ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ

по направлению **18.06.01** – Химическая технология

профиль Технология неорганических веществ (05.17.01)

**1. Теоретические основы технологии неорганических веществ**

1.1.Термодинамические свойства газов, жидкостей, твердых тел. Уравнение состояния.

Уравнение состояния реальных газов. Сжимаемость реальных газов. Фугитивность. Дроссельный эффект. Теплоемкость и теплопроводность газов, жидкостей и твердых тел. Вязкость газов и газовых смесей. Диффузия газов и газовых смесей.

1.2. Фазовые равновесия в гетерогенных системах.

Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Давление пара над раствором. Равновесие пар-жидкость. Растворимость газов в жидкостях под давлением. Растворение твердых веществ в жидкостях. Фазовые равновесия в 3-х и 4-х компонентных системах. Термодинамический анализ разделения солей, аммиачный способ получения соды. Синтез карбамида.

1.3. Влияние термодинамических условий на равновесные превращения химических реакций.

Влияние температуры, давления, инертных примесей на выход химических реакций.

Термодинамика реакций окисления сернистого ангидрида, конверсии диоксида углерода с водяным паром, синтеза аммиака и метанола. Расчет равновесия сложных химических реакций. Термодинамика реакций в адиабатических условиях.

1.4. Кинетика химических реакций.

Сорбция. Адсорбционные явления на поверхности катализатора. Уравнение кинетики типовых химических реакций. Механизм реакции. Кинетика химических реакций при высоком и низком давлении. Влияние соотношения компонентов, давления, объемной скорости, количества и качества катализатора на выход продукта. Взаимосвязь кинетики и термодинамики. Иониты. Механизм, статика и динамика ионного обмена. Ионнообменные процессы. Экстракция. Методы экстракции. Извлечение солей и кислот из водных растворов.

* 1. Оптимальный температурный режим процесса.

Зависимость скорости реакции от степени превращения, температуры, избытка одного из компонентов. Графический и аналитический методы определения оптимальной температуры. Оптимальный режим контактного аппарата. Температурный режим контактных аппаратов окисление SO2, синтеза аммиака. Оптимальный температурный режим при падающей активности катализатора. Понятие экономической оптимизации.

* 1. Массо- и теплоперенос в химических реакциях.

Диффузия в химической кинетике. Закономерности реакций во внешне- диффузионной и внутренне- диффузионной областях. Переходные области химической кинетики. Эффективный коэффициент диффузии. Степень использования внутренней поверхности (катализатора). Влияние степени превращения на степень использования поверхности катализатора и сорбента.

Процессы теплопереноса в гетерогенно-каталитических реакций в изотермических и адиабатических условиях. Разогрев поверхности катализатора. Расчет наблюдаемой скорости реакции на промышленном зерне. Устойчивость каталитического реактора.

* 1. Кинетика реакций в твердой фазе.

Кинетика топохимических реакций. Механизм, скорость образования и роста зародышей. Кинетические уравнения. Кинетика реакций между твердыми веществами. Уравнения кинетики реакций в твердой фазе. Реакции в твердой фазе, лимитируемые скоростью химического взаимодействия и скоростью диффузии. Модели твердофазного взаимодействия. Высокотемпературная обработка твердых веществ. Обжиг. Средства и способы интенсификации обжига. Скорость взаимодействия. Активирование реагентов твердой фазы. Механохимические реакции. Плазмохимические реакции с участием твердой фазы. Применение механохимического и плазмохимического синтеза в химической технологии.

**2. Химическая технология неорганических веществ**

*2.1.Производства продуктов основного неорганического синтеза.*

1. Продукты неорганической технологии и области их применения. Основные направления развития неорганической технологии. Классификация технологических процессов, их экономическая эффективность. Основные тенденции развития промышленности неорганических веществ. Создание агрегатов большой единичной мощности, снижение материало- и энергоемкости производств. География расположения предприятий основного неорганического синтеза на территории России и СНГ.
2. Сырьевые источники для получения продуктов неорганической технологии. Основные разведанные запасы природного сырья (природный газ, нефть, сера). Общие закономерности и принципы переработки минерального сырья для получения неорганических продуктов. Классификация неорганических продуктов по степени чистоты. Роль вторичных материальных ресурсов для получения неорганических продуктов.
3. Основные закономерности химической технологии. Роль и место каталитического процесса в химической технологии. Основные понятия: гомогенный и гетерогенный катализ. Основные представления и значение гетерогенного катализа в производствах неорганических веществ. Осуществление каталитического процесса в промышленности. Основные типы процессов и реакторов. Каталитические процессы в газах.

Основной неорганический синтез. Получение технологических газов и продуктов на их основе. Современные методы получения водорода: электролиз воды, газификация твердого топлива, конверсия газов. Основные направления применения водорода. Энергетические и технико-экономические перспективы перехода на водородную технологию. Проблемы и перспективы водородной технологии.

Производство аммиака. Роль в жизнедеятельности растений. Методы фиксации атмосферного азота: плазменный, микробиологический, каталитический. Сероочистка природного газа. Физико-химические основы конверсии углеводородных газов. Катализаторы конверсии. Утилизация тепла реакции. Конверсия оксида углерода. Очистка конвертированного газа от оксидов углерода. Получение диоксида углерода. Физико-химические основы и катализаторы синтеза аммиака в агрегате крупной единичной мощности.

Производство азота, кислорода и редких газов методом глубокого охлаждения. Принципы разложения газов. Получение низких температур. Получение редких газов из воздуха. Выделение аммиака из природных и танковых газов. Выделение водорода из продувочных газов. Выделение аргона из продувочных и танковых газов.

Производство синтетических спиртов. Свойства метанола и способы его получения. Получение технологического газа для синтеза метанола и высших спиртов. Катализаторы и кинетика синтеза.

Получение ацетилена. Физико-химические основы процесса переработки природного газа в ацетилен. Принципиальные технологические схемы и аппаратурное оформление процесса. Применение и переработка ацетилена.

Получение азотной кислоты. Физико-химические основы процесса окисления аммиака в оксид азота (II).Катализаторы окисления аммиака. Переработка оксидов азота. Принципиальная схема производства разбавленной азотной кислоты. Производство концентрированной азотной кислоты.

Получение аммиачной селитры. Физико-химические свойства аммиачной селитры. Основные показатели качества продукта. Добавки, улучшающие качество. Аппаратурное оформление основных стадий производства. Нейтрализация азотной кислоты аммиаком. Выпаривание воды из растворов аммиачной селитры. Гранулирование. Охлаждение гранул.

Производство карбамида. Физико-химические свойства. Физико-химические основы синтеза. Промышленные схемы производства.

Производство синильной кислоты. Свойства синильной кислоты, методы ее производства. Получение синильной кислоты контактным окислением аммиака.

Производство серы и серной кислоты. Физико-химические свойства серной кислоты и олеума. Сорта серной кислоты и олеума. Сырье для производства серной кислоты. Элементарная сера как важнейший источник сырья для производства серной кислоты. Обжиг серосодержащего сырья. Физико-химические основы процесса окисления SO2 в SO3. Катализаторы окисления диоксида серы. Одинарное, двойное и тройное контактирование. Абсорбция серного ангидрида. Аппаратура для осушки газа и абсорбции серного ангидрида. Производство серной кислоты из элементарной серы. Получение концентрированного и жидкого диоксида серы. Получение жидкого триоксида серы и высококонцентрированного олеума. Получение улучшенных и специальных сортов серной кислоты. Очистка отходящих газов и нейтрализация сточных вод.

Производство катализаторов и сорбентов. Состав промышленных катализаторов и требования к ним. Заданный химический состав катализатора. Научные основы приготовления и технологии катализаторов. Физико-химические и эксплуатационные характеристики катализаторов и сорбентов. Пористая структура контактных масс и ее роль в катализе. Удельная поверхность и методы ее измерения. Механическая прочность. Основные методы приготовления катализаторов. Основные типы катализаторов, используемых в производстве неорганических веществ, принципиальные технологический схемы их приготовления. Природа изменения активности катализатора под действием реакционной среды и условий эксплуатации. Регенерация промышленных катализаторов. Совершенствование технологических процессов с применением новых видов катализаторов.

Экологические проблемы в технологии неорганических веществ. Охрана труда. Методы глубокой очистки газов от вредных примесей. Система водоподготовки в производствах основного неорганического синтеза.

*2.2. Производство минеральных удобрений, солей и щелочей.*

История и основные тенденции развития производства минеральных удобрений, солей и щелочей. Связь изучаемой отрасли с различными отраслями народного хозяйства. География расположения предприятий отрасли в России, странах ближнего зарубежья и за границей.

Сырьевые источники для получения основных продуктов минеральной технологии (фосфориты, апатит, калийсодержащие минералы, залежи солей, рассолы, раны) Общие закономерности и принципы подготовки минерального сырья к переработке на предприятиях основной химии.

Фосфорсодержащие удобрения и их роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Классификация удобрений по растворимости, физиологической кислотности, содержанию и концентрации питательных элементов. Антагонизм и синергизм удобрений. Фосфоритная мука, ее получение, свойства и применение в сельском хозяйстве.

Мокрые методы переработки фосфорсодержащего сырья. Сернокислотное разложение. Физико-химические основы процесса. Получение экстракционной фосфорной кислоты дигидратным и полугидратным методами.

Простой, гранулированный и аммонизированный суперфосфаты. Фосфорнокислотное разложение фосфатного сырья. Получение двойного (тройного) суперфосфата.

Термохимические методы переработки природных фосфатов. Физико-химические основы производства элементарного фосфора и термической фосфорной кислоты. Их свойства и области применения. Сравнительная оценка технологии производства фосфорной кислоты термическим и экстракционным методами.

Соединения фтора. Области применения соединений фтора. Состояние сырьевой базы производств фторсоединений. производство фторидов алюминия, натрия, кальция. Кремнефториды.

Экологические проблемы, возникающие при получении фосфорсодержащих соединений. Фосфогипс, пути его утилизации. Фосфорсодержащие шлаки и феррофосфор в производстве элементарного фосфора. Обезвреживание сточных вод фосфатных производств.

Физико-химические основы азотнокислотного разложения фосфатов. Нитрофосфаты. Влияние температуры, концентрации и нормы азотной кислоты на полноту и скорость разложения фосфатного сырья.

Методы фиксации избыточного кальция в реакционной смеси перед ее аммонизацией. Способы переработки тетрагидрата нитрата кальция побочного продукта производства нитрофосфатов. Вопросы комплексной переработки фосфатного сырья.

Получение комплексных удобрений на основе экстракционной фосфорной кислоты. Аммофос, нитроаммофоска, диаммофоска.

Получение жидкофазных комплексных удобрений. Смешанные удобрения. Удобрения для закрытых грунтов.

Роль калия в развитии растений. Виды калийных солей, применяемых в качестве удобрений. Получение хлорида калия из сильвинита флотацией и галургическими методами. Виды, получение и применение бесхлорных калийных удобрений.

Физико-химические основы производства кальцинированной соды. История вопроса. Очистка солевого раствора от ионов кальция и магния. Аммонизация солевого раствора. Карбонизация аммонизированного раствора. фильтрация раствора бикарбоната натрия. Обжиг известняка и получение гашеной извести. Регенерация фильтровой жидкости.

Пути использования хлорида кальция отхода содового производства.

Производство каустической соды. Методы производства NaOH и их сравнительная характеристика. Физико-химические основы производства гидроксида натрия каустификацией содового раствора.

Получение сульфида натрия восстановлением сульфата натрия. Физико-химические основы процесса восстановления, гашения, выщелачивания плава, его упаривание и фасовка.

Получение тетрабората натрия и борной кислоты. Физико-химические основы производства.

**3. Оборудование и основы производства**

3*.1. Основы проектирования и организация проектных работ.*

Специфика проектирования для предприятий производства неорганических продуктов, цели и задачи проектирования; технико-экономическое обоснование проектируемого объекта; этапы и стадии проектирования; состав рабочей документации; отраслевые проектные организации, их структура; основные пути совершенствования проектных работ, использование методов моделирования и оптимизации химико-технологических систем с применением вычислительной техники; системы автоматического проектирования объектов неорганической технологии (САПР).

Оптимизация режима работы колонны синтеза аммиака или трубчатой печи конверсии природного газа.

*3.2. Конструкционные материалы для изготовления химического оборудования.*

Коррозия металлов и сплавов. Способы защиты металлов от коррозии. Углеродистые стали, общая характеристика и маркировка, основные компоненты, устойчивые формы твердых растворов, механические и антикоррозионные свойства черных металлов. Чугуны, общая характеристика и маркировка, легированные чугуны, области применения. Качественные конструкционные углеродистые стали. Низколегированные стали, маркировка, области применения в химическом машиностроении. Высоколегированные стали, маркировка, области применения. Понятие о жаропрочности и жаростойкости. Двухслойные стали. Цветные металлы и сплавы. Медь и сплавы на основе меди. Бронзы. Латуни. Основные области применения. Сплавы алюминия.

Природные кислотоупоры. Плавленые материалы: камни, стекла, эмали и др. Керамика: кислотоупорная. Химический состав неметаллических материалов неорганического происхождения, применяемых для химического машиностроения. Области применения в химическом машиностроении. Неметаллические материалы органического происхождения. Области термической устойчивости, механические и антикоррозионные свойства. Материалы на основе графита. Использование резины и каучуков в химическом машиностроении.

Замена цветных металлов и сплавов на неметаллические материалы. Прокладочные и набивочные материалы. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы, термостойкие и высокотемпературные цементы.

*3.3. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры.*

Требования, предъявляемые к конструированию химической аппаратуры. Особенности конструирования и изготовления аппаратов, работающих под давлением. Стандартизация и унификация в химическом машиностроении. Тонкостенные сосуды и аппараты. Понятия о категориях прочности, допускаемых напряжениях и коэффициентов запаса прочности, коэффициент прочности сварного шва и прибавка на коррозию. Расчетные и рабочие температура и давление. Гидравлические и пневматические испытания аппаратов. Расчет сосудов и аппаратов по ГОСТ 14249-80. Методы расчета на прочность колонных аппаратов, работающих под действием внутреннего и наружного избыточного давления (ГОСТ 24757-81). Понятие о моментной теории расчета. Толстостенные сосуды и аппараты. Методы изготовления, технико-экономическая оценка различных типов. Расчет толстостенных сосудов и аппаратов. Уплотнения и затворы сосудов высокого давления. Днища и крышки, область применения и расчет толщины крышки. Конструкция и способ присоединения фланцев. Опоры аппаратов. Расчет теплоизоляции.

Расчет на прочность деталей аппаратуры, работающей под внутренним избыточным давлением. Расчет на прочность аппаратов, работающих под внешним давлением. Расчет на прочность толстостенных аппаратов. Расчет толщины теплоизоляции и площади опор.

*3.4. Подбор стандартного оборудования для транспортировки материальных потоков и хранения сырья, полупродуктов и продуктов производства.*

Растворители и кристаллизаторы, классификация и области применения. Теплообменное оборудование, применяемое в химической промышленности. Теплообменники и нагревательные устройства аппаратов, классификация и области применения. Реакторы с перемешивающими устройствами, классификация, типы мешалок. Подбор и расчет перемешивающих устройств. Трубопроводы и трубопроводная арматура, назначение и классификация. Выбор труб, расчет диаметра. Определение температурных деформаций, компенсаторы. Оборудование погрузки и выгрузки пылевидного и кускового природного сырья. Оборудование для измельчения и перемещения горно-химического сырья. Организация измельчения. Дробилки, мельницы, классификаторы, элеваторы, транспортеры, расходные бункеры, питали. Подбор оборудования при проектировании с учетом механико-химических свойств сырья и производительности. Устройства для предотвращения зависания твердого сырья или полупродуктов в бункерах. Оборудование для разделения жидкофазных систем (фильтры, центрифуги и т.д.) Оборудование для хранения газов: газгольдеры. Оборудование для хранения жидкостей: резервуары, цистерны. Хранилища твердых материалов.

Расчет теплообменных аппаратов и устройств. Расчет аппаратов с перемешивающими устройствами. Расчет трубопроводов. Расчет оборудования для транспортировки материалов. Расчет оборудования для хранения химических продуктов.

*3.5. Специфическое оборудование производств неорганических веществ.*

Аппараты для проведения каталитических процессов в газовой фазе. Конструкции колонн, работающих под высоким давлением, в производствах аммиака, метанола. Специальное оборудование для массообменных процессов. Насадочные колонны, конструкции оросителей и устройств для перераспределения потоков. Типы массообменных элементов (колпачковые, сетчатые и т.д.). Конструкции абсорбционных колонн в производствах серной и азотной кислот. Печи для сжигания колчедана, серы, фосфора и т.д. Печи для высокотемпературного обжига. Оборудование для сушки. Смесители и суперфосфатные камеры. Нейтрализационные аппараты. Грануляторы.

Выбор и расчет специфического оборудования.

**Основная литература**

1. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. Учебное пособие для ВУЗов. М: ИКЦ «Академкнига», 2004.– 679 с.
2. Широков Ю.Г. Механохимия в технологии катализаторов / Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Государственной образовательное учреждение высшего профессионального образования Ивановский Государственный химико- технологический университет.– Иваново, 2005.– 368 с.
3. Промышленный катализ в лекциях № 1-5 / Под ред. проф. Носкова А.С..– М.: Калвис, 2005- 2006.
4. Исследования и разработки в области нанотехнологий: монография / под ред. В.И. Светцова. – Иваново: ГОУ ВПО Иван. гос.хим.-технол.ун-т.– 2009.–265 с.
5. Прокофьев В., Гордина Н. Экструзия катализаторов и сорбентов. Физико-химическая механика и реология. – LAP LAMBERT Academic Publishing, Deutschland, 2011. – 190 c. (11,9)
6. Исследования и разработки в области нанотехнологий: монография / под ред. В.И. Светцова. – Иваново: ГОУ ВПО Иван. гос.хим.-технол.ун-т.– 2011.–240 с.
7. Ильин А.П. История и методология химической технологии: учеб. пособие / А.П Ильин А.А Ильин; Иван. гос. хим.- технол. ун-т. – Иваново, 2011.- 68 с.
8. Ильин А.П. Современные проблемы химической технологии неорганических веществ: учеб. пособие / А.П. Ильин, А.А. Ильин; Иван. гос. хим.- технол. ун-т. – Иваново, 2011. –133 с.
9. Ильин А.П., Кунин А.В., Ильин А.А. Производство азотной кислоты: учеб. пособие. Иван. гос. хим.- технол. ун-т. – Иваново, 2011.- – 265 С.
10. Широков Ю.Г. Теоретические основы технологии неорганических веществ: учебное пособие / ГОУ ВПО Иван. гос.хим.-технол.ун-т.– Иваново, 2009.– 376 с.
11. Научные основы приготовления катализаторов. Творческое наследие и дальнейшее развитие работ профессора И.П. Кириллова: монография / под ред. А.П.Ильина; ГОУ ВПО Иван. гос.хим.-технол.ун-т.– Иваново, 2008.– 156 с.
12. Кочетков С.П. Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты / С.П.Кочетков, Н.Н.Смирнов, А.П.Ильин, Иван.гос.хим.-технол.ун-т. – Иваново, 2007. –310с.
13. Физико-химическая механика в технологии катализаторов и сорбентов / А. П. Ильин, В.Ю. Прокофьев; Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования ; Иван. гос. хим.-технол. ун-т . - Иваново, 2005. - 316 с.
14. Основы химической технологии. / Под ред. И.П. Мухленова. – М.: Высш. школа, 1991. – 452 с.
15. Позин М.Е., Зинюк Р.Ю. Физико-химические основы неорганической технологии. Учебное пособие для вузов, 20е изд., перераб. СПб: Химия, 1993.-440 с.
16. Карапетьянц М.Х.. Химическая термодинамика. Учебное пособие для вузов.-Изд.3-е.-М.: Химия, 1975.-522 с., ил.
17. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие /Пер. С англ. Под ред. Б.И.Соколова.-3-е изд.-Л.: Химия, 1982.-592 с., ил.
18. Уэйлес С. Фазовые равновесия в химической технологии, в 2-х ч. /Пер. С англ.-М.: Мир, 1989. Ч. 1.-304 с., Ч.2.-360 с.

**Дополнительная литература**

1. Третьяков Ю.Д.. Твердофазные реакции.-М.: Химия, 1978.-250 с.
2. Киперман С.Л.. Основы химической кинетики в гетерогенном катализе.-М.: Химия, 1979.-349 с.
3. Технология связанного азота /Под ред. В.И.Атрощенко. -Киев: Высшая школа, 1985.-327 с.
4. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1985.-384 с.
5. Производство азотной кислоты в агрегатах большой единичной мощности /Под ред. В.М.Олевского. М.: Химия, 1987.-464
6. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Л.: Химия, 1974. т.1.-792 с., т. 2.-760 с.
7. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений. Л.: Химия, 1989.-352 с.
8. Позин М.Е., Копылев Б.А., Бельченко Т.В. и др. Расчеты по технологии неорганических веществ. Л.: Химия, 1989.-492 с.
9. Амелин А.Г. Технология серной кислоты. М.: Химия, 1983.-360 с.
10. Производство аммиачной селитры в агрегатах большой единичной мощности /М.Е.Иванов, В.М.Олевский, Н.Н.Поляков и др.-М.: Химия, й1990.-268 с.
11. Производство аммиака /Под ред. В.П.Семенова.-М.: Химия, 1985.-385 с.
12. Водород. Свойства. Получение, хранение,транспортировка, применение: Справочное издание /Под ред. Д.Ю.Гамбурга, Н.Ф.Дубровина. -М.: Химия, 1989.-385 с.
13. Фабич Б.М., Окладников В.П., Лигач В.Н. и др. Комплексное использование сырья и отходов. М.: Химия, 1988. 288с.
14. Соколовский А.А., Унанянц Т.П. Краткий справочник по минеральным удобрениям. М.: Химия, 1977. 376с.
15. Викторов М.М. графические расчеты в технологии неорганических веществ. М.: Химия, 1972. 464с.
16. Яхонтова В.Я. и др. Кислотные методы переработки фосфатного сырья. М.: Химия, 1988. 288с.
17. Технология комплексных и фосфорных удобрений /Эвенчик С.Е., Бродский А.А./ М.: Химия, 1987. 464с.
18. Хуснутдинов В.А., Сайфуллин Р.С., Хабибуллин И.Г. Оборудование производств неорганических веществ. -Л.: Химия, 1987. -248 с.
19. Генкин А.Э. Оборудование химических заводов. -М.: Высш. школа, 1978. –272 с.
20. Тетеревков А.И., Печковский В.В. Оборудование заводов неорганических веществ и основы проектирования. -Мн.: Выща школа, 1981. -335 с.
21. Основные процессы и аппараты химической технологии / Под. ред. Ю.И. Дытнерского –М.: Химия, 1991. –496 с.
22. Основы проектирования и оборудование: Методические указания для студентов специальности 25.02.00 "Химическая технология неорганических веществ" / ИГХТУ; Сост. В.Ю. Прокофьев, Иваново, 2000, 44 с.
23. Тетеревков А.И., Печковский В.В., Новосельская Л.В. Оборудование заводов неорганических веществ. -Мн.: Выща школа, 1984. -196 с.
24. Конструирование и расчет машин химических производств / Под. ред. Э.Э. Кольмана-Иванова –М.: Машиностроение, 1985. –408 с.
25. Лаптев М.Я., Серов А.Н. Специфическое оборудование заводов неорганических веществ.- Л.: СЗПИ, 1978.-68 с.
26. Криворот А.С. Конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. -М.: Машиностроение, 1976.
27. Ульянин Е.А. Коррозионностойкие стали и сплавы: Справочник. -М.: Металлургия, 1980. -208 с.
28. Альперт Л.З. Основы проектирования химических установок. -М.: Высшая школа, 1976.
29. Макаров Ю.И., Генкин А.Э. Технологическое оборудование химических и нефтеперерабатывающих заводов. -М.: Машиностроение, 1969.
30. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. -М.: Химия, 1971.
31. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. -Л.: Химия, 1987. -576 с.
32. Кафаров В.В., Ветохин В.Н. Основы автоматизированного проектирования химических производств. М.: Наука. 1987. 623 с.
33. Рамм В.М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1976. – 654 с.
34. Вассерман И.М. Химическое осаждение из растворов. Л.: Химия, 1980. – 199 с.
35. Хамский Е.В. Кристаллизация в химической промышленности. М.: Химия,1979. – 334 с.
36. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ. М.: Химия, 1985. – 575 с.
37. Ещенко Л.С. Теоретические основы гетерогенного катализа. // Уч. пособие по дисциплине “Технология катализаторов”. – Мн. : БГТУ, 1986. – 93 с.

Программу составил \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.П. Ильин, д.т.н, профессор, зав.каф. ТНВ