины и темы, рассматриваемые в ходе вступительного испытания

Раздел 1. Техническая термодинамика и теплопередача

Первый закон термодинамики. Энтальпия и внутренняя энергия. Теплота химических реакций. Закон Гесса. Методы расчета энтальпии неорганических веществ индивидуальных соединений (по энергиям связи, правило Капустинского, метод химического подобия М.Х.Карапetyнца и др.) и тепловых эффектов химических реакций.

Теплоемкости (C_p , C_v) твердых тел, жидкостей, газов и способы их расчета на основе теоретических представлений (квантово-статистический метод) и по эмпирическим формулам.

Закон Кирхгофа. Влияние температуры на тепловой эффект реакции. Процессы горения. Теоретическая температура горения. Методика составления тепловых балансов химических реакций в технологии неорганических веществ в изотермических и адиабатических условиях.

Второй и третий законы термодинамики. Сущность энтропии. Способы расчета энтропии индивидуальных веществ, расчет абсолютного значения энтропии, стандартная энтропия. Энтропия парообразования и плавления. Эмпирические уравнения для расчета энтропии неорганических веществ, жидкостей и газов. Основы квантово-статистического расчета энтропии газов.

Термодинамические потенциалы. Зависимость термодинамических потенциалов от различных технологических параметров процесса. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Стандартная энергия Гиббса. Методы расчета изменения энергии Гиббса для индивидуальных веществ и химических реакций.

Тепловые процессы. Процессы теплообмена. Способы нагрева и охлаждения. Выбор теплоносителя или охлаждающего агента. Типовые группы теплообменных устройств: нагрев паром, жидкостями, газами и электрическим током. Охлаждающие агенты. Выбор теплообменных аппаратов. Классификация теплообменных аппаратов по способу передачи тепла. Поверхностные теплообменники (оросительные, погруженные, «труба в трубе», кожухотрубные и др.). Теплообменники смешения, основные конструкции и устройство. Регенеративные теплообменные аппараты. Сравнение теплообменных аппаратов. Принцип расчета поверхностных теплообменников. Нахождение средней поверхности для цилиндрической стенки. Уравнение теплопередачи Ньютона-Фурье для плоской и цилиндрической стенки. Нахождение коэффициента теплопередачи. Значение критериев подобия при передаче тепла конвекцией. Определение значения коэффициента теплоотдачи. Принцип расчета и выбора теплообменных аппаратов. Процессы выпаривания. Аппаратура для выпаривания. Выпаривание при различных давлениях. Факторы, влияющие на производительность и интенсивность работы выпарных

аппаратов. Устройство выпарных аппаратов. Аппараты со свободной циркуляцией (змеевиковые, рубашечного типа и с горизонтальными трубами).

Раздел 2. Гидродинамика

Гидростатическое давление. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основные понятия гидростатики. Закон Паскаля. Скорость протекания и расход жидкости. Вязкость. Режим движения жидкости. Установившийся и неустановившийся поток.

Гидродинамические процессы. Уравнение равновесия жидкостей. Основные факторы и уравнения движения жидкостей. Истечение жидкостей. Основы теории подобия и методы анализа размерности. Скорость и расход при ламинарном движении жидкости в трубах. Гидродинамическое подобие. Гидродинамика зернистых материалов. Сопротивление в трубопроводах. Выбор диаметра трубопровода. Измерение скорости и расхода жидкости в трубопроводах. Фильтрация. Скорость фильтрации.

Перемещение жидкостей. Насосы простого действия. Насосы двойного действия. Производительность. Объемный к.п.д. Высота всасывания. Мощность и коэффициент полезного действия. Сравнительная оценка центробежных и поршневых насосов.

Раздел 3. Процессы органического и нефтехимического синтеза

Общая формула, гомологический ряд. Изомерия. Первичный, вторичный, третичный атомы углерода. Номенклатура. Алкильные радикалы, их названия.

Физические свойства. Валентные углы. Характеристика связей С-С и С-Н, sp^3 -состояние атома углерода. Конформация алканов. Способы изображения (перспективные формулы, клиновидные проекции, формулы Ньюмена), относительная устойчивость конформеров. Закономерности изменения температур кипения плавления, плотности. Растворимость.

Химические свойства. Общая характеристика. Термические превращения. Понятие о цепных реакциях. Окисление. Механизм реакций окисления кислородом (воздухом), продукты окисления. Галогенирование

алканов: свободно-радикальный механизм замещения (SR). Связь между строением алкана и реакционной способностью. Строение и относительная устойчивость углеводородных свободных радикалов. Нитрование алканов: парофазное и жидкофазное (по М.И. Коновалову). Механизм реакции нитрования.

Природные источники алканов. Природный и попутный газы, нефть. Применение. Использование алканов в органическом синтезе. Алканы в качестве топлива.

Технологическое оформление процессов органического синтеза. Характеристика отрасли органического синтеза, особенности и направления развития. Важнейшие продукты органического синтеза, их характеристика и области применения. Технология органических веществ. Показатели качества технологических процессов. Назначение и технологическое оформление стадии подготовки исходных веществ. Необходимость и способы очистки реагентов от примесей, варианты аппаратного оформления узлов очистки. Узел подогрева исходных веществ.

Аппаратурное оформление реакционной стадии основных процессов органического синтеза. Назначение и технологическое оформление стадии разделения и переработки продуктов реакции. Показатели качества технологических процессов. Конверсия. Селективность. Выход продукта.

Синтез из оксида углерода (II) и водорода. Оксид углерода и синтез-газ, их свойства. Лабораторные синтезы из галогеналканов (восстановление и синтез Вюрца), из карбоновых кислот (декарбоксилирование и электрохимический синтез Кольбе), гидрирование алкенов.

Получение синтез-газа газификацией угля. Химия и технология каталитической конверсии углеводородов и термической газификации топлива. Технология очистки синтез-газа и выделения чистого оксида углерода.

Арены, их свойства и источники. Производство аренов. Ацетилен и его свойства. Методы получения ацетилена. Особенности технологии выделения и очистки ацетилена.

Физико-химические основы и классификация методов подготовки и разделения углеводородного сырья. Подготовка нефти к переработке. Стабилизация нефти. Обезвоживание и обессоливание нефти. Теоретические основы процесса. Конструкция и принцип работы электродегидраторов. Технологическая схема ЭЛОУ. Методы физического разделения газообразного и твердого сырья.

Перегонка и ректификация. Азеотропная и экстрактивная ректификация, абсорбция и экстракция. Кристаллизация и экстрактивная кристаллизация. Термическая диффузия, диффузия через мембраны. Понятие о дисперсных системах, определение. Классификация дисперсных систем.

Физико-химические основы нефтехимических процессов. Описание основных нефтехимических процессов. Физико-химические основы, условия проведения, схема цепи аппаратов, выбор реагентов. Основные направления и схемы переработки нефти. Пути повышения глубины переработки нефти и улучшения качества товарной продукции. Современные тенденции в развитии НПЗ. Экологические проблемы нефтепереработки.

Процессы вторичной химической переработки нефти. Классификация. Назначение. Краткая характеристика. Термический крекинг нефтяного сырья. Назначение. Промышленные установки термокрекинга. Основные разновидности. Свойства продуктов. Режим и основные факторы процесса.

Висбрекинг. Назначение. Сырье. Свойства продуктов. Промышленные установки висбрекинга. Режим и основные факторы процесса.

Коксование нефтяного сырья. Назначение. Сырье. Продукты. Режим и основные факторы процесса. Принципиальные технологические схемы процессов коксования. Сравнительная характеристика процессов коксования (в кубе, замедленное коксование, термоконтактное коксование).

Теоретические основы каталитических процессов. Классификация. Каталитическая изомеризация. Назначение. Сырье и качество продуктов процесса. Катализаторы. Технологическое оформление. Основные факторы процесса и перспективы развития.

Процесс каталитического крекинга. Назначение. Сырье и продукты процесса. Химизм и механизм процесса каталитического крекинга. Катализаторы крекинга. Технологическое оформление. Основные факторы процесса и перспективы развития.

Процесс каталитического риформинга. Назначение. Режим. Катализаторы. Виды технологических схем. Сырье и продукты процесса. Современные тенденции развития процесса каталитического риформинга. Основные факторы процесса и перспективы развития.

Гидрогенизационные процессы. Классификация реакций гидрирования и дегидрирования. Физико-химические основы процессов гидрирования и дегидрирования. Термодинамика процесса. Влияние температуры, давления. Кинетика и механизм реакций. Характеристика катализаторов. Селективность реакций гидрирования и дегидрирования. Перспективы развития гидрогенизационных процессов.

Гидроочистка. Гидрокрекинг. Назначение. Классификация. Качество сырья и продуктов. Основные факторы процессов. Технологическое оформление. Требования к катализаторам.

Основные свойства и состав природных энергоносителей. Химический состав твердого и жидкого топлива. Химический состав газообразного топлива. Отношение топлива к нагреванию. Теплотворность или теплота сгорания. Калориметрическая температура горения топлива.

Твердое топливо. Торф. Бурый уголь. Каменный уголь. Антрацит. Горючие сланцы. Древесный уголь. Кокс. Угольная пыль.

Жидкое топливо. Нефть. Углеводородный состав нефти. Определение фракционного состава нефти. Химическая классификация нефти. Алканы нефти. Строение, распределение по фракциям нефти. Методы выделения н-алканов. Влияние высокомолекулярных алканов на низкотемпературные свойства нефти. Влияние скорости охлаждения на характер кристаллизации парафина. Циклоалканы нефти. Строение, распределение по фракциям. Арены в нефти, их строение, распределение по фракциям. Методы выделения и

идентификации аренов. Основные группы гетероатомных соединений в составе нефти. Влияние на качество гетероатомных соединений. Основные показатели, характеризующие физико-химические свойства нефти. Взаимосвязь физико-химических свойств нефти с их химическим составом. Серосодержащие компоненты нефти.

Мазуты. Искусственное жидкое топливо. Показатели оценки качества топлив. Зависимость данных показателей от углеводородного состава топливных фракций. Синтетическое жидкое топливо.

Газообразное топливо. Естественный природный газ. Коксовый газ. Полукоксовый светильный газ. Нефтяной газ. Крекинг – газ. Генераторный газ. Интенсивность газификации. Смешанный генераторный газ. Доменный и колошниковый газы. Термодинамика основных реакций горения и газификации. Кинетика реакций горения.

Раздел 4. Общая химическая технология

Диффузионные процессы. Гомогенные системы. Фазовое равновесие. Закон Генри. Закон Рауля. Законы диффузии. Молекулярная диффузия. Конвективная диффузия. Движущая сила и скорость диффузионных процессов. Основные уравнения массопередачи. Подобие диффузионных процессов. Уравнение массопередачи для насадочных диффузионных аппаратов. Коэффициенты массопередачи. Фазовое равновесие жидких смесей.

Расчет химического равновесия в сложных технологических системах неорганических производств. Константы химического равновесия. Способы выражения констант равновесия. Методы расчета констант химического равновесия для газовых и гетерогенных реакций. Факторы, влияющие на состояние равновесия: температура, давление, исходные соотношения между реагентами. Реальные степени приближения к равновесию.

Вывод изотермы химической реакции. Связь между константой равновесия и изменением свободной энергии Гиббса химических процессов. Расчет равновесного состава продуктов химического процесса. Равновесная степень превращения и ее зависимость от типа реакций.

Термодинамический расчет химического равновесия в неидеальных газовых системах. Летучесть, коэффициент летучести, методы расчета летучести. Принцип соответственного состояния. Коэффициент сжимаемости. Расчет летучести через коэффициент сжимаемости. Расчет состава равновесной неидеальной системы.

Понятие о химическом производстве. Химическое производство, как функциональная единица экономики и ее химических отраслей. Общая технологическая структура химического производства. Хранение сырья и продукции, транспорт, системы контроля и безопасности.

Основные операции в химическом производстве (подготовка сырья, химическое превращение, выделение продуктов, обезвреживание и утилизация отходов, тепло- и энергообеспечение, водоподготовка, система управления).

Основные технологические компоненты (сырье, вспомогательные материалы, основные и дополнительные продукты, отходы производства, энергоресурсы, оборудование и приборы).

Сырьевые источники химического производства. Характеристика и классификация сырья и вспомогательных материалов по происхождению, агрегатному состоянию, химической природе. Возобновляемые и невозобновляемые источники сырья.

Отходы производства, как источник вторичных материальных ресурсов. Перспективные и альтернативные источники сырья. Подготовка сырья в химико-технологическом процессе (сортировка, измельчение, смешение, агломерация, концентрирование, очистка).

Технология окускования углеводородного сырья. Общие сведения. Подготовка шихты. Краткие теоретические основы процессов окускования. Технология получения окатышей. Технология получения брикетов.

Вода и воздух, как сырье и вспомогательный компонент химического производства. Источники воды. Требования к качеству воды. Промышленная

водоподготовка. Комплексное использование сырья и комбинирование предприятий.

Энергия в химическом производстве. Потребление энергии и энергоснабжение в химическом производстве. Общая характеристика и классификация энергетических ресурсов в химической технологии. Источники энергии в химическом производстве. Перспективные и альтернативные источники энергии.

Рациональное использование энергии. Способы энерготехнологического комбинирования в химической технологии и использование энергетического потенциала сырья, теплоты экзотермических реакций.

Вторичные энергоресурсы, их классификация, основные направления утилизации (получение пара, преобразование в механическую, электрическую и тепловую энергию, рекуперация теплоты, теплоснабжение, трансформация в холод и т.д.).

Общие закономерности химических процессов. Равновесие в технологических процессах. Термодинамические параметры технологических процессов. Кинетические параметры процесса. Физико-химическое описание простых, сложных, многомаршрутных реакций. Основы гомогенного и гетерогенного катализа. Влияние катализатора на кинетику и равновесие реакции. Выбор оптимальных условий проведения каталитического процесса.

Химические реакторы. Процессы в химическом реакторе. Режимы идеального смешения. Режимы идеального вытеснения. Изотермический процесс в химическом реакторе. Неизотермический процесс в химическом реакторе. Классификация. Адиабатические и изотермические реакторы. Смешанные реакторы.

Промышленные химические реакторы. Общие сведения о расчете химических реакторов. Оптимизация химических процессов и реакторов. Конструктивные элементы химических реакторов. Схемы и конструкции промышленных химических реакторов. Принципы расчета химических реакторов.

Особенности расчета каталитических реакторов. Составление ориентировочной таблицы распределения выходов и температур по полкам. Вычисление констант равновесия, определение равновесного выхода и построение равновесной кривой. Расчет оптимальных температур для каждой стадии процесса. Составление материального баланса для реактора в целом и по стадиям катализа. Определение объема газа и его компонентов на входе в реактор, на выходе и на каждой стадии процесса. Определение гидродинамических параметров работы реактора. Определение объема загружаемого катализатора по стадиям процесса (полкам) и по всему реактору. Определение основных размеров реактора – площади сечения внутреннего диаметра, высоты неподвижного слоя по данным материального баланса, по найденным значениям рабочих скоростей газа, объема катализатора, оптимальных температур. Определение гидравлического сопротивления слоев катализатора и реактора. Составление теплового баланса по полкам реактора.

Теоретические основы термических процессов. Термодинамика, кинетика и механизм процесса. Термические превращения углеводородов в газовой фазе. Особенности термических реакций в жидкой фазе. Очередность выбора технологических параметров. Устойчивость технологического процесса. Расчет теплового баланса технологического процесса. Определение минимальной температуры потока реагентов на входе в реактор. Выбор оптимальной температуры ведения процесса. Способы утилизации тепловой энергии в технологической схеме аппаратов. Теория термодеструктивных превращений в твердой фазе при получении углеродных материалов.

Термокаталитические процессы переработки. Теоретические основы процессов окисления углеводородов молекулярным кислородом. Механизм гомогенного окисления. Особенности механизма гомогенного окисления в паровой и жидкой фазах. Гетерогенный катализ. Термодинамика и кинетика термоокислительных процессов в жидкой и твердой фазах. Теоретические основы термокаталитических процессов переработки нефти. Классификация. Особенности термокаталитических процессов.

Каталитические превращения природных энергоносителей на поверхности твердых катализаторов. Термодинамика процесса, кинетика и механизм. Адсорбция как необходимая стадия каталитических процессов. Области протекания гетерогенных газофазных каталитических реакций. Общие сведения о катализе и катализаторах. Принцип подбора и оценки эффективности катализаторов.

Раздел 5. Химическая технология неорганических веществ

Производство синтетического аммиака. Физико-химические основы процесса синтеза. Выбор и обоснование оптимальных условий синтеза; катализаторы синтеза аммиака. Энерготехнологические и ресурсосберегающие схемы производства аммиака, особенности их эксплуатации. Колонны синтеза, оптимальный температурный режим в зоне катализа, особенности конструкций.

Получение азотной кислоты. Разбавленная азотная кислота. Физико-химические основы производства азотной кислоты. Катализаторы окисления аммиака. Современные крупнотоннажные производства, концентрированная азотная кислота. Физико-химические основы производства концентрированной азотной кислоты.

Технология серной кислоты. Значение серной кислоты в народном хозяйстве. Сырье для получения серной кислоты. Производство сернистого газа. Очистка и осушка газа, поступающего в контактное отделение. Физико-химические основы контактного окисления диоксида серы, катализаторы для окисления. Промышленные схемы контактного узла. Абсорбция серного ангидрида. Промышленные схемы производства серной кислоты. Экологические проблемы – способы очистки отходящих газов.

Раздел 6. Контроль и анализ технологических процессов

Общие сведения об измерениях физических величин. Точность измерений. Погрешность измерений. Средства измерений. Метрологические характеристики средств измерений.

Измерение температуры. Общие сведения об измерениях температуры. Термометры расширения. Манометрические термометры. Термопреобразователи сопротивления. Термоэлектрические преобразователи. Пирометры. Тепловизоры.

Измерение давления. Общие сведения об измерении давления. Жидкостные манометры. Деформационные манометры. Электрические манометры.

Измерение количества и расхода жидкостей и газов. Общие сведения об измерении количества и расхода веществ. Скоростные счетчики. Объемные счетчики. Барабанные счетчики. Ротационные счетчики. Расходомеры переменного перепада давления. Расходомеры постоянного перепада давления. Электромагнитные расходомеры. Электромагнитные расходомеры. Расходомеры Кориолиса.

Измерение состава и свойств веществ. Общие сведения о влажности воздуха и материалов. Измерение влажности воздуха. Измерение влажности материалов. Определение состава газов. Объемные химические газоанализаторы. Термокондуктометрические газоанализаторы. Термокондуктометрические газоанализаторы. Электрические газоанализаторы. Хроматографические газоанализаторы. Масс-спектрометрические газоанализаторы.

III. Методические указания по подготовке и выполнению вступительного испытания

Основной целью вступительного экзамена по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» является выявление следующих компетенций:

— **знание** основных уравнений движения жидкостей; методов расчета тепло- и массообменной аппаратуры; основ теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; основных методов идентификации математических описаний технологических процессов на

основе экспериментальных данных; основных химических производств; основных реакционных процессов и реакторов химической и нефтехимической технологии; состава, физических, физико-химических свойств природных энергоносителей; технологических процессов переработки; способов выделения основных и побочных продуктов процесса; технологии и общих принципов осуществления наиболее распространенных химических процессов переработки природных энергоносителей и получения углеродных материалов; структуры и методов описания химико-технологических систем;

— **понимание** основ теории теплопередачи; основных методов построения эмпирических и физико-химических моделей химико-технологических процессов; принципов физического моделирования химико-технологических процессов; основных принципов организации химического производства, методов оценки эффективности производства; общих закономерностей химических процессов; основ теории процесса в химическом реакторе; сущности химико-технологической схемы и ее связи с основными уравнениями термодинамики;

— **умение** определять характер движения жидкостей и газов; определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; применять методы математической статистики для решения конкретных задач расчета, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии; рассчитывать основные характеристики химического процесса; выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую эффективность производства; произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные приборы для диагностики химико-технологического процесса;

— **владение** методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления или объема; методами анализа эффективности работы химических производств; методами расчета и анализа процессов в химических реакторах; методами выбора химических реакторов; методами управления и регулирования химико-технологическими процессами.

IV. Рекомендованный библиографический список

Основная литература

1. Алексеев А.А. Термодинамический анализ химических реакций в технологии неорганических веществ: учеб.пособие /А. А. Алексеев, А.И. Алексеев – СПб: Изд-во СЗТУ, 2011.-139 с.
2. Анчита Х. Переработка тяжёлой нефти. Реакторы и моделирование процессов. М.: Профессия, 2015 г.
3. Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа. СПб.: «Недра», 2013 г.
4. Ахметов С.А. Технологические расчёты реакционных аппаратов нефтегазопереработки. Уфа: Нефтегазовое дело, 2013 г.
5. Ахметов А.Ф., Кондрашева Н.К., Герасимова Е.В. Основы нефтепереработки. Учебное пособие. Уфа, 2011 г.
6. Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Кауфман А.А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых. М.: «Недра», 2009 г.
7. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2009 г.
8. Задегбейджи Р. Каталитический крекинг в псевдооживленном слое катализатора. Справочник по эксплуатации, проектированию и оптимизации установок ККФ. М.: Профессия, 2014 г.
9. Гордеев, Б.А. Метрология. Основные понятия и погрешности измерений / Б.А. Гордеев, Т.Н. Прахова. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2007. – 70 с.
10. Иванов, Г.М. Теплотехнические измерения и приборы / Г.М. Иванов, Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. – М.: МЭИ, 2007. – 460 с.
11. Капустин В.М. Технология переработки нефти. В 4-х частях. М.: КолосС, 2012 г.
12. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс, 2009 г.
13. Магарил Р.З., Магарил Е.Р. Теоретические основы химико-технологических процессов. М.: ИД КДУ, 2015 г.
14. Москвичев Ю.А. Теоретические основы химической технологии, И.Ц. «Академия», 2010 – 466 с.

15. Потехин В.М., Потехин В.В. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки. СПб.: Лань, 2014 г.

16. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Методы расчёта процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010 г.

Дополнительная литература

1. Альперт Л.З. Основы проектирования химических установок. – М.: Высшая школа, 1982, 208 с.

2. Ахметов С.А. Лекции по технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива. СПб.: «Недра», 2007 г.

3. Ахметов С.А., Баязитов М.И., Сериков Т.П., Кузеев И.Р. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа. М.: «Недра», 2006 г.

4. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти. М.: Логос, 2003, 455 с.

5. Беспалов А. В., Галеев Э. М., Тихомиров В. М., Алексеев В. М., Харитонов Н. И. Системы управления химико-технологическими процессами: Учебник для вузов. Изд-во: Физматлит, издательско-книготорговый центр «Академкнига», 2007, 690 с.

6. Грей Форест. Добыча нефти. М.: Бизнес – Олимп, 2000, 244 с.

7. Калищун В.И. и др. Основы гидравлики и аэродинамики: 2-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 2002, 296 с.

8. Калекин В.С., Михайлец С.Н. Гидравлика и теплотехника: Учебное пособие. Изд-во: ОмГТУ, 2007, 34с.

9. Ламб Г. Гидродинамика. Том I. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003, 452 с.

10. Ламб Г. Гидродинамика. Том II. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003, 482 с.

11. Магарил Р.З., Магарил Е.Р. Моторные топлива. М.: ИД КДУ, 2008 г.

12. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн./ В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. М.: Логос; Высшая школа. 2003. Кн. 1. 912 с.: ил.

13. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн./В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. М.: Логос; Высшая школа. 2003. Кн. 2. 872 с.: ил.

14. Расчеты химико-технологических процессов / Под ред. И.П. Мухленова. – Л.: Химия, 1982, 248 с.

15. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. М.: Недра, 2000 г.

16. Скрипченко Г.Б., Никифоров Д.В. // Химия твердого топлива. 2000. № 3. Еремин И.В., Броновец Т.М. Марочный состав углей и их рациональное использование.

17. Смирнов Н.Н., Волжинский А.И., Плесовских В.А. Химические реакторы в примерах и задачах: Учебное пособие для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб: Химия, 1994, –280 с.

18. Телегин А.С., Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. Тепломассоперенос: Учебник для вузов: 2-е изд., перераб. и доп. / Под редакцией Ю.Г. Ярошенко. М.: ИКЦ «Академкнига», 2002, 455 с.

19. Теоретические основы технологии неорганических веществ: Учебно-методический комплекс /Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост. А.И., Алексеев, О.В. Кулинич- СПб., 2013. 153 с.

20. Химико-технологические системы / Под ред. И.П. Мухленова. М.: Химия, 1986, 423 с.

21. Химическая технология неорганических веществ: В 2 кн. Кн. 1. Учебное пособие / Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порфирьев, Л.Г. Гайсин и др./ Под ред. Т.Г. Ахметова – М.: Высш. шк., 2002. – 688 с.

22. Шервуд Т., Пигфорд Р., Уилки Ч. Массопередача. М.: Химия, 1982, 696с.

Базы данных, информационно-справочные системы

Библиотеки

1. Российская государственная библиотека www.rsl.ru
2. Российская национальная библиотека www.nlr.ru
3. Библиотека Академии наук www.ras.ru
4. Библиотека по естественным наукам РАН www.benran.ru
5. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) www.viniti.ru
6. Государственная публичная научно-техническая библиотека www.gpntb.ru
7. Научная библиотека Санкт-Петербургского государственного университета www.geology.spb.ru/library/
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU www.elibrary.ru

Специальные интернет-сайты

1. «Газохимия». Режим доступа: <http://gazohimiya.ru/>
2. «Известия высших учебных зав». Нефть и газ. Режим доступа: <http://www.tsogu.ru/oilgas>
3. «Химия твердого топлива». – Режим доступа: [http://mailto:secret@naukaran.ru](mailto:secret@naukaran.ru).
4. «Технологии нефти и газа». – Режим доступа: <http://nitu.ru/Technika/tng.htm>
5. «Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт». – Режим доступа: <http://www.npnh.ru>.
6. «Нефтехимия». – Режим доступа: <http://www.maikonline.com>