

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждения высшего образования  
«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)»

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО  
СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

НАУЧНАЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: 2.6.13 Процессы и аппараты химических  
технологий

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ: очная

Москва – 2023

## 1. Общие положения

Прием вступительных испытаний регламентирован Правилами приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)».

## 2. Содержание и структура вступительного экзамена

Экзаменационные билеты формируются из перечня вопросов, представленных в программе вступительного испытания.

Каждый экзаменационный билет включает 2 вопроса.

Время выполнения работы – 60 минут.

## 3. Цели вступительных испытаний

Выявление специальных знаний, полученных в процессе получения высшего образования в специалитете и(или) магистратуре, научного потенциала и объективной оценки способности лиц, поступающих в аспирантуру.

## 4. Критерии выставления оценок по результатам выполнения экзаменационных заданий по специальной дисциплине

Максимальное количество баллов за вступительные испытания – 100 баллов

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 50 баллов

<b>КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ</b>	<b>БАЛЛ</b>
Дан полный, развёрнутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном ориентировании понятиями, умении выделять существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию.	95-100
Дан полный, развёрнутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается чёткая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочёты в определении понятий, исправленные самостоятельно в процессе ответа.	85-94
Дан полный, развёрнутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ чётко структурирован, логичен, изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочёты и незначительные ошибки, исправленные самостоятельно в процессе ответа.	76-84
Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный	65-75

вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	
Дан неполный ответ, логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения. Допущены грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей. В ответе отсутствуют выводы. Умение раскрыть конкретные проявления обобщённых знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.	50-64
Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствует фрагментарность, нелогичность изложения. Не понимает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы не приводят к коррекции ответа не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.	49 и ниже

## 5. Список тем специальной дисциплины

### 1. 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.

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  $\lambda_r$ . Геометрическое и физическое подобие. Основы теории физического и математического моделирования процессов химической технологии.

Расчёт трубопроводов. Местные сопротивления. Трубопроводы простые и сложные. Задачи эксплуатации и проектирования при расчёте трубопроводов. Расчёт газопровода.

Истечение жидкостей из отверстий и насадков. Неньютоновские жидкости.

Гидравлика дисперсных систем. Общая характеристика дисперсных систем с твёрдой фазой. Псевдооживленный слой. Скорость витания одиночной частицы.

### 2. 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

### **3. 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.

Фильтрование. Устройство и работа фильтров. Основное уравнение фильтрования. Фильтрование при постоянной движущей силе и при постоянной скорости фильтрования. Определение параметров процесса фильтрования. Фильтрование в поле центробежных сил.

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

### **4. 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.

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.

### **5. 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.

### **6. 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.

### **7. 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. 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  $\beta_x$  и  $\beta_y$ . Подходы к расчёту  $\beta$ . Расчёт средней движущей силы процесса массопередачи в общем случае (кривая линия равновесия) и При прямой линии равновесия.

## **8. 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  $y - x$ .

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.

## **9. 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.

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. Расчёт основных потоков.

Адсорбция и ионный обмен. Равновесие при адсорбции и ионном обмене. 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.

Основные понятия и классификация процессов кристаллизации. Фазовое равновесие для однокомпонентных и бинарных смесей. Фракционная кристаллизация. Схема установки и расчёт 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.

## **10. 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. Классификатор резины – тканевых изделий. Инерционные воздушные сепараторы. Простой воздушный сепаратор. Воздушный проходной сепаратор.

### **6. Рекомендованная литература.**

1. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: в 2-х книгах. Кн.1. Носов Г.А., Айнштейн В.Г., Захаров М.К. и др. М., Логос-М, 2006.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М., ООО ТИД “Альянс”, 2005 г.
3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. М., ООО ТИД “Альянс”, 2005 г.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2-х кн. М.: Химия, 2002.
5. Игнатович Э. М. Химическая техника. Процессы и аппараты. В 3 частях: Техносфера, 2007 -284 с.
6. Экологические проблемы отделочного производства. Учеб. для ВУЗов / Под ред. С.Ф. Садовой / М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2002.-284 с.
7. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. СПб.: Химиздат, 2009.
8. Кошелева М.К. Промывка и контактная сушка хлопчатобумажных тканей после мерсеризации. Учеб.пособие. М.: ГОУВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2009.- 52с.
9. Рудобашта С.П., Карташов Э.М. Диффузия в химико-технологических процессах. - 2-е изд., перераб. и доп.-ил.-(учебники и учеб. пособия для аспирантов высших учебных заведений) М.: Колос С,2010. -478с.
10. Экологическая безопасность технологических процессов Сажин Б.С. и др. Под общ.ред. Сажина Б.С. – М.: МГТУ им.А.Н. Косыгина, 2007. -391с.
11. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. М.:Химия, 1987.
12. Кафаров В.В. Основы массопередачи. М.:Высш. шк., 1979.

13. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 1: Основы теории процессов химической технологии / Д.А. Баранов, А.В. Вязьмин, А.А. Гухман и др.; Под ред. А.М. Кутепова. М.:Логос, 2001.
14. Процессы и аппараты химической технологии. Т. 2: Механические и гидромеханические процессы / Д.А. Баранов, В.Н. Блиничев, А.В. Вязьмин и др.; Под ред. А.М. Кутепова. М.: Логос, 2001.
15. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 1,2 / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др. М.: Химия, 1999, 2000.
16. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.:Химия, 1985.
17. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.:Высшаяшкола, 1967.
18. Левеншпиль О. Инженерное оформление химических процессов. М.:Химия, 1969.
19. Химическая гидродинамика / А.М. Кутепов, А.Д. Полянин, З.Д. Запryanов и др. М.: БюроКвантум, 1996.
20. Нелинейная динамика и термодинамика необратимых процессов в химии и химической технологии / Э.М. Кольцова, Ю.Д. Третьяков, Л.С. Гордеев, А.А. Вертегел. М.: Химия, 2001.
21. Дытнерский Ю.И. Мембранные процессы разделения жидких смесей. М.:Химия, 1975.
22. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1987.
23. Теория тепломассообмена / Под ред. А.И. Леонтьева. М.:Высш. шк., 1979.

#### 7. Информационно-справочные и поисковые системы.

Информационно-поисковые системы:

[www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru)

и

Базыданных:

1. <http://www.dissercat.com/catalog/tekhnicheskie-nauki/>
2. <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
3. <http://e-library.ru>
4. <http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>
5. <http://www.msu.ru/libraries/>