



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
АО «Российский научный центр
«Прикладная химия (ГИПХ)»
Козлова Е. В. Козлова
и. в. козлова 2022г.

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена
по специальности
2.6.12 – Химическая технология
топлива и высокоэнергетических веществ

Рекомендовано решением Ученого совета АО «Российский научный центр «Прикладная химия (ГИПХ)», протокол № 07 от 02 ноября 2022 года.

Введение

Настоящая программа экзамена разработана для научной специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ по химическим и техническим наукам в соответствии с Федеральными государственными требованиями высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, уровень «аспирант» и по соответствующей научной специальности 2.6.12. В основу положена программа-минимум, разработанная экспертым советом Высшей аттестационной комиссии (ВАК) по химической технологии топлива и высокоэнергетических веществ по химическим и техническим наукам.

Экзаменующийся должен показать высокий уровень теоретической и профессиональной подготовки, знание общих концепций и методологических вопросов научной специальности, понимание основных разделов теории и практики изученного материала.

Оценка знаний экзаменационной комиссией ГИПХ.

I. Химическая технология нефти и газа

1. Вводные замечания

Современное состояние и перспективы развития нефтяной, газовой и нефтеперерабатывающей промышленности России и за рубежом.

Вклад отечественных ученых в общее развитие научных и технологических основ переработки нефти.

Роль отдельных источников энергии в топливно-энергетическом балансе России и за рубежом. Характеристика основных месторождений нефти, газа и газоконденсата. Углеводородные дисперсные системы. Роль межмолекулярных взаимодействий в их добыче, транспорте, переработке и применении.

Современные методы исследования углеводородного сырья (нефти, газа и газоконденсата.). Значение ГОСТированных характеристик и связь их с химическими, физико-химическими и эксплуатационными свойствами топлив, смазочных материалов, пластичных масс, нефтехимического сырья и нефтяного углерода.

2. Общие научные основы и закономерности процессов переработки нефти и газа и газоконденсата

Классификация процессов получения жидких компонентов топлив, смазочных материалов, нефтяных вяжущих материалов (пластичных смазок, битумов, восков, пеков и других) и твердых углеводородов (нефтяных

коксов, битумов, пеков, парафинов и т.д.). Растворы низкомолекулярных и высокомолекулярных соединений нефти. Способность углеводородных и неуглеводородных соединений к межмолекулярным взаимодействиям. Образование дисперсных систем из молекулярных растворов. Классификация дисперсных систем по размерам частиц (коллоидно-дисперсные, промежуточные, грубодисперсные), концентрации частиц (разбавленные, концентрированные, высококонцентрированные), степени обратимости фаз (обратимые и необратимые), степени анизотропии надмолекулярной структуры (изотропной и анизотропной).

Термодинамика фазовых превращений. Сложные структурные единицы и их строение. Структурно-механическая прочность и устойчивость нефтяных дисперсных систем. Методы регулирования структуры и толщины сольватной оболочки сложной структурной единицы.

Теоретические основы технологических процессов переработки нефти. Методы интенсификации процессов, протекающих в жидкофазных гомогенных и гетерогенных системах.

Основные закономерности физико-химических процессов переработки нефти и газа. Химические, гидродинамические и массообменные процессы, основные принципы моделирования и оптимизации нефтетехнологических процессов.

3. Научные основы процессов переработки нефтяного и газового сырья физическими методами

Классификация физических методов. Подготовка нефти, газа и газоконденсата к переработке. Основы переработки природных углеводородных газов и газоконденсатов. Строение нефтяных эмульсий, связь строения с групповым составом и методы разрушения эмульсий воздействием внешних факторов (добавки, тепловые, механические, электрические и другие воздействия).

Теоретические основы атмосферной и вакуумной перегонки нефти. Пути интенсификации прямой перегонки нефти. Основы азеотропной и экстрактивной перегонки и их использование в нефтепереработке.

Адсорбционные методы разделения и очистки сырья. Жидкостное расслоение с минимальной межфазной поверхностью - селективная очистка нефтяных дистиллятов. Жидкостное расслоение с развитой межфазной поверхностью - деасфальтизация нефтяных остатков с применением низкомолекулярных углеводородов.

Жидкостная кристаллизация - депарафинизация нефтяных фракций. Депарафинизация с помощью активаторов (карбамидная депарафинизация).

4. Научные основы процессов переработки нефтяного и газового сырья химическими методами

Классификация химических методов переработки и очистки нефтяного и газового сырья (термодеструктивные, каталитические). Теоретические основы термодеструктивных процессов переработки нефтяного сырья. Факторы, влияющие на процессы пиролиза и термического крекинга. Каталитический крекинг нефтяного сырья на цеолитсодержащих катализаторах. Каталитический риформинг бензинов, новые катализаторы.

Гидрогенизационные процессы в нефтепереработке (гидрокрекинг, гидроизомеризация, гидроочистка), теоретические основы и факторы этих процессов. Каталитическая переработка легких углеводородных компонентов. Изомеризация $C_4 - C_6$.

Дегидрирование н-бутана. Алкилирование изобутана олефинами. Производство полиэтилена и полипропилена.

5. Конструктивное оформление и основные показатели работы типовой аппаратуры установок для переработки нефти и газа на компоненты физическими и химическими методами

Трубчатые печи, ректификационные колонны, испарители, газосепараторы, электродегидрататоры, абсорбераы и десорбераы, экстракторы, кристаллизаторы, фильтры. Теплообменная аппаратура.

Реакторы и регенераторы - основные аппараты физико-химических процессов переработки нефти и газа. Общие принципы расчета. Области применения. Современные конструкции и их технологические показатели.

6. Технологические основы и схемы процессов переработки нефти и газа

Технологические основы физических процессов переработки газов адсорбционными, адсорбционными и компрессионными методами. Схемы обезвоживания и обессоливания нефти. Прямая перегонка нефти на атмосферных и атмосферно-вакуумных установках. Вторичная перегонка бензина. Экстрактивная и азеотропная перегонка. Адсорбционное разделение газовых компонентов, выделение из нефтяных фракций ароматических углеводородов, н-парафинов, смолистых веществ.

Экстракционное выделение ароматических углеводородов из бензиновых и керосино-газойлевых фракций. Удаление ароматических, сернистых и смолистых компонентов из масляных дистиллятов и деасфальтизов. Деасфальтизация нефтяных остатков низкомолекулярными углеводородами с целью получения топливных и масляных компонентов. Депарафинизация реактивных и дизельных топлив карбамидом и цеолитами. Депарафинизация с применением растворителей в процессе производства масел.

Технологические основы термодеструктивных процессов переработки нефтяного сырья. Принципиальные особенности технологических схем пиролиза, коксования и крекинга под давлением. Материальные балансы и качество продуктов. Перспективы развития.

Технологические основы термокatalитических процессов переработки нефтяного сырья. Технологические схемы каталитического крекинга средних дистиллятов и утяжеленного сырья и их эволюция. Каталитический риформинг бензинов, варианты процесса. Эволюция технологических схем и применяемых катализаторов. Типовые схемы гидроочистки топлив, масел, парафинов. Технологические схемы гидрокрекинга нефтяного сырья. Варианты гидрокрекинга при получении топлив и высокоиндексных масел. Технологическое оформление каталитических процессов переработки легких углеводородных компонентов. Адсорбционное разделение и очистка нефтепродуктов.

Технологические схемы получения полимеров. Перспективы развития процессов получения полимеров на основе нефтяного сырья.

7. Способы приготовления товарных нефтепродуктов. Физико-химические и эксплуатационные свойства топлив, масел, вяжущих материалов и твердых углеводородов

Общие принципы приготовления и классификация товарных нефтепродуктов. Основные показатели качества топлив и смазочных материалов, вяжущих и твердых углеводородов согласно техническим нормам. Принципы компаундирования сырья и фракций с целью получения товарных нефтепродуктов. Роль присадок в улучшении качества нефтепродуктов. Классификация и механизмы действия присадок к топливам и смазочным материалам. Применение различных присадок при изготовлении товарных нефтепродуктов. Нефтехимическое сырье, получаемое на НПЗ, и требования, предъявляемые к нему. Перспективы повышения качества топлив, масел и других нефтепродуктов.

8. Химмотологические аспекты физико-химической технологии

Научные основы химмотологии с учетом принципов физико-химической технологии. Физико-химико-механические и эксплуатационные свойства бензинов, дизельных, реактивных, газотурбинных и котельных топлив, масел, пластичных смазок и технических жидкостей. Регулирование процессов горения топлив. Регулирование процессов трения между поверхностями трения с применением внешних воздействий и, прежде всего, различных присадок и добавок. Формирование граничных слоев между поверхностями трения и регулирование их толщины.

Связь химмотологических проблем с физико-химической технологией переработки нефти.

9. Комплексные схемы переработки нефтяного сырья

Основные направления технического процесса в области переработки нефтяного сырья. Принципы составления технологических схем

газобензиновых и нефтеперерабатывающих заводов различного профиля с учетом экологических требований. Выбор оптимальных вариантов поточных схем физико-химической технологии переработки нефтяного сырья. Технико-экономические показатели работы газобензиновых, нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов и комбинатов.

10. Охрана окружающей среды

Экология нефтегазовых производств. Структура и значимость основных вредных выбросов на производственных объектах. Водные бассейны, почва, атмосфера и их охрана от загрязнений нефтью и нефтепродуктами. Правовые и другие вопросы охраны окружающей среды. Экологические проблемы при производстве, реализации и утилизации нефтепродуктов.

II. Химическая технология твердых топлив

1. Вводные замечания

Понятие горючих ископаемых, их виды. Значение твердых горючих ископаемых в мировой балансе. Запасы горючих ископаемых в земной коре. Добыча и потребление горючих ископаемых в России и за рубежом. Тенденция развития топливного баланса России. Горючие ископаемые как сырье химической промышленности. Состояние и перспективы углехимии. Вклад отечественных и зарубежных ученых в общее развитие научных и технологических основ горючих ископаемых.

2. Исходный растительный материал, условия накопления и преобразования в горючие ископаемые

Исходный растительный материал. Эволюция растительного мира. Групповой состав растений. Особенности состава наземной и водной растительности. Понятие о биомарках и их геохимическое значение. Порфирины, их происхождение и свойства.

Краткие сведения по геологии горючих ископаемых. Стратиграфия осадочных пород. Геохронологическая шкала времени. Понятие угольного бассейна, угольного месторождения, угольного района, угольного пласта. Основные месторождения горючих ископаемых в России и за рубежом.

Условия накопления и первичные преобразования растительного материала. Аэробные и анаэробные процессы биохимических превращений растительных групп. Торф и сапропель как результат первичных превращений растительных остатков.

Состав и свойства горючих ископаемых. Технический анализ углей. Влага углей. Минеральные вещества и зольность ТГИ. Обогатимость топлив.

Редкие элементы в углях. Выход летучих веществ как показатель термической стойкости структур, слагающих вещество ТГИ. Содержание углерода в углях как показатель их химической зрелости. Виды серы в углях и пути ее накопления. Теплота сгорания ТГИ и методы ее определения. Физические свойства углей. Плотность, прочность, электропроводность, твердость, теплоемкость, теплопроводность углей и их изменение в зависимости от степени углефикации.

Петрографический состав углей. Микроскопические исследования углей в проходящем и отраженном свете. Номенклатура компонентов. Микрокомпоненты гумусовых и сапропелитовых углей. Химический состав и свойства микрокомпонентов на разных стадиях углефикации. Петрографический анализ углей как метод оценки их технологических свойств. Отражательная способность как классификационный параметр.

Групповой состав ТГИ. Битумы. Гуминовые кислоты. Остаточный уголь. Методы выделения и химическая характеристика групп.

3. Стадии процесса углеобразования

Торфяная стадия. Торфяная стадия гумусовых и сапропелитовых углей. Виды торфяников. Озерные и морские сапропели. Групповой состав, свойства, строение торфов. Происхождение и гипотеза о строении гуминовых кислот. Торфяные битумы, их состав и свойства.

Области применения торфов и сапропелей. Месторождения торфов и сланцев в России.

Буроугольная стадия. Бурые угли, богхеды, сланцы. Типы бурых углей: землистые, плотные, лигниты. Групповой состав бурых углей. Состав и области применения восков, смол, гуминовых кислот, остаточного угля. Основные месторождения бурых углей в России. Общая характеристика богхедов. Типы богхедов: плотные, слоистые. Выход и состав продуктов, извлеченных из богхедов по данным щелочного гидролиза. Запасы углей и пути использования сапропелитовых углей.

Каменноугольная стадия. Антрациты. Каменноугольная стадия углеобразовательного процесса. Отличительные признаки каменных углей и антрацитов. Битумы каменных углей. Запасы и использование. Теории образования каменных углей в природе: теория метаморфизма, биохимическая Стадникова и др.

Сланцы. Общая характеристика сланцев. Месторождения сланцев в России и СНГ. Особенности условий образования сланцев. Типы сланцев. Состав органической и минеральной составляющих сланцев. Запасы и пути использования сланцев.

4. Классификация горючих ископаемых

Единая и промышленная классификация горючих ископаемых в России и за рубежом. Международная кодификация каменных и бурых углей.

5. Методы исследования структуры твердых горючих ископаемых

Физические и физико-химические методы исследования строения углей. Микропористость твердых горючих ископаемых по данным электронной микроскопии, классификация пор. Физические свойства углей: теплотворная способность, плотность, прочность, электропроводность, теплоемкость, теплопроводность и их изменения в зависимости от степени углефикации. Возможности методов рентгеноструктурного анализа, ЯМР, ИК-УФ-спектроскопии, масс-спектроскопии и др. в изучении молекулярной структуры углей. Природа парамагнетизма твердых горючих ископаемых по данным ЭПР.

Формы соединений гетероатомов (O, N, S) в угле. Минеральная часть угля. Органо-минеральные комплексы. Деструктивные методы изучения структуры твердых горючих ископаемых.

Окислительная деструкция. Состав продуктов окисления гумусовых и сапропелитовых углей. Новые методы окисления (озонолиз). Механизм окисления твердых горючих ископаемых (ТГИ). Выветривание и самовозгорание ТГИ. Изменение свойств ТГИ в процессе выветривания. Теории и механизм автоокисления углей. Методы борьбы с самовозгоранием.

Термическая деструкция ТГМ. Выход и состав продуктов полукоксования в зависимости от происхождения и степени углефикации. Термография, термогравиметрия, термоволюметрия. Термодинамика, кинетика и механизм разложения основных типов структур: алифатических, нафтеновых, ароматических, кислород-, азот-, серосодержащих соединений. Теория последовательно-параллельных реакций. Определение формальновинетических параметров (порядок реакции, константа скоростей, энергия активации), суммарный тепловой эффект.

6. Коксование углей

Процессы, протекающие при коксовании спекающихся углей и угольных шихт. Составление угольных шихт. Пластическое состояние как результат термической деструкции углей. Вспучивание и давление расширения. Спекание, превращение полукокса в кокс. Усадка и трещинообразование. Выделение газообразных продуктов на разных стадиях процесса коксообразования. Спекаемость, спекающая способность и коксуемость каменных углей и методы их определения. Оценка качества кокса. Современная технология производства кокса. Пути расширения сырьевой базы коксования. Новые принципы непрерывного коксования. Получение формованного энергетического и металлургического топлива. Коксование в кольцевых печах.

Пластическое состояние. Свойства углей в пластическом состоянии: вязкость, газопроницаемость, динамика газовыделения, температурные интервалы, давление расширения и др. Спекаемость углей и методы ее

оценки. Теории пластического состояния к спекаемости углей.

Каменноугольная смола и методы ее переработки. Каменноугольные пеки и пековый кокс. Способы получения и области использования.

7. Деструктивная гидрогенизация ТГИ и синтез из водорода и оксида углерода

Особенности и назначение процесса деструктивной гидрогенизации. Оценка пригодности угля для гидрогенизации. Катализаторы и технологические параметры деструктивной гидрогенизации. Ступенчатая деструктивная гидрогенизация смол и нефтяных остатков. Жидкофазная и парофазная гидрогенизация. Выход и характеристика продуктов гидрогенизации. Получение химических продуктов методом гидрогенизации топлив. Совместная гидрогенизация углей и нефти. Гидрогенизация индивидуальных веществ. Новые перспективные направления деструктивной гидрогенизации твердых горючих ископаемых и их экономическая целесообразность.

Физико-химические основы процесса синтеза из CO_2 и H_2 . Требования, предъявляемые к газу, поступающему на синтез. Катализаторы процесса синтеза. Механизм действия катализаторов. Принципиальная схема синтеза при атмосферном и среднем давлении. Характеристика продуктов синтеза. Методы переработки продуктов синтеза.

8. Теоретические основы процесса газификации и конверсии углеводородных газов

Химическое равновесие основных реакций углерода с газами. Кинетический метод интерпретации химических равновесий. Расчет равновесного состава газа процесса взаимодействия углерода с газами. Химическое равновесие в идеальных и реальных газовых смесях.

Механизм реакций углерода с газами и реакций конверсии углеводородных газов. Схема механизма реакций углерода с CO_2 , H_2O , O_2 . Химическая адсорбция. Образование и разрушение твердого поверхностного комплекса. Тормозящее действие продуктов реакции. Цепной механизм реакций углерода с газами. Кинетические уравнения, основанные на представлениях о механизме реакций углерода с газами.

Основы диффузионно-кинетической теории процессов горения и газификации твердых топлив. Зависимость суммарной скорости процесса от химических и физических факторов. Определение основных кинетических характеристик реакций углерода с газами.

Газификация топлив как метод безостановочного использования органической массы топлив. Сырье для получения газов (твердые и жидкие топлива, природные газы, попутные газы и газы нефтедобычи и нефтепереработки). Основные пути развития и газификации твердых топлив. Интенсивность процесса. КПД процесса. Анализ недостатков и

возможностей интенсификации и повышения экономической эффективности производства газа из твердых топлив.

Характеристика процесса газообразования в пылевидном факеле, в кипящем слое и плотном слое топлива. Недостатки современных промышленных методов производства газа.

Газификация парогазовых продуктов, получающихся при термическом разложении бурых углей. Методы производства воздушных, паровоздушных, водяного и парокислородного газов из пылевидного, мелкозернистого и кускового топлива. Характеристика жидких топлив, применяемых для газификации. Производство газов из жидких топлив для синтеза спиртов и амиака. Получение олефинов и ацетиленовых углеводородов. Газификация жидких топлив под высоким давлением. Основные показатели газификации топлив. Подземная газификация угля.

9. Технология получения пористых углеродных материалов на основе ископаемых углей

Ассортимент углеродных сорбентов (пористых углеродных материалов), получаемых на основе ископаемых углей и требования к качеству сорбентов. Пористость, прочность, химическая природа поверхности, состав минеральной части и др. Традиционные и перспективные области применения углеродных сорбентов. Сорбенты экологического и медицинского назначения, катализаторы на углеродных носителях.

Особенности технологического процесса получения всех типов углеродных сорбентов, технологические стадии и физико-химические основы процесса. Физическая и химическая активация, импрегнирование. Технологические схемы получения. Новые отечественные и зарубежные разработки в области получения углеродных сорбентов.

Практическое применение сорбентов: процессы в неподвижном, движущемся, псевдоожженном слоях сорбента, применяемое оборудование. Типовые расчеты сорбционных аппаратов. Срок службы, регенерация, утилизация сорбентов.

10. Прогрессивные технологии создания композиционных топлив

Водоугольные, спиртоводоугольные и другие композиционные топлива на основе бурых и каменных углей. Технологии их приготовления.

11. Основные принципы утилизации твердых, жидких и газообразных отходов добычи и переработки ТГИ

Утилизация шахтного метана. Основные направления очистки и использования карьерных (шахтных) и производственных вод предприятий по добыче и обогащению ТГИ. Классификация твердых отходов добычи и

переработки ТГИ. Принципы технологий утилизаций твердых отходов добычи, обогащения, сжигания (газификации, получение синтетических жидкых топлив) углей (сланцев) с получением строительных материалов, концентратов редких рассеянных элементов, огнеупорных материалов, соединений алюминия, пиритных концентратов, ионообменных материалов. Органо-минеральные удобрения на базе твердых горючих ископаемых, мелиоранты почв.

12. Охрана окружающей природы в процессах переработки твердых топлив

Основы законодательства России в отношении окружающей природы. Основные источники загрязнения атмосферы, водных источников, почвы на предприятиях химической технологии твердых топлив. Перспективы перехода к бессточному ведению технологических процессов. Безотходная технология.

III. Химическая технология углеродных материалов

1. Вводные замечания

Современное состояние и перспективы развития производства материалов на основе углерода в России и за рубежом. Основные виды углеродных материалов и области их использования. Свойства углеродных материалов. Общие представления об углероде Кристаллические формы углерода. Графит и его кристаллическая структура.

Исходное сырье для производства углеродных материалов. Современные физико-химические представления о процессах формирования структуры и свойств углеродных материалов.

2. Свойства и применение материалов на основе углерода

Графитированные электроды для выплавки чугуна и стали, катодные блоки для футеровки электролизеров при выплавке алюминия, угольные электроды для выплавки кремния и др.

Углеграфитовые конструкционные и углеродные композиционные материалы и изделия из них (применяются во всех отраслях промышленности, сельского хозяйства, медицины и др.). Особочистые графиты. Графиты используемые для синтеза искусственных алмазов. Рекристаллизованные графиты. Стеклоуглерод. Пиролитические углеродные материалы. Углеродные волокна. Слоистые соединения, фуллерены, нанотрубки. Технологии получения, особенности строения и области использования.

Физические, механические, химические и др. свойства материалов на основе углерода. Методы определения этих свойств.

3. Сырьевые материалы. Коксы. Антрациты. Природный графит. Технический углерод. Каменноугольные и нефтяные пеки, синтетические связующие

3.1. Коксы нефтяные, пековый, сланцевый и др. коксы. Способы получения коксов. Кубовые установки коксования, установки замедленного коксования, коксование в камерных печах. Сыре для получения малозольных коксов: нефтяные пиролизные смолы, крекинг-остатки, дистилляты, сланцевые и каменноугольные смолы. Формирование структуры при коксовании жидкой фазы. Образование мезофазы. Общие представления о жидких кристаллах, мезоморфизме и типе мезофаз. Условия формирования углеродных мезофазных структур. Свойства мезофазных структур. Роль мезофаз в формировании свойств коксов. Связь структуры и свойства коксов. Определение показателей коксов по ГОСТ. Определение других показателей коксов: структуры, поведение образцов коксов при термообработке, определение КТР коксов, определение степени графитации, анализ состава зольных примесей.

3.2. Связующие материалы. Роль связующих в производстве углеродных материалов. Виды используемых связующих. Характеристика связующих.

Каменноугольный пек. Способы получения каменноугольных пеков. Классификация пеков по способам получения и температуре размягчения. Оценка каменноугольного пека по основным технологическим параметрам в соответствии с ГОСТ на электродные пеки.

Молекулярный вес, поверхностное натяжение, вязкость, смачивающая способность. Оценка степени ароматичности, ИКС спектроскопия, определение функциональных групп в каменноугольном пеке и их характеристики. Растворение пека в различных органических растворителях с целью разделения его на компоненты. Требования, предъявляемые к количественному соотношению отдельных компонентов в пеке.

Термохимические и структурные превращения каменноугольных пеков в процессе обжига и графитации. Мезофазные превращения в пеках. Влияние углеродного наполнителя на термохимические и структурные превращения в каменноугольных пеках. Особенности этих превращений при использовании в качестве наполнителя прокаленного и непрокаленного кокса.

Связующие материалы некаменноугольного происхождения. Нефтяные битумы и пеки. Получение и основные свойства. Молекулярная структура нефтяных пеков и ее отличие от структуры каменноугольных пеков. Преимущества использования нефтяных пеков по сравнению с каменноугольными. Краткая характеристика других видов связующих: сланцевый пек, синтетические смолы и др.

4. Технология углеродистых материалов

Прокаливание. Цели прокаливания, характеристики коксов и антрацита до и после прокаливания. Теоретические основы процесса прокаливания - физические и химические процессы, протекающие при прокаливании. Типы прокалочного оборудования: вращающиеся прокалочные печи, ретортные и камерные прокалочные печи. Методы контроля прокаленных коксов и антрацита. Двухстадийное прокаливание коксов.

Дробление, измельчение и рассев углеродистых материалов. Основные представления о механике измельчения твердых тел. Назначение операции измельчения. Машины для измельчения: дезинтеграторы, шаровые и вибрационные мельницы. Гранулометрический анализ, методы ситового и седиментационного анализа. Разделение измельченных материалов на фракции. Назначение операции грохочения, Классификация и типы грохотов: Воздушная классификация, скорость витания, коэффициент формы частицы. Циклоны и воздушные сепараторы. Типы воздушных фильтров, их особенности.

Смешение. Теоретические основы и технология процесса смешивания. Основные принципы составления рецептур коксопековых масс и технологическая роль компонентов (коксов и пеков). Механико-химический эффект при смешивании коксопековых масс. Оборудование и технологии смешивания. Вальцевание, бегунение, совместный помол коксопековых смесей.

Прессование. Прессование в прессформу. Основные закономерности компрессионного уплотнения порошков, влияние расплавленного пека на вид компрессионных зависимостей. Внутреннее трение при прессовании, его влияние на распределение плотности прессовки Технология прессования, требования к прессформам, температурный режим прессования.

Прессование выдавливанием. Связь между давлением прессования, скоростью выпрессовки пластичностью массы. Методы количественной оценки пластичности массы. Технология прессования выдавливанием. Экструзионное прессование графитосмолистых композиций, пульсирующие прессы.

Обжиг. Основные представления о превращениях углеродистых веществ при их термической обработке. Термография, термогравиметрия, термоволюметрия. Изменения компонентного состава пека в процессе пиролиза, состав продуктов пиролиза пека. Понятие о спекаемости коксопековых композиций. Основные стадии превращения органических веществ в кокс. Методы оценки спекаемости. Представления о механизме взаимодействия связующего и наполнителя для разных классов углеродных материалов.

Конструкции печных агрегатов для обжига коксопековых заготовок. Кольцевая печь типа Ридгаммера. Газовая среда в камерах, возможности окисления заготовок в процессе обжига и последствия этого. Типичные графики обжига. Пересыпочные материалы, технологические приемы борьбы

с прикоксовыванием пересыпки. Обжиг в туннельных печах, их преимущество и недостатки. Другие типы обжиговых печей.

Пропитка. Пористая структура графитов. Методы определения объема пор и их распределения по эффективным радиусам. Влияние пористости на свойства графита. Пропитка обожженного полуфабриката пеком и смолами с последующим обжигом, как метод снижения пористости графита. Технология пекопропитки, ее параметры (температура, давление), оборудование. Требования к пропиточным пекам.

Графитация. Представления о структуре поликристаллического графита и механизме процесса графитации. Неупорядоченный углерод, турбостратная структура, трехмерное упорядочение. Рентгеноструктурные и электронографические методы исследования структуры графита. Параметры кристаллической решетки графита. Электронные свойства графита. Карбидная теория Ачесона, рекристаллизационная теория Веселовского и их критика. Механизм графитации по Мрозовскому и Франклин. Кинетика графитации. Представления о диффузионном и дислокационном механизмах графитации. Релаксационный механизм графитации. Роль примесей в процессе графитации. Каталитическая графитация. Графитация в присутствии карбидообразующих металлов (жидкофазная графитация).

Устройство графитировочных печей и режимы графитации. Характеристика и классификация способов очистки графита: хлорная графитация, термическое рафинирование, газотермическое рафинирование. Физико-химическая сущность термического и газотермического рафинирования графитов. Оборудование. Оценка степени чистоты графитов по регламентированным примесям, методы анализа.

Литература по разделу I

1. Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа, ч. I., -М.: Химия, 1972.
2. Смидович Е.В. Технология переработки нефти и газа, ч. II. -М.: Химия, 1980.
3. Черножуков Н.И. Технология переработки нефти и газа, ч. III. -М.: Химия, 1978.
4. Щукин Е.Д., Перов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. -М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982.
5. Сюняев З.И. Нефтяной углерод. -М.: Химия, 1980.
6. Сюняев З.И. Нефтяные дисперсные системы. -М.: МИНХиГП, 1981. Физико-химическая механика нефтяных дисперсных систем. -М.: МИНХиГП, 1982. Прикладная физико-химическая механика нефтяных дисперсных систем. -М.: МИНХиГП, 1982.
7. Гуреев А.А., Фукс И.Г. Химмотология. -М.: Химия, 1986.
8. Химия нефти./Под ред. З.И. Сюняева./ -М.: Химия, 1984.
9. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти. -М.: Химия, 1985.

10. Сорокин Я.Г. Особенности переработки сернистых нефтей и охрана окружающей среды. -М.: Химия, 1975.
11. Черный И.Р. Производство сырья для нефтехимических синтезов. -М.: Химия, 1983.
12. Скобло А.И., Трегубова И.А., Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. -М.: Химия, 1962.
13. Жоров Ю.М. Моделирование физико-химических процессов нефтепереработки и нефтехимии. -М.: Химия, 1978.
14. Рудаков В.П. Каталитические процессы в нефтепереработке. -М: Химия, 1983.
15. Сулимов А.Д. Производство ароматических углеводородов из нефтяного сырья -М.: Химия, 1975.
16. Химия нефти и газа (под ред. В.А. Проскурякова и А.Е. Драбкина) -Л.: Химия, 1981.-с.358.
17. Сафиева Р. З. Физикохимия нефти. -М: Химия, 1998.

Литература по разделу II

1. Еремин И.В., Броновец Т.М. Марочный состав углей и их рациональное использование. -М.: Недра, 1994..
2. Камнева А.И. Химия горючих ископаемых. -М.: Химия, 1974.
3. Химическая технология твердого топлива /под ред. Макарова Г.Н., Харламповича Г.Д./ -М.: Химия, 1985.
4. Журнал Химия твердого топлива, вып. 1970-1986.
5. Грязнов Н.С. Основы теории коксования. -М.: Металлургия, 1976.
6. Э. Штах, М.-Т. Маковски, М. Тейхмоллер, Г. Тейлер, Д. Чандра, Р. Тейхмоллер. Петрология углей. М.: Мир, 1973.
7. Рапопорт И.Б. Искусственное жидкое топливо. - 2-е изд., перераб. и доп. - М: Гостоптехиздат, 1955.
8. Дьякова М.К., Лозовой А.В. Гидрогенизация топлива в СССР / Под ред. акад. Наметкина СС - М-Л,: Изд, АН СССР, 1940.
9. Каржев В.И., Орочки Д.И. Промышленные схемы гидрогенизации углей, смол и нефтяных остатков // Химия и технология искусственного' жидкого топлива и газа. Тр. ВНИГИ. - М-Л.: Гостоптехиздат, -1951,- вып.3, - С.71-116.
10. Каржев В.И., Шаволина Н.В. Использование водорода и углерода в процессе деструктивной гидрогенизации топлив // Химия и технология топлива, - 1956, - N2. – С. 30-34.
11. Калечиц И.В. Химия гидрогенизационных процессов в переработке топлив. - М.; Химия, 1973..
12. Кричко А.А., Лебедев В.В., Фарберов И.Л. Нетопливное использование углей. - М.: Недра, 1978.
13. Еремин И.В., Броновец Т.М. Марочный состав углей и их рациональное использование; Справочник.-М.: Недра, 1994.
14. Макаров Н.А.Химическая переработка топлив,- М.;АН СССР, 1957.- С.

146- 158.

15. Малолегнев А.С., Кричко А.А., Гаркуша А.А. Получение синтетического жидкого топлива гидрогенизацией углей, - М.; Недра, 1992. - 129 с.
16. Кричко А.А., Малолегнев А.С. Жидкое топливо из угля // Российский химический журнал (Ж.Рос.хим. о-ва шы.Д.И.Менделеева). - 1997.- т.XLI - N6.-С.16-22.
17. Липович В.Г., Калабин Г.А. и др. Химия и переработка угля. -М.: Химия, 1988.
18. Гинзбург А.И., Лано А.В., Летункова И.А. Рациональный комплекс петрографических и химических методов исследования углей и горючих сланцев. -Л.: Недра, 1976.
19. Шпирт М.Я. Безотходная технология утилизаций отходов добычи и переработки твердых горючих ископаемых. -М.: Недра, 1986.
20. Шпирт М.Я. Клер В.Р., Перциков И.З. Неорганические компоненты твердых топлив. -М.: Химия, 1990
- 21 Чистяков А. Н., Розенталь Д. А., Русьяднова Н. Д. И др. Справочник по химии и технологии твердых горючих ископаемых, -Санкт - Петербург. "Синтез". 1996.
22. Кинле Х., Бадер Э., Активные угли и их промышленное применение. -М. Изд. «Химия», 1984 г.
23. Кельцев Н.В. «Основы адсорбционной техники». -М. Изд. «Химия» 1984 г.
24. Леонов С.Б., Елшин В.В. Углеродные сорбенты на основе ископаемых углей. Иркутск: ИРГТУ. 2000 г.
25. Дубинин М.М. «Адсорбция и пористость», -М. Изд. ВАХЗ, 1972 ..
26. Иванов В.М., Канторович Б.В. Топливные эмульсии и суспензии. -М: Металлургиздат. 1963.

Литература по разделу III

1. Чалых Е.Ф. Технология углеграфитовых материалов. -М.: Металлургиздат, 1963.
2. Чалых Е.Ф. Технология и оборудование электродных и электроугольных предприятий. -М., Металлургия, 1972 г.
3. Фиалков А.С. Углеграфитовые материалы. -М.: Энергия, 1979.
4. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. -М. Аспект Пресс, 1997
5. Соседов В.П. Свойства углеродных материалов на основе углерода. Справочник. -М., Металлургия, 1975 г.
6. Шулепов С.В. Физика углеграфитовых материалов. -М., Металлургия, 1972 г.
7. Убелоде А. Р., Льюис Ф. А. Графит и его кристаллические соединения. - М. Мир, 1965.
8. Островский В.С., Виргильев Ю.С., Костиков В.И., Шипков Н.Н. Искусственный графит. -М., Металлургия, 1986.

9. Степаненко М. А., Брон Я. А., Кулаков М. К. Производство пекового кокса. -Харьков, Металлургиздат, 1961.
10. Привалов В. Е., Степаненко М. А. Каменноугольный пек. -М., Металлургия, 1981.
11. Веселовский В. С. Угольные и графитовые конструкционные материалы. -М. Наука, 1966.
- 12 .Гимаев Р. Н., Шипков Н. Н., Горпиненко М. С. и др. Нефтяной игольчатый кокс. -Уфа. Изд. АН РБ. 1996.
13. Селезнев А. Н. Углеродистое сырье для электродной промышленности. – М. Профиздат. 2000.
14. Скляр М.Г. Физико-химические основы спекания углей. - М.:Металлургия.1984. 201 с.
15. Скрипченко Г.Б., Никифоров Д.В. //Химия твердого топлива.-2000. -№3. - С.3-12.
16. Елецкий Л. В., Смирнов Б. М. Фуллерены и структура углерода. //Успехи физических наук. -Т.105, -№ 9, -1995. -С. 977-1009
17. Орлова Е. Ю. Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. Л., Химия, 1981. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.
18. Новиков С.С., Г.А. Швейхгеймер, В.В. Севостьянов, В.А. Шляпочников. Алифатические и алициклические нитросоединения. М., Химия. 1974.
19. Рогов Н.Г., М.А. Ищенко. Смесевые ракетные твёрдые топлива: компоненты, требования, свойства. Учебное пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2005. -195 с.
20. Рогов Н.Г., Ю.А. Груздев. Физико-химические свойства порохов и твёрдых ракетных топлив. Учебное пособие. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2005. -200 с.
21. Жегров Е.Ф., Милёхин Ю.М. Технология порохов и твёрдых ракетных топлив в приложении к конверсионным программам.М., 2006, -392 с.
22. Багал Л.И. Химия и технология инициирующих ВВ. М., Машиностроение. 1975. – 456 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.
23. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. Наука, 1967 (2 изд.).
24. Большаков Г.Ф. Химия и технология компонентов ракетного топлива. Л., Химия, 1983. -318 с.
25. Пономарев В.К. Ракетные топлива. СПб., Химия, 1995.
26. Романков П.К., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии. Л., Химия, 1990.
27. Демиденко Н.Д. Моделирование и оптимизация тепломассообменных процессов в химической технологии. М., Химия, 1991.
28. Лебедев Ю.А. и др. Термохимия нитросоединений. М., Наука, 1970.
29. Штейнберг А. С. Быстрые реакции в энергоёмких системах: высокотемпературное разложение ракетных топлив и взрывчатых веществ. М., Физматлит, 2006. – 208 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

30. Целинский И.В., И.В. Шугалей. Роль среды в реакциях нитросоединений. СПБГТИ (ТУ), 2007. - 42 с.
31. Мелихов И. В. Направления развитияnanoхимии. Электронный ресурс, доступ <http://www.library.mephi.ru> индивидуальная авторизация в российской электронной библиотеке.
32. Пустовалов В.К. Нанотехнологии, состояние, проблемы, перспективы. Электронный ресурс. // <http://belisa.org.by.ru>.
33. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ./ Общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю. В. Сачкова. — М.: Прогресс, 1986. — 432 с. — Электронный ресурс, доступ http://yanko.lib.ru/books/betweenall/prigogine-stengers_ru.htm#_Toc1693130 без авторизации.
34. Кубота. Н. ТРТ и взрывчатые вещества: Термохимические аспекты горения. — Пермь: НИИПМ, 2009. — 546 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.
35. Буллер М.Ф. Промышленные взрывчатые вещества: Учебное пособие. СГУ, 2009. — 225 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.
36. Лопанов А.Н. Физико-химические основы теории горения и взрыва: Учебное пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. — 149 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.
37. Белов В.П. Расчет параметров и характеристик ракетных двигателей: практическое пособие / Балт. Гос. техн. ун-т. — СПб, 2013 – 47 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.
38. Гуртовой А.А. Расчет и конструирование агрегатов ЖРД: Учебное пособие. / Гуртовой А.А., Иванов А.В, Скоморохов Г.И., Шматов Д.П. Воронежский государственный технический университет. Воронеж, 2016. – 166 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.
39. Цуцуран В.И. Военно-технический анализ состояния и перспективы развития ракетных топлив. Учебник. / Цуцуран В.И., Петрухин Н.В., Гусев С.А. Минобороны РФ. М., 1999. – 332 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.
40. Patil K. C. Inorganic Hydrazine Derivatives: Synthesis, Properties and Applications. Department of Physics, Sri Sathya Sai Institute of Higher Learning, Prasanthi Nilayam, India. Wiley&Sons, 2014. – 282 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.
41. Фиошина М.А. Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив: Учеб. пособие / РХТУ им. Д.И. Менделеева. - М., 2001. – 207 с.
42. Шарнин Г.П. Химия энергоемких соединений. Книга 2: N-, O-нитросоединения, фуроксаны, фуразаны, азиды, диазосоединения. Учебное пособие. / Шарнин Г.П., Фаляхов И.Ф., Юсупова Л.М., Ларионова О.А. Казань: КНИТУ, 2011. – 377 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.
43. Зиновьев В.М. Высокоэнергетические наполнители твердых ракетных топлив и других высокоенергетических конденсированных систем. Физи-ко-,

термохимические характеристики, получение, применение. Справочник. / Зиновьев В.М., Куценко Г.В., Ермилов А.С., Болдатин И.И. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 253 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

44. Данилов Ю.Н. Промышленные взрывчатые вещества. Часть I. Инициирующие взрывчатые вещества. Текст лекций. / Данилов Ю.Н., Илюшин М.А., Целинский И.В. СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2001. – 112 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

45. ПироСправка: Справочник по взрывчатым веществам, порохам и пиротехническим составам. Электронное издание, 2008 г. – 225 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

46 Жилин В.Ф. Малочувствительные взрывчатые вещества: Учебное пособие. / Жилин В.Ф., Збарский В.Л., Юдин Н.В. РХТУ им. Д.И. Менделеева. - М., 2008. – 172 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

47. Талин Д.Д. Физико-химические свойства взрывчатых веществ, порохов и твердых ракетных топлив: учебное пособие / Д.Д. Талин. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 274 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

48. Лобанова А.А. Химия энергоемких соединений: нитрамины. Учебное пособие. // А.А. Лобанова, З.В. Орлова. Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск. Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2006. – 106 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

49. Генералов М.Б. Основные процессы и аппараты технологии промышленных взрывчатых веществ. Учебное пособие для вузов. / М.: ИКЦ Академкнига, 2004. – 397 с. с илл. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

50. Орлова Е.Ю. Творцы и носители идеи взрыва, их судьбы и научный вклад в историю взрывчатых веществ «История химической технологии». РХТУ им. Д.И. Менделеева. - М., 2003. – 200 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

51. Иоффе Б.В. Химия органических производных гидразина. Монография. / Иоффе Б.Б., Кузнецов М.А., Потехин А.А. Под ред. Б.В. Иоффе. – Л.: «Химия», 1978. – 224 с. илл. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

52. Котомин А.А. Эмпирические методы расчета взрывчатых веществ и композиций: монография. / Котомин А.А., Душенок С.А., Козлов А.С. Санкт-Петербург Москва Краснодар : Лань, 2020. — 384 с. Доступ: виртуальная библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

53. Жуков Б. П. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь под ред. Б.П. Жукова / Б.П. Жуков и др., – М.: Янус К. ISBN 5-8037-0031-2. 1999 – 596 с. Доступ: библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.

54. Бенин А. И., Коссой А. А. Термические опасности и термическая

безопасность энергонасыщенных веществ, химических процессов и объектов их применения. Методология исследования на базе системного подхода на базе системного подхода и математического моделирования : монография / А. И. Бенин, А. А. Коссой. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 728 с. : илл., табл. Доступ: библиотека ГИПХ, авторизация в НТБ.