

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.С. КУРНАКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИОНХ РАН)

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ИОНХ РАН
чл.-корр.РАН В.К. Иванов
« » 2019 г.



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплинам, относящимся
к специальности «Процессы и аппараты
химических технологий»

подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки
18.06.01 – ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Направленность (профиль)
Процессы и аппараты химических технологий

Москва
2019 г.

Специальность 05.17.08 *Процессы и аппараты химических технологий* включает в себя изучение следующих дисциплин:

- Процессы и аппараты химических технологий;
- Разделение жидких и газовых систем (дисциплина по выбору);
- Макрокинетика химических процессов (дисциплина по выбору);
- Механические процессы в химической технологии (факультативная дисциплина).

По данным дисциплинам, отражающим специфику направленности (профиля) программы аспирантуры и характер подготовки аспирантов, предусматривается экзамен, сдаваемый на 3-м или 4-м году обучения в виде кандидатского экзамена по специальности 05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий.

ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ

Текущим контролем при изучении дисциплин, относящимся к специальности 05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий, является посещение аудиторных и лабораторных занятий и активное участие в обсуждениях на занятиях.

Текущий контроль по дисциплинам проводится в форме вопроса-ответа в рамках участия обучающихся в дискуссиях и различных мероприятиях, осуществляющим преподавателем, ведущим дисциплину.

ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ОБСУЖДЕНИЯ НА ЗАНЯТИЯХ:

Вопросы текущего занятия № ...

1. Гидродинамика двухфазных течений в системах газ-жидкость.
2. Гидродинамика двухфазных течений в системах жидкость-жидкость.
3. Разделение суспензий методом отстаивания: закономерности процесса и аппаратурное оформление.
4. Методы разделения эмульсий, их аппаратурное оформление и расчет.
5. Методы разделения суспензий в поле центробежных сил, их аппаратурное оформление и расчет.
6. Аппаратурное оформление и методы расчета процесса перемешивания жидких сред.
7. Мокрая очистка газов от пыли: аппаратурное оформление и расчет.
8. Математическое описание переноса теплоты теплопроводностью. Краевые условия задач теплопроводности.
9. Математические модели рекуперативных теплообменников.
10. Конструкции рекуперативных теплообменников.
11. Регенеративные теплообменники: конструкции и расчет.
12. Смесительные теплообменники: конструкции и расчет.
13. Способы подвода теплоты в промышленной химической аппаратуре.
14. Методы охлаждения в промышленной химической аппаратуре.
15. Абсорбция: закономерности процесса и области ее промышленного применения.
16. Аппаратурное оформление абсорбционно-десорбционных процессов.
17. Абсорбция, сопровождающаяся химической реакцией в жидкой фазе: методы расчета.
18. Экстракция в системе жидкость-жидкость: закономерности процесса и области ее промышленного применения.
19. Аппаратурное оформление процесса экстракции.
20. Моделирование процесса сушки капиллярно-пористых материалов.

Тестовые задания для проверки минимального уровня знаний

1. Какой критерий характеризует режим движения жидкости (одиночный выбор):
 - a) Рейнольдса;
 - b) Эйлера;
 - c) Фруда;
 - d) гомохронности
2. Что характеризует критерий гомохронности (одиночный выбор):
 - a) отношение сил давления и сил инерции в потоке;
 - b) отношения сил инерции и сил тяжести в потоке;
 - c) отношения сил инерции и сил вязкого трения в потоке, характеризует гидродинамический режим движения жидкости;
 - d) изменение скорости потока в пространстве и времени при неустановившемся движении жидкости.
3. Что характеризует критерий Эйлера (одиночный выбор):
 - a) отношение сил давления и сил инерции в потоке;
 - b) отношения сил инерции и сил тяжести в потоке;
 - c) отношения сил инерции и сил вязкого трения в потоке;
 - d) изменение скорости потока в пространстве и времени при неустановившемся движении жидкости?
4. Что характеризует критерий Рейнольдса (одиночный выбор):
 - a) соотношение силы инерции и силы вязкостного трения;
 - b) соотношение силы веса и силы инерции;
 - c) соотношение силы инерции и силы давления;
 - d) соотношение силы веса и силы давления?
5. Дайте определение естественной конвекции (одиночный выбор):
 - a) перенос теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленных только температурой и оптическими свойствами среды;
 - b) перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом;
 - c) перенос теплоты за счет перемещения потоков жидкости или газа происходящего вследствие затраты механической энергии;
 - d) перенос теплоты за счет перемещения жидкости или газа, вызванного разностью плотностей в различных точках пространства вследствие различия температур.
6. Что характеризует критерий Нуссельта (одиночный выбор):
 - a) характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости;
 - b) характеризует соотношение сил вязкого трения и подъемной силы, описывает режим свободного движения теплоносителя;
 - c) характеризует физико-химические свойства теплоносителя и является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке;
 - d) характеризует соотношение сил тяжести и сил вязкого трения в потоке
7. Что характеризует критерий Прандтля (одиночный выбор):
 - a) характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости;
 - b) характеризует подобия неустановившихся процессов теплообмена;
 - c) характеризует физико-химические свойства теплоносителя и является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке;
 - d) характеризует соотношение сил тяжести и сил вязкого трения в потоке
8. Что характеризует критерий Фурье (одиночный выбор):
 - a) характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости;
 - b) характеризует подобия неустановившихся процессов теплообмена;
 - c) характеризует физико-химические свойства теплоносителя и является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке;

d) характеризует соотношение сил тяжести и сил вязкого трения в потоке

9. Что характеризует критерий Грасгофа (одиночный выбор):

a) характеризует подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости;

b) характеризует подобию неустановившихся процессов теплообмена;

c) характеризует физико-химические свойства теплоносителя и является мерой подобия температурных и скоростных полей в потоке;

d) характеризует соотношение сил вязкого трения и подъемной силы, описывает режим свободного движения теплоносителя

10. Как называется величина, показывающая какое количество вещества диффундирует в единицу времени через единицу поверхности при градиенте концентрации, равном единице (одиночный выбор):

a) коэффициент массоотдачи;

b) коэффициент молекулярной диффузии;

c) коэффициент массопередачи;

d) коэффициент распределения?

11. Что характеризует диффузионный критерий Фурье (одиночный выбор):

a) характеризует физические свойства фазы;

b) характеризует подобие неустановившихся процессов массообмена;

c) характеризует массоотдачу на границе раздела фаз;

d) является мерой соотношения количества вещества, переносимого в потоке за счет конвекции, к количеству вещества, переносимому в этом же потоке за счет молекулярной диффузии?

12. Что характеризует диффузионный критерий Нуссельта (одиночный выбор):

a) характеризует физические свойства фазы;

b) характеризует подобие неустановившихся процессов массообмена;

c) характеризует массоотдачу на границе раздела фаз;

d) является мерой соотношения количества вещества, переносимого в потоке за счет конвекции, к количеству вещества, переносимому в этом же потоке за счет молекулярной диффузии?

13. Что характеризует диффузионный критерий Прандтля (одиночный выбор):

a) характеризует физические свойства фазы;

b) характеризует подобие неустановившихся процессов массообмена;

c) характеризует массоотдачу на границе раздела фаз;

d) является мерой соотношения количества вещества, переносимого в потоке за счет конвекции, к количеству вещества, переносимому в этом же потоке за счет молекулярной диффузии?

14. Что такое турбулентная диффузия (одиночный выбор):

a) процесс переноса распределяемого вещества, обусловленный беспорядочным движением микрочастиц;

b) конвективный перенос вещества под действием турбулентных пульсаций;

c) процесс переноса вещества за счет перемещения его макроскопических объемов, обусловленный скоростью движущегося потока;

d) процесс переноса вещества из ядра потока к границе раздела фаз или от границы раздела фаз в ядро потока.

15. Что характеризует диффузионный критерий Пекле (одиночный выбор):

a) характеризует физические свойства фазы;

b) характеризует подобие неустановившихся процессов массообмена;

c) характеризует массоотдачу на границе раздела фаз;

d) является мерой соотношения количества вещества, переносимого в потоке за счет конвекции, к количеству вещества, переносимому в этом же потоке за счет молекулярной диффузии.

16. Как называется величина, показывающая какое количество вещества переносится из одной фазы в другую фазу через единицу поверхности контакта фаз в единицу времени при движущей силе массопередачи, равной единице (одиночный выбор):

a) коэффициент массоотдачи;

b) коэффициент молекулярной диффузии;

c) коэффициент массопередачи;

d) коэффициент распределения.

Вопросы текущего занятия № ...

1. Что такое адсорбция и ее отличие от процесса абсорбции?
2. Твердые адсорбенты, основные их свойства.
3. Равновесие при адсорбции.
4. Изотермы адсорбции.
5. Понятие степени отработки адсорбенты.
6. Послойная фронтальная отработка слоя адсорбента.
7. Массопередача при адсорбции.
8. Что такое объемный коэффициент массопередачи.
9. Десорбция. Ее цели.
10. Десорбирующие агенты.
11. Что такое динамический пар при десорбции.
12. Адсорберы с неподвижным слоем адсорбента.
13. Адсорберы с движущимся слоем поглотителя.
14. Адсорберы с псевдооживленным слоем адсорбента.
15. Подходы к расчету высоты адсорбера.
16. Расчет расхода адсорбента.
17. Ионообменные процессы. Общие сведения.
18. Основные типы ионоанитов. Области применения.
19. Понятия абсорбции и хемосорбции.
20. Что такое коэффициент или константа Генри?
21. Что такое константа фазового равновесия?
22. Колпачковые конструкции тарелок абсорбера.
23. Ситчатые тарелки. Область применения.
24. Принцип работы насадочных колонн.
25. Принцип работы тарельчатых колонн.
26. Распыливающие абсорберы. Привести два примера.
27. Конструкции брызгоуловителей.
28. Число степеней свободы в процессе разделения.
29. Что такое идеальные смеси?
30. Простая перегонка. Ее недостатки.
31. Какая часть ректификационной колонны называется «укрепляющей»?
32. Какая часть ректификационной колонны называется «исчерпывающей»?
33. Дефлегматор, его назначение.
34. Материальный баланс ректификационной колонны.
35. Что такое флегмовое число?
36. Расчет минимального флегмового числа.
37. Что такое реальное флегмовое число?
38. Что такое азеотропная ректификация?
39. Подход к расчету высоты ректификационной колонны.

Вопросы текущего занятия № ...

1. Технологические критерии оценки эффективности протекания процесса в химическом реакторе: степень превращения реагента, выход продукта, связь между ними.
2. Технологические критерии оценки эффективности процесса, протекающего в химическом реакторе: селективность процесса получения продукта, расходные коэффициенты по сырью. Связь селективности со степенью превращения и выходом продукта.
3. Уровень химического процесса и уровень химического реактора в иерархической структуре химического производства.
4. Общая характеристика гомогенных процессов. Аппаратурное оформление гомогенных некаталитических процессов.
5. Гомогенные некаталитические процессы: термодинамические закономерности влияния температуры на степень превращения реагента (выход продукта).

6. Гомогенные некаталитические процессы: термодинамические закономерности влияния давления на степень превращения реагента (выход продукта).
7. Гомогенные некаталитические процессы: термодинамические закономерности влияния концентраций реагентов, продуктов и инертных примесей на равновесие реакций.
8. Гетерогенные процессы: общая характеристика и особенности. Аппаратурное оформление гетерогенных некаталитических процессов в системе «газ-твердое тело», «газ-жидкость».
9. Кинетические закономерности гетерогенных процессов. Пути интенсификации гетерогенных процессов.
10. Гетерогенные некаталитические процессы «газ-твердое тело»: квазигомогенная модель, ее характеристика.
11. Гетерогенные некаталитические процессы в системе «газ-твердое тело»: модель с фронтальным перемещением зоны реакции, ее характеристика.
12. Гетерогенные некаталитические процессы в системе «газ-твердое тело»: вывод уравнения скорости процесса, его анализ.
13. Гетерогенные некаталитические процессы «газ-твердое тело»: кинетические закономерности, пути интенсификации, их теоретическое обоснование.
14. Гетерогенные некаталитические процессы в системе «газ-твердое тело»: лимитирующая стадия, способы ее определения.
15. Гетерогенные некаталитические процессы в системе «газ-жидкость»: пленочная модель, ее характеристика.
16. Гетерогенные некаталитические процессы «газ-жидкость»: кинетические закономерности, пути интенсификации, их теоретическое обоснование.
17. Промышленный катализ: сущность, механизм, назначение.
18. Виды каталитических процессов, их характеристика.
19. Стадии гетерогенно-каталитического процесса на твердом катализаторе.
20. Технологические характеристики твердых катализаторов.
21. Состав и способы изготовления контактных масс. Аппаратурное оформление гетерогенных каталитических процессов.
22. Классификация химических реакторов.
23. Моделирование химических реакторов: понятие об элементарном объеме и элементарном промежутке времени, уравнение материального баланса химического реактора (в общем виде) и его анализ.
24. Общая характеристика идеальных моделей химических реакторов (допущения об идеальности, характер изменения параметров в зависимости от объема реактора и от времени).
25. Уравнение материального баланса РИС-Н. Вывод характеристического уравнения.
26. Уравнение материального баланса РИС-П. Вывод характеристического уравнения.
27. Уравнение материального баланса РИВ. Вывод характеристического уравнения.
28. КРИС-Н: характеристика, назначение. Уравнение материального баланса КРИС-Н.
29. Графический метод расчета КРИС-Н.
30. Аналитический метод расчета КРИС-Н.
31. Методика расчета объема РИС-П.
32. Сравнение эффективности работы химических реакторов, описываемых различными моделями (по объему и интенсивности работы).
33. Сравнение эффективности работы химических реакторов, описываемых различными моделями (по селективности протекания целевой реакции).
34. Сравнение эффективности работы химических реакторов, описываемых различными моделями (по выходу продукта).
35. Уравнение теплового баланса химического реактора в общем виде, его анализ. Тепловые режимы работы реакторов.
36. Математическое описание РИС-Н в различных тепловых режимах.
37. Математическое описание РИС-П в различных тепловых режимах.
38. Математическое описание РИВ в различных тепловых режимах.
39. Тепловая устойчивость работы реакторов (на примере адиабатического РИС-Н).

40. Способы повышения степени превращения реагентов в случае проведения процесса в адиабатическом РИС-Н.
41. Способы поддержания оптимального температурного режима в случае протекания обратимой экзотермической реакции.
42. Причины отклонения от идеальности в реальных реакторах. Характеристика и уравнение материального баланса однопараметрической диффузионной модели.
43. Причины отклонения от идеальности в реальных реакторах. Характеристика ячеечной модели.
44. Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания в идеальных и реальных проточных реакторах.
45. Сущность экспериментального метода изучения функций распределения путем исследования «кривых отклика».

Вопросы текущего занятия № ...

1. Достоинства и недостатки щековых дробилок.
2. Принцип работы конусных дробилок.
3. Валковые дробилки. Приводы дробилок.
4. Расчет производительности валковых дробилок. Условие захвата крупных частиц в валки.
5. Молотковые дробилки. Принцип работы. Устройство.
6. Расчет потребляемой мощности молотковыми дробилками.
7. Роторные дробилки. Их отличие от молотковых дробилок.
8. Достоинства и недостатки молотковых роторных дробилок.
9. Принципиальное устройство ножевых дробилок. Область их применения.
10. Зависимость удельных затрат энергии (кВт·ч/т) от конечного размера измельчаемых материалов.
11. Классификация мельниц.
12. Основные типы мельниц сжатием, раздавливанием и истиранием.
13. Достоинства и недостатки мельниц с шаровой загрузкой (с мелющими шарами).
14. Принцип работы многокамерной шаровой мельницы.
15. Основные факторы, влияющие на производительность шаровых мельниц.
16. Область применения шарокольцевых мельниц.
17. Область применения вибрационных мельниц.
18. Принцип работы центробежно-планетарных мельниц.
19. Основные типы мельниц, измельчающих материалы свободным или стесненным ударом.
20. Перспективные типы мельниц ударно-отражательного принципа действия.
21. Закономерности конструирования многоступенчатых мельниц ударно-отражательного принципа действия.
22. Понятия распределительной и избирательной (вероятности разрушения) функций при расчете гранулометрического состава продуктов измельчения.
23. Мельницы ударно-отражательного принципа действия со встроенными классификаторами.
24. Устройство О-образной струйной мельницы.
25. Устройство струйной мельницы с плоской размольной камерой.
26. Струйные мельницы с псевдооживленным слоем.
27. Достоинства и недостатки струйных мельниц.
28. Основные типы мельниц «мокрого» помола.
29. Кавитационно-коллоидные мельницы. Принцип работы. Область применения.
30. Почему практически невозможно получить продукты, содержащие 100 % частиц с размерами менее 1 мкм (наноразмеры) в мельницах «сухого» помола?
31. Минимальный размер частиц, достигаемый при измельчении.
32. Назовите основное условие, которое необходимо реализовать в любой мельнице с целью повышения эффективности ее работы.
33. Понятие граничного размера в пневматических и в центробежно-пневматических классификаторах.
34. Основные типы пневматических классификаторов.
35. Центробежно-пневматические классификаторы. Основные типы.

36. Роторные центробежно-пневматические классификаторы.
37. Принципы разделения полидисперсных порошков в центробежно-пневматических классификаторах.
38. Смесители порошкообразных материалов периодического действия. Основные типы.
39. Кинетика смешения порошков в смесителях периодического действия.
40. Напишите выражение для расчета критерия качества смеси – коэффициента вариации.
41. Циркуляционные смесители. Основные типы.
42. Барабанные смесители. Основные типы.
43. Смесители для смешения вязких и липких материалов.
44. Смесители непрерывного действия. Достоинства и недостатки.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ – КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН

В билет кандидатского экзамена включается 2 экзаменационных вопроса из программы дисциплин, относящимся к специальности 05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий.

1. Системный анализ процессов химической технологии

Основные принципы системного анализа; взаимосвязь явлений в отдельных процессах и аппаратах; иерархия явлений и их соподчиненность в изучении процессов и аппаратов; иерархическая структура химического производства; взаимовлияние аппаратов. Математическое моделирование как современный метод анализа и синтеза химико-технологических процессов и химико-технологических систем. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии, формы представления информации о процессе (управления, регрессии, дифференциальные уравнения, интегральные уравнения, конечные и конечно-разностные уравнения). Постановка задачи математического описания процесса. Два подхода к составлению математической модели процесса: детерминированный и стохастический. Их возможности и сферы использования. Теория подобия и анализ размерностей. Подобные преобразования, физическое моделирование, метода характеристических масштабов. Основы теории переноса количества движения, энергии, массы; гидродинамика и гидродинамические процессы: основные уравнения движения жидкостей, гидродинамическая структура потоков, сжатие и перемешивание газов, разделения неоднородных жидких и газовых систем, перемешивание в жидких средах.

2. Типовые модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия

Модель идеального смешения. Вывод дифференциального уравнения модели. Вид функции отклика модели на стандартные возмущения. Частотные характеристики модели. Условия реализуемости принятых допущений в приложении к аппаратам химической технологии. Модель идеального вытеснения. Вывод дифференциального уравнения модели. Передаточная функция. Вид функции отклика и частотные характеристики модели. Сравнительная оценка идеальных моделей. Энтропийная оценка меры упорядоченности движения частиц. Каноническое и микроканоническое распределение Гиббса. Фактор распределения как выражение второго закона термодинамики. Учет рассеяния по времени пребывания. Ячеечная модель. Свойство детектируемости. Частотные характеристики и вид функции отклика. Вывод уравнения предельного перехода к модели идеального вытеснения. Диффузионная модель. Комбинированные (многопараметрические) модели. Байпасирование. Последовательное и параллельное включение ячеек идеального смешения и вытеснения. Модель с застойной зоной.

3. Течение жидкости в пленках, трубах, струях и пограничных слоях

Уравнения и граничные условия гидродинамики. Течение, вызванное вращением диска. Гидродинамика тонких стекающих пленок. Струйные течения. Ламинарное течение в трубах различной формы. Продольное обтекание плоской пластины. Пограничный слой. Движение частиц, капель, пузырей в жидкости. Общее решение уравнений Стокса в осесимметричном случае. Обтекание сферической частицы, капли и пузыря поступательным стоковым потоком. Сферические частицы в поступательном потоке при умеренных и больших числах Рейнольдса. Сферические капли и пузыри в поступательном потоке при умеренных и больших числах Рейнольдса. Обтекание сферической частицы, капли и пузыря сдвиговым потоком. Обтекание несферических твердых частиц. Обтекание цилиндра (плоская задача). Обтекание деформированных капель и пузырей. Стесненное движение частиц.

4. Химическая термодинамика

Система. Состояние системы. Уравнения состояния. Энергия. Работа. Теплота. Нулевой и первый законы термодинамики. Основные законы термохимии. О равновесных и обратимых процессах. Второй и третий законы термодинамики. Линейная термодинамика в задачах химии и химической технологии. Уравнения сохранения. Диссипативная функция многофазной гетерогенной среды. Соотношение взаимности Онзагера. Потоки массы и тепла в сплошной фазе. Массоперенос в химико-технологических системах с учетом наличия межфазных поверхностей. Вариационный принцип минимума производства энтропии. Принцип минимума приведенных термодинамических потоков. Определение средней толщины пленки в дисперсно-кольцевых режимах течения. Неравновесная термодинамика необратимых процессов в химической технологии. Термодинамическая функция Ляпунова вдали от равновесия. Метод термодинамических функций Ляпунова для выявления химических осцилляторов. Современное состояние проблемы колебательных реакций в химии. Эксергия, эксергетический метод анализа химико-технологических систем; информационно-термодинамический принцип; использование методов оптимизации при создании энерго- и ресурсосберегающих производств (прямые, декомпозиционные, структурно-декомпозиционные методы).

5. Массо- и теплоперенос в пленках жидкости, трубах и плоских каналах

Уравнение и граничные условия теории конвективного тепло- и массопереноса. Диффузия к вращающемуся диску. Теплоперенос к плоской пластине. Массоперенос в пленках жидкости. Тепло- и массоперенос при ламинарном течении в круглой трубе. Тепло- и массоперенос при ламинарном течении в плоской трубе. Предельные числа Нуссельта при ламинарном течении жидкостей по трубам различной формы. Массо- и теплообмен частиц, капель и пузырей с потоком. Метод асимптотических аналогий в теории массо- и теплопереноса. Внутренние задачи о теплообмене тел различной формы. Массо- и теплообмен частиц различной формы с неподвижной средой. Массоперенос в поступательном потоке при малых числах Пекле. Массоперенос в линейном сдвиговом потоке при малых числах Пекле. Массообмен частиц и капель с потоком при больших числах Пекле (теория диффузионного пограничного слоя). Диффузия к сферической частице, капле и пузырю в поступательном потоке при различных числах Пекле и Рейнольдса. Диффузия к сферической частице, капле и пузырю. В линейном сдвиговом потоке при малых числах Рейнольдса и любых числах Пекле. Диффузия к сфере в поступательно-сдвиговом потоке и потоке с параболическим профилем.

6. Массообмен, осложненный поверхностной или объемной химической реакцией

Массоперенос, осложненный поверхностной химической реакцией.

Диффузия к вращающемуся диску и плоской пластине при протекании объемной реакции.

Внешние задачи массообмена частиц, капель и пузырей с потоком при различных числах Пекле и наличии объемной химической реакции. Внутренние задачи массопереноса при наличии объемной химической реакции. Нестационарный массообмен с объемной реакцией. Гидродинамика, массо- и теплообмен в неньютоновских жидкостях. Реологические модели неньютоновских несжимаемых жидкостей. Движение пленок неньютоновских жидкостей. Массоперенос в пленках реологически сложных жидкостей. Движение неньютоновских жидкостей по трубам и каналам. Теплоперенос в плоском канале и круглой трубе (с учетом диссипации). Гидродинамический тепловой взрыв в неньютоновских жидкостях. Обтекание плоской пластины степенной жидкостью. Затопленная струя степенной жидкости. Движение частиц, капель и пузырей в степенной жидкости.

7. Элементы механики твердых дисперсных сред в процессах химической технологии

Структура и структурные связи твердых дисперсных сред. Понятие форм и размеров твердых частиц, гранулометрического состава, сыпучести, сил взаимодействия между частицами. Реологические свойства сыпучих материалов, контактные силы внешнего трения и адгезионные свойства сыпучих материалов. Движение оживленных твердых дисперсных систем. Псевдооживленные слои. Процессы тепло- и массопереноса в псевдооживленных слоях. Механические процессы. Процессы измельчения и измельчающие машины. Классификация процессов и машин. Типы дробилок (щечковые, конусные, валковые, молотковые и роторные). Типы мельниц (барabanные – центробежные и вибрационные, ударного действия и др.). Смесители сыпучих материалов, кинетика процессов смешения.

8. Тепловые процессы

Основные уравнения процессов. Классификация используемых аппаратов. Теплообменники с передачей тепла через стенку. Кипятильники. Основные переменные процесса. Объекты с сосредоточенными и распределенными параметрами. Примеры. Теплообменники смешения. Теплообменники с идеальной изоляцией, теплообменники с потерями тепла через стенку. Математические модели кожухотрубных теплообменников. Выпарные аппараты. Основные уравнения. Математическая модель однокорпусной и трехкорпусной установки. Теплообмен излучением. Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между поверхностями твердых тел, между газом и твердой поверхностью.

9. Диффузионные процессы

Математическое описание равновесия в многокомпонентных системах. Термодинамика равновесных и неравновесных состояний. Математическое описание процессов диффузии. Однофазная неподвижная среда. Стационарная диффузия в движущихся средах. Диффузия в многокомпонентных системах. Диффузионный потенциал. Массопередача в диффузионных процессах. Модели массопередачи. Пленочные и распылительные колонны. Математические модели аппаратов с поверхностью контакта, образующейся в процессе движения потоков. Модели тарельчатых колонн. Модели насадочных колонн. Деформация математических моделей при изменении гидродинамических режимов. Математическая модель эмульгационных колонн. Модели пульсационных колонн. Модели ротационных аппаратов.

10. Математические модели сушильных установок

Кинетика сушки. Контактные сушилки. Сушилки со стационарным слоем. Сушилки с псевдооживленным и движущим слоем. Особенности математического описания сушилок.

11. Математические модели кристаллизационных установок

Описание роста кристаллов и зародышеобразования. Типы используемых кристаллизаторов. Математические модели кристаллизаторов различного типа.

12. Математические модели процессов разделения

Равновесие и массопередача в системах жидкость-жидкость. Типы используемых экстракционных аппаратов. Математические модели колонных экстракторов. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Описание равновесия в системах жидкость-пар, жидкость-газ. Типы ректификационных и абсорбционных аппаратов, их математическое описание. Математические модели мембранных установок. Общая характеристика мембранных способов разделения смесей. Их классификация. Виды мембран. Описание процесса переноса в мембранах. Математические модели фильтрационных установок, установок обратного осмоса, первапорационных установок.

13. Гомогенные химические реакторы

Гомогенные изотермические реакторы. Классификация реакторов по гидродинамическому признаку. Реактор периодического действия. Проточный реактор с мешалкой. Каскад реакторов идеального смешения. Оптимальное соотношение объемов реакторов в каскаде. Реактор с продольным перемешиванием потока (ламинарный и турбулентный режим). Выбор типа реактора с учетом селективности реакции. Микро- и макросмешение в реакторах. Расчет реактора при произвольном распределении и времени пребывания реагирующей смеси. Комбинированные модели реакторов. Примеры построения математических моделей и расчет некоторых типов промышленных реакторов. Фотохимические реакторы. Гомогенные неизотермические реакторы. Классификация реакторов по энергетическому признаку. Адиабатические и политропические реакторы. Сравнение эффективности адиабатических и изотермических реакторов. Адиабатические и политропические реакторы с продольными перемешиваниями. Комбинированные модели неизотермических реакторов. Оптимальные профили температур в каскаде реакторов и трубчатом политропическом реакторе. Оптимизация трубчатого реактора с промежуточным вводом холодной реагирующей смеси. Автотермические реакторы. Устойчивость работы адиабатических и политропических реакторов. Взаимосвязь устойчивости и селективности. Примеры построения математических моделей и расчета некоторых типов промышленных неизотермических реакторов.

14. Гетерогенные химические реакторы

Гетерогенные каталитические реакторы, классификация каталитических реакторов по конструктивному и гидродинамическим признакам. Одно- и многослойные реакторы со стационарным слоем катализатора. Квазигомогенная и гетерогенная модели. Горячие точки в реакторе со стационарным слоем катализатора. Оптимизация многослойных каталитических реакторов с промежуточным вводом холодной реагирующей смеси. Определение продольного и радиального перемешивания в адиабатических реакторах со стационарным слоем катализатора. Учет падения активности катализатора и изменение селективности. Устойчивость реактора со стационарным слоем катализатора и выбор диаметра трубок. Автотермические каталитические реакторы. Реакторы с псевдооживленным слоем катализатора. Двухфазная и трехфазная модели реактора. Реакторы с движущимся слоем катализатора. Учет изменения активности катализатора в реакторах с псевдооживленным и движущимся слоем катализатора. Понятие о многофазных каталитических реакторах. Примеры построения математических моделей расчета некоторых типов промышленных каталитических реакторов. Газожидкостные и жидкость-жидкостные реакторы. Классификация по конструктивному и гидродинамическим признакам. Реактор с мешалкой. Тарельчатые и насадочные реакторы. Модель идеального

вытеснения в газовой и жидкой фазах. Симметричные и асимметричные ячеечные модели с образованием твердой фазы. Особенности составления математической модели многофазного реактора. Примеры составления математических моделей и расчета некоторых типов газожидкостных реакторов. Реакторы для проведения процессов в системах газ-твердое. Классификация промышленных реакторов по конструктивному и гидродинамическому признакам. Модели реакторов с твердой фазой. Пример составления математических моделей и расчета реакторов для окисления серного колчедана и извлечения металлов из руд.

Кандидатский экзамен проводится по билетам, каждый из которых включает теоретические вопросы и вопросы, относящиеся к научно-квалификационной работе (диссертации).

Вся рекомендуемая литература по дисциплинам, относящимся к специальности 05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий, приведена в рабочих программах дисциплин.

Критерии оценки

«Отлично»	Ставится аспиранту, овладевшему элементами компетенций «знать, уметь и владеть», проявившему полное знание программного материала по дисциплине, освоившему основную и дополнительную литературу, овладевшему способностями в понимании, изложении и практическом применении усвоенных знаний.
«Хорошо»	Ставится аспиранту, овладевшему элементами компетенций «знать, уметь», проявившему полное знание программного материала по дисциплине, освоившему основную литературу, обнаружившему характер знаний и умений и способному к их самостоятельному применению в ходе последующего обучения и практической деятельности.
«Удовлетворительно»	Ставится аспиранту, овладевшему элементами компетенций «знать», т.е. проявившему знания основного программного материала по дисциплине в объеме, необходимом для последующего обучения и практической деятельности, знакомому с основной рекомендованной литературой, допустившему неточности в ответе на экзамене, но в основном обладавшему необходимыми знаниями для их устранения при корректировке со стороны экзаменатора.
«Неудовлетворительно»	Ставится аспиранту, не овладевшему ни одним из элементов компетенций, т.е. обнаружившему существенные пробелы в знании основного программного материала по дисциплине, допустившему ошибки при применении теоретических знаний, которые не позволяют приступить к практической деятельности без дополнительной подготовки по дисциплине.

Методические материалы разработал:

Зам.директора ИОНХ РАН
д.т.н.



А.А.Вошкин