

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по научной работе
Д.Ю. Петров
«31» мая 2019 г.



ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

НАПРАВЛЕНИЕ – 18.06.01 «Химическая технология»
НАПРАВЛЕННОСТЬ – «Процессы и аппараты химических технологий»

Саратов, 2019

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

ВОПРОСЫ

1. Классификация основных процессов химической технологии по назначению и способу проведения. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов. Стационарные и нестационарные процессы. Непрерывные и периодические процессы. Значение процессов и аппаратов химической технологии в решении народнохозяйственных и экологических проблем.
2. Гидравлика. Уравнения неразрывности потока и расхода. Объемный и массовый расход жидкости. Дифференциальное уравнение движения несжимаемой жидкости (уравнение Навье – Стокса). Гидростатика. Уравнение Эйлера и основное уравнение гидростатики. Уравнение поверхности уровня. Давление и поверхности уровня в покоящемся сосуде. Силы давления на стенки. Центр давления.
3. Гидродинамика. Основные понятия. Линия тока. Трубка тока и поток. Задачи гидродинамики. Уравнения Бернулли для идеальной жидкости. Геометрическая и энергетическая интерпретации уравнения Бернулли. Уравнение равномерного движения (Дарси–Вейсбаха). Коэффициент гидравлического сопротивления λ . Геометрическое и физическое подобие. Основы теории физического и математического моделирования процессов химической технологии.
4. Расчёт трубопроводов. Местные сопротивления. Трубопроводы простые и сложные. Задачи эксплуатации и проектирования при расчёте трубопроводов. Расчёт газопровода. Истечение жидкостей из отверстий и насадок. Неньютоновские жидкости.
5. Гидравлика дисперсных систем. Общая характеристика дисперсных систем с твёрдой фазой. Псевдооживленный слой. Скорость витания одиночной частицы.
6. Перемещение жидкостей. Классификации насосов. Основные характеристики насосной установки: производительность, напор, мощность. Поршневые насосы. Принцип действия и классификация. Производительность. Закон движения поршня. Диаграмма подачи. Неравномерность подачи. Предельная высота всасывания поршневыми насосами. Регулирование производительности. Центробежные насосы. Устройство и принцип работы. Основное уравнение центробежного насоса. Производительность центробежных насосов. Зависимость напора от производительности. Рабочая точка. Законы пропорциональности. Универсальная характеристика центробежного насоса. Последовательная и параллельная работа двух насосов. Предельная высота всасывания. Струйные насосы. Области применения насосов различных типов. Особенности сжатия и перемещения газов.
7. Гидромеханические процессы. Осаждение. Характеристики разделяемой системы. Производительность. Конструкции и расчёт отстойников: вертикальных и горизонтальных, периодических и непрерывного действия. Центробежное осаждение. Принцип

работы и конструкции центрифуг. Расчёт времени осаждения частиц в поле центробежных сил. Производительность центрифуг. Циклоны. Мультициклоны. Мощность, затрачиваемая при работе центрифуг.

8. Фильтрация Устройство и работа фильтров. Основное уравнение фильтрации. Фильтрация при постоянной движущей силе и при постоянной скорости фильтрации. Определение параметров процесса фильтрации. Фильтрация в поле центробежных сил.

9. Перемешивание. Цели процесса перемешивания. Способы перемешивания. Пневматическое перемешивание. Циркуляционное перемешивание. Перемешивание лопастными мешалками. Расчёт мощности на перемешивание для лопастей различной конфигурации.

10. Структура потоков. Общие понятия. Модели идеального вытеснения (ИВ) и идеального перемешивания (ИП). Причины продольного перемешивания. Сравнение аппаратов ИВ и ИП. Модель ИВ. Время пребывания. Кривые отклика. Результирующий эффект процесса. Модель ИП: время пребывания (распределение), кривые отклика, результирующий эффект. Параметры кривых отклика моделей ИВ и ИП.

11. Структура потоков в реальных аппаратах. Ячеечная модель. Сущность модели. Расчётные соотношения. Диффузионная модель потока с продольным перемешиванием. Сущность модели. Расчётные соотношения. Кривые отклика. Сопоставление и оценка моделей различных уровней. Экспериментальное изучение продольного перемешивания. Общие положения. Связь кривых отклика с функциями распределения. О среднем времени пребывания. Выбор модели и определение её параметров методом моментов.

12. Тепловые процессы и аппараты. Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов. Промышленные способы подвода и отвода тепла к химической аппаратуре. Конструктивный и поверочный расчёты теплообменных аппаратов. Основы теории теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Движущая сила стационарного процесса и температурные профили теплоносителей в рекуперативных аппаратах при прямо-, против- и смешанном токе.

13. Выпаривание. Физико–химические основы процесса выпаривания. Типовая схема однокорпусной выпарной установки с барометрическим конденсатором смешения и принцип расчёта основных технологических и конструктивных параметров аппарата. Многокорпусная выпарная установка, принципиальная схема и расчёт основных технологических и конструктивных параметров аппаратов. Выпарные аппараты с тепловым насосом. Повышение эффективности выпарных установок за счёт утилизации теплоты.

14. Основы теории массопередачи и методы расчёта массообменной аппаратуры. Основы массопередачи. Классификация массообменных процессов. Конструкции массообменных аппаратов: тарельчатые и насадочные. Концентрации: массовые и мольные; абсолютные и относительные. Правило перевода из одних в другие. Концентрационный треугольник. Фазовое равновесие в диаграмме $y - x$ и в треугольной диаграмме. Направление и движущая сила массообменного процесса. Основное уравнение массопередачи. Общая схема процесса массопереноса в

аппарате и влияние отдельных стадий на результат для простейшего случая (идеальное перемешивание в каждой из фаз). Поверхностная (кинетическая) и балансовая задачи. Уравнение рабочих линий при прямоточном и противоточном движении фаз в режиме идеального вытеснения. Графический (точный и упрощённый) способ определения числа теоретических ступеней. Аналитический расчёт числа теоретических ступеней при прямой линии равновесия. Конструкции тарелок: колпачковая, ситчатая, клапанная. К.п.д. тарелок. Расчёт высоты тарельчатых колонн.

15. Расчёт насадочных массообменных аппаратов. Общий путь расчёта высоты насадочных аппаратов. Двухплёночная теория массопередачи. Определение коэффициентов массопередачи K_x и K_y при известных коэффициентах массоотдачи в фазах β_x и β_y . Подходы к расчёту β . Расчёт средней движущей силы процесса массопередачи в общем случае (кривая линия равновесия) и при прямой линии равновесия.

16. Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз. Абсорбция. Требования к абсорбенту. Равновесие при абсорбции. Влияние температуры и давления. Схема абсорбционно–десорбционной установки. Абсорбция с рециркуляцией абсорбента.

Процессы перегонки (дистилляция и ректификация). Фазовое равновесие жидкость – пар для жидких бинарных смесей. Идеальные смеси с полной взаимной растворимостью компонентов. Закон Рауля. Диаграмма $P-x$, y . Диаграммы $t-x$, y и $y-x$.

17. Экстракция. Основные понятия. Требования к экстрагенту. Схемы проведения процессов. Конструкции экстракторов. Расчёты процессов однократной, порционной (дробной) и противоточной экстракции при полной взаимной нерастворимости разбавителя и экстрагента, при $m = \text{const}$ и $m \neq \text{const}$. Распределение экстрагента по ступеням при $m = \text{const}$. Расчёт процессов экстракции при частичной взаимной растворимости разбавителя и экстрагента. Равновесие в треугольной диаграмме. Однократная и порционная экстракции. Расчёт числа ступеней при непрерывной противоточной экстракции.

18. Массообменные процессы в системах с неподвижной поверхностью контакта фаз. Растворение и выщелачивание (экстракция из твёрдых тел). Конструкции аппаратов и схемы проведения процессов. Физический смысл и построение. Линии нижнего продукта (потока). Расчёт процессов однократного, порционного и противоточного выщелачивания.

19. Сушка влажных материалов. Условия сушки. Свойства влажного воздуха. Влагосодержание и относительная энтальпия влажного воздуха. Условный удельный объём влажного воздуха. Диаграмма $I-x$. Её построение. Свойства влажного материала. Относительная влажность. Теплоёмкость материала. Конструкции сушилок. Материальный и тепловой расчёт сушилок. Параметры процесса сушки. Теоретическая сушилка и построение реальных процессов сушки. Полный расход теплоты в сушилке и его распределение между калорифером и сушильной камерой. Многозональная сушилка. Расход теплоты. Порядок расчёта реальных сушилок. Расчёт сушилок с рециркуляцией отработанного воздуха. Схема установки и изображение процесса сушки

материалов инертным газом. Сушка топочными газами. Схема установки. Диаграмма I – x при сушке топочными газами. Алгоритм расчёта.

20. Адсорбция. Равновесие при адсорбции. Конструкции адсорберов. Расчёт адсорберов с ПС. Непрерывная адсорбция в условиях балансовой задачи. Расчёт одноступенчатого (с ПС) и многоступенчатого адсорберов в условиях внутренней задачи. Определение к.п.д. ступени в условиях балансовой и внутренней задач. Расчёт адсорберов непрерывного действия с движущимся слоем сорбента. Объёмный коэффициент массопередачи. Периодическая адсорбция. Идеальная и реальная адсорбция. Уравнение Шилова. Экспериментальное определение констант уравнения Шилова. Теоретический расчёт скорости движения фронта сорбции и времени потери защитного действия слоя. Динамическая ёмкость сорбента.

21. Основные понятия и классификация процессов кристаллизации. Фазовое равновесие для однокомпонентных и бинарных смесей. Фракционная кристаллизация. Схема установки и расчет процесса однократной фракционной кристаллизации бинарных смесей. Кристаллизация из растворов. Способы получения пересыщенных растворов. Выпарные кристаллизаторы с частичной отгонкой растворителя. Технологические схемы процесса перекристаллизации из раствора. Мембранные процессы. Общие понятия и классификация процессов мембранных процессов. Основные механизмы переноса вещества через мембраны. Конструкции мембранных ячеек. Основы расчёта процессов мембранного разделения при различных структурах потоков.

22. Измельчение и классификация твёрдых материалов.

Способы измельчения. Затраты энергии. Основной принцип измельчения. Схемы. Щековые дробилки. Угол захвата. Производительность. Предельное число качений. Расход энергии. Валковые дробилки. Условие захвата. Размеры измельчаемых кусков. Производительность. Мощность. Шаровые мельницы. Принцип действия. Число оборотов. Мощность. Коллоидные мельницы. Классификация сыпучих материалов. Критерий качества разделения. Грохочение. Конструкции грохотов. Разделение в тяжелых средах. Гидравлическая и пневматическая классификация. Отстойник – классификатор. Инерционные воздушные сепараторы. Простой воздушный сепаратор. Воздушный проходной сепаратор.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кудинов А.А. Гидрогазодинамика. М.: ИНФРА-М, 2013. – 336 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: ООО «ИД Альянс», 2009. – 753 с.
3. Романков П.Г., Павлов К.Ф., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. М: ООО «ИД Альянс», 2006 г. – 576 с.
4. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: ООО «ИД Альянс», 2008. – 496 с.
5. Фролов В.Ф., Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» Спб.: Химиздат, 2003. – 608 с.

6. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1981. В двух книгах. – 812 с.
7. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1968. – 847 с.
8. Машины и аппараты химических производств. Под ред. И.И. Чернобыльского. М.: Машиностроение, 1974. – 456 с.
9. Машины и аппараты химических производств. Под ред. И.И. Поникарова. М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
10. Коган В.Б. Теоретические основы типовых процессов химической технологии. Л.: Химия, 1977. 592 с.
11. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы Л.: Химия, – 1986 с.
12. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Теплообменные процессы химической технологии. Л.:Химия, 1982 . 288 с.
13. Таубман Е.И. Выпаривание. М.: Химия, 1982, – 328 с.
14. Кафаров В.В. Основы массопередачи. М.: Высшая школа. 1979, – 439 с.
15. Багатуров С.А. Основы теории и расчета перегонки и ректификации. М.: Химия, – 1974 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Рамм В.М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1976. – 656 с.
2. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. М.:Химия, 1971. – 296 с.
3. Романков П.Г., Рамковская Н.Б., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии. Л.: Химия, 1975, – 336 с.
4. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия.1970. 432 с.
5. Усюкин И.П. Техника низких температур. М.: Пищевая промышленность. 1977 – 120 с.
6. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. М.: Химия, 1977. – 369 с.
7. Макаров Ю.И., Генкин А.Э. Технологическое оборудование химических и нефтегазоперерабатывающих заводов. М.: Машиностроение. 1976 . – 368 с.
8. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. Л.: 1991. – 352 с.
9. Рабинович Е.З. Гидравлика.-М.:Недра, 1980. – 220 с.
10. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1987. – 496 с.

Председатель
экзаменационной комиссии



Директор ФТИ
проф. Гороховский А.В.