

**Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет)
имени И.М. Губкина**

**Утверждена проректором по
научной и международной
работе проф. А.Ф. Максименко
14 апреля 2022 года**

П Р О Г Р А М М А

**вступительного испытания по научной специальности
2.6.13. «Процессы и аппараты химических технологий»
для поступающих в аспирантуру РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
в 2022/2023 уч. году**

Москва 2022

Введение

Программа вступительного испытания по научной специальности 2.6.13. «Процессы и аппараты химических технологий» разработана на основе требований, установленных паспортом научной специальности.

Вопросы к вступительному экзамену

Введение

Настоящая программа базируется на дисциплинах «Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии», «Процессы и аппараты химической технологии».

1. Общие сведения о процессах и аппаратах химической технологии. Современное состояние и тенденции развития процессов и аппаратов химической технологии.

Основные задачи в области интенсификации и совершенствования процессов и аппаратов химической технологии переработки нефти и газа.

Классификация процессов и аппаратов. Назначение и принципы расчёта процессов и аппаратов, и его содержание.

Материальные и энергетические балансы как основа расчета процессов и аппаратов.

Движущая сила и скорость процессов, связь с размерами аппаратов.

Основы теории переноса количества движения, теплоты, массы. Основы теории физического и математического моделирования процессов.

Исследование и моделирование процессов, обобщение экспериментальных данных на основе теорий подобия и размерностей.

2. Основные понятия и законы массообменных процессов

Роль массообменных процессов в нефтегазопереработке и нефтехимии и их особенности. Признаки массообменных процессов. Основы теории массообмена. Дифференциальные уравнения молекулярной и конвективной диффузии. Подобие в процессах массообмена.

Двухкомпонентные и многокомпонентные системы, их состав, пересчет концентраций, материальный баланс массообменных процессов. Движущая сила. Средняя движущая сила и число единиц переноса. Графическое представление массообменного процесса.

Основное уравнение массопередачи (массоотдачи). Коэффициенты массоотдачи и массопередачи, правило аддитивности фазовых сопротивлений массопереносу. Понятие об идеальном контакте фаз, единица переноса, теоретическая ступень контакта (теоретическая тарелка), графическое представление массообменного процесса.

Основные законы фазового равновесия и равновесные составы фаз. Правило фаз Гиббса и его применение к процессам массообмена.

Основные положения классификации равновесных систем. Насыщенные и ненасыщенные (перегретые) пары. Уравнение и кривая равновесия фаз бинарной смеси, изобарные температурные кривые, энтальпийная диаграмма. Расчёт равновесных составов фаз при помощи констант фазового равновесия. Равновесие двухкомпонентных систем, отклоняющихся от закона Рауля. Равновесие взаимно нерастворимых двухкомпонентных систем, образующих азеотропные смеси. Равновесие частично растворимых жидкостей, взаимно нерастворимых жидкостей. Равновесие многокомпонентной смеси в присутствии водяного пара (инертного газа). Равновесие в многокомпонентных системах.

Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз и с неподвижной поверхностью контакта фаз.

3. Перегонка и ректификация

Виды процессов перегонки, их основные особенности. Однократное и многократное испарение и конденсация. Постепенное испарение и конденсация.

Анализ процессов с использованием изобарных температурных кривых и энтальпийной диаграммы. Определение температур начала и конца однократного испарения. Особенности испарения и конденсации многокомпонентных смесей. Определение доли отгона и состава фаз при однократном испарении (конденсации). Постепенное испарение (конденсация) многокомпонентных смесей. Применяемая аппаратура.

Сущность процесса ректификации. Принципиальное устройство и типы ректификационной колонны, материальный баланс колонны и ее отдельных частей, уравнение рабочей линии и характеристики колонны и ее отдельных частей. Тепловой баланс колонны и ее отдельных частей. Назначение и способы создания орошения и подвода тепла в низ колонны. Влияние рабочих условий на процесс ректификации, выбор рабочего давления и температуры. Особенности работы колонны с вводом инертного газа (водяного пара). Графический и аналитический методы расчета числа теоретических контактов (тарелок) в колонне. Особенности и расчет ректификации многокомпонентных смесей. Определение составов ректификата и остатка, приближенные методы их расчета.

Типы, назначение и особенности контактных устройств в колоннах массообменных процессов. Определение основных размеров ректификационных колонн. Гидравлические расчеты насадочных и тарельчатых колонн.

Азеотропная и экстрактивная ректификация. Ректификация смесей близкокипящих компонентов. Влияние концентрации разделяющего агента на коэффициент относительной летучести. Схемы процессов азеотропной и экстрактивной ректификации.

4. Абсорбция и десорбция

Теоретические основы, сущность и основные закономерности процессов абсорбции и десорбции. Материальный баланс абсорбера (десорбера) и его отдельных частей. Уравнение рабочей линии. Определение числа теоретических контактов (тарелок) в абсорбере (десорбере). Фактор абсорбции (десорбции). Основное расчетное уравнение абсорбции (десорбции). Коэффициент извлечения и эффективность абсорбции (десорбции). Особенности расчета абсорбции (десорбции) многокомпонентных смесей, сухих и жирных газов. Аппараты для абсорбции и десорбции, особенности их расчета. Принципиальная технологическая схема абсорбционного процесса, осушки и очистки газа от кислых компонентов, выделения углекислоты из газовой смеси.

5. Адсорбция

Теоретические основы, сущность и основные закономерности процесса адсорбции. Типы адсорбентов и их основные характеристики. Изотерма адсорбции. Стадии и скорость адсорбции. Кинетика и динамика адсорбции. Уравнение кинетики. Мономолекулярная и полимолекулярная теории адсорбции. Особенности изотерм адсорбции из газовой смеси. Определение пористой структуры адсорбентов. Материальный и тепловой балансы. Расчет процесса адсорбции (десорбции). Основы и методы регенерации адсорбентов. Способы реализации процесса в промышленности. Короткоцикловая адсорбция, назначение, сущность и разновидности. Принципиальная технологическая схема адсорбционного процесса и ее разновидности. Определение основных размеров адсорберов.

6. Экстракция

Теоретические основы, и основные закономерности процесса экстракции. Треугольные диаграммы, их основные свойства и применение для расчета процесса экстракции.

Равновесная кривая. Однократная, многократная и противоточная экстракция и их расчет с применением треугольных диаграмм. Определение минимального и максимального расходов растворителя. Типы экстракторов и расчет их основных размеров.

7. Мембранные процессы

Теоретические основы и основные закономерности мембранных процессов. Термодинамика и кинетика мембранных процессов. Массоперенос в пористых мембранах. Массоперенос в непористых мембранах. Применение мембранных процессов. Расчет процесса мембранного разделения газов. Конструкции мембранных аппаратов.

8. Гидромеханические процессы

Дисперсные системы, их классификации и характеристики. Классификация гидродинамических (гидромеханических) процессов, назначение процессов и области их применения.

9. Осаждение

Теоретические основы и основные закономерности движения частицы в жидкой (газообразной) среде. Применение процесса осаждения. Скорость осаждения в поле силы тяжести (сил гравитации), в поле центробежных и инерционных сил, в электрическом поле. Методы интенсификации процесса осаждения частиц. Расчет отстойников. Циклоны и основы их расчета. Мультициклоны. Осадительные центрифуги. Очистка газов в электрофильтрах.

10. Фильтрация

Теоретические основы и сущность процесса. Применение процесса фильтрации. Движущая сила при фильтрации и способы ее создания. Виды и свойства фильтрующих перегородок. Осадки и их свойства. Основное дифференциальное уравнение фильтрации. Фильтрация при постоянном давлении и при постоянной скорости. Промывка осадка. Фильтрация в поле центробежных сил. Основные типы фильтров. Фильтрация газов. Отстойное центрифугирование и центробежное фильтрация.

11. Гидродинамика слоя зернистого материала

Основные понятия и характеристики слоя зернистого материала. Состояния слоя зернистого материала в зависимости от скорости газа (жидкости). Перепад давления в слое твердых частиц. Критические скорости газа (жидкости) в слое зернистого материала и их расчет. Псевдооживленный слой и область его существования. Режим работы пневмотранспорта. Гидродинамические основы работы стояков, затворов.

12. Тепловые процессы

Теоретические основы передачи теплоты. Способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре. Основные положения учения о теплопроводности. Закон Фурье. Теплопроводность, теплообмен конвекцией и излучением. Уравнения подобия при вынужденной конвекции. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкостей. Теплоотдача при конденсации.

Передача тепла через стенку. Передача теплоты лучеиспусканием, законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Снижение потерь теплоты в окружающую среду.

13. Теплообменные аппараты

Классификация и применение теплообменных аппаратов. Теплоносители и хладагенты. Выбор системы регенерации теплоты. Тепловой расчет поверхностных теплообменных аппаратов. Особенности расчета конденсаторов-холодильников. Гидравлические расчеты теплообменных аппаратов. Конструкции теплообменных аппаратов. Аппараты воздушного охлаждения. Конденсаторы-холодильники, пародистиллятные регенераторы, кристаллизаторы.

14. Трубчатые печи

Классификации трубчатых печей и их основные типы. Назначение и основные характеристики огневых нагревателей. Теплообмен в трубчатой печи и основные показатели работы трубчатой печи. Расчет процесса горения топлива, тепловой баланс. Полезная тепловая нагрузка печи и расход топлива, повышение к.п.д. трубчатых печей.

Расчет радиантной поверхности труб. Эквивалентная абсолютно черная поверхность. Эффективная лучевоспринимающая поверхность. Температура газов на перевале. Расчет конвекционной поверхности труб.

Расчет двухкамерных печей. Расчет печей с подогревом воздуха и рециркуляцией дымовых газов.

Гидравлический расчет трубчатого змеевика для одно- и двухфазных потоков и для потоков, претерпевающих изменение состава. Расчет сопротивления трубчатого змеевика. Гидравлический расчет газового тракта и тяга.

15. Искусственное охлаждение

Термодинамические основы получения низких температур. Основные аппараты получения низких температур. Хладагенты. Холодильные циклы: с дросселированием газа, с расширением газа в детандере, с внешним источником охлаждения. Технологии сжижения газа. СПГ.

16. Химические процессы

Классификация основных химических процессов переработки углеводородного сырья и реакторов. Основные типы реакторов и их применение. Тепловой эффект химической реакции и тепловой баланс химического процесса. Основы кинетики. Определение реакционного объема реактора. Материальный баланс химического процесса. Схема расчета реакционных аппаратов.

Основная литература

1. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Щелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии: Учебник для вузов. - М.: РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина, 2012. 725 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Альянс, 2005. - 750 с.
3. Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяконов Г.С. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. – Казань. – Изд-во «Лань». – 2022. – 688 с.
4. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты Учебник для вузов/Изд. 2-е. В 2-х кн.: М.: Химия, 1995. - 400 с.

5. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн. М.: Химия, 1995.—368 с.
6. Багатуров С.А. Основы теории и расчёта перегонки и ректификации Изд. 3-е, перераб. - М.: Химия, 1974. - 440 с.
7. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В 2-х т. Т.1. - М.: Химия, 1981. - 384 с.
8. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В 2-х т. Т.2. - М.: Химия, 1981. - стр. 385-812.
9. Мельников В.Б., Макарова Н.П., Федорова Е.Б. Сбор и подготовка газа и газового конденсата. Низкотемпературные процессы. – М.: ИЦ РГУ нефти и газа. – 2012. – 328 с.
10. Мельников В.Б., Макарова Н.П., Федорова Е.Б. Основы физико-химической механики жидкости и газа (Основы гидравлики). – М.: РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2022. – Электронное издание
11. Федорова, Е. Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование / Е.Б. Федорова. - М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. - 159 с.