



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«Тамбовский государственный технический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. ректора университета

С.И. Дворецкий

« 17 » марта 2014 г.

Вводится в действие с

« 31 » марта 2014 г.



## **ПРОГРАММА**

вступительного экзамена в аспирантуру по специальной дисциплине

Направление 18.06.01 Химическая технология

(Специальности 05.17.03 Технология электрохимических процессов и защита от  
коррозии, 05.17.06 Технология и переработка полимеров и композитов,  
05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий)

**Форма обучения:**

Очная, заочная

**Составитель:**


кафедра «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность»

д.т.н, профессор, Гатапова Наталья Цибиковна

**Тамбов 2014**

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник управления подготовки и  
аттестации кадров высшей  
квалификации ФГБОУ ВПО «ТГТУ»

 Е.И. Муратова  
« 13 » марта 2014 г.

Программа вступительного экзамена в аспирантуру по направлению 18.06.01  
Химическая технология разработана в соответствии с требованиями к  
уровню освоения выпускниками основных образовательных программ  
высшего профессионального образования (специалитет, магистратура)  
профессионального цикла дисциплин по направлению Химическая  
технология.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании Научно-технического  
совета университета протокол № 1 от « 13 » марта 2013 г.

Зам председателя Научно-технического  
совета университета



М.Н. Краснянский

## **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ**

### **18.06.01 Химическая технология**

1. Роль химической технологии в экономике страны. Межотраслевое значение химической технологии. Основные направления развития химической технологии.
2. Структура, классификация и основные компоненты химического производства. Химическое производство и химико-технологический процесс.
3. Сырьевые ресурсы химического производства. Сырьевые проблемы. Классификация сырья. Подготовка сырья в химической промышленности.
4. Энергетические ресурсы химического производства. Использование вторичных энергетических ресурсов.
5. Химические процессы. Основные понятия и зависимости. Стехиометрические уравнения. Скорость химических превращений.
6. Химические процессы. Основные понятия и зависимости. Равновесие. Смещение равновесия. Рециркуляция.
7. Показатели эффективности химических производств. Выход. Селективность. Степень превращения. Материальный индекс.
8. Качественные, энергетические и экономические показатели эффективности химических производств.
9. Разновидности и классификация химических реакций и химических процессов. Гомогенные и гетерогенные химические процессы. Катализ.
10. Классификация химических реакторов и режимов их работы.
11. Уравнения материального и теплового баланса.
12. Структура взаимодействующих потоков в химических реакторах. Модели идеального смешения и идеального вытеснения.
13. Структура взаимодействующих потоков в реакторах. Методы исследований. Функции распределения времени пребывания. Нормальное распределение Гаусса. Отклонения от идеальности.
14. Структура взаимодействующих потоков в реакторах. Модель продольной диффузии. Ячеечная модель.
15. Способы улучшения структуры потоков.
16. Взаимосвязанные процессы в химических реакторах. Химическая кинетика. Гидродинамические, тепловые и диффузионные поля.
17. Химическое производство и химико-технологическая система. Состав и структура химико-технологической системы (подсистемы, элементы и связи).
18. Классификация моделей химико-технологических систем.
19. Задачи и методы синтеза химико-технологической системы.

### **05.17.03 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии**

1. Термодинамическая возможность химических и электрохимических реакций.
2. Основные закономерности гомогенных и гетерогенных процессов, кинетики реакций выделения водорода и анодного растворения металлов.
3. Равновесные и компромиссные электродные потенциалы. Типы электродов.
4. Двойной электрический слой на границе твердое тело-раствор.
5. Ионная теория металлов.
6. Виды гальванических покрытий и их назначение.
7. Электрохимический синтез, электролиз и размерная обработка материалов.
8. Особенности электролиза кислых, нейтральных и щелочных растворов хлоридов, сульфатов, нитратов.
9. Электрохимические методы очистки воды

10. Основные характеристики электрохимических ванн. Принцип классификации и расчета.
11. Основные типы гальванических элементов.
12. Процессы и кинетика заряда и разряда кислотных и щелочных аккумуляторов.
13. Термодинамика коррозионных процессов. Коррозия с водородной и кислородной деполаризацией.
14. Анодные и катодные коррозионные процессы в органических и водно-органических средах.
15. Пассивация и репассивация металлических материалов.
16. Ингибиторы и активаторы коррозии.
17. Методы защиты металлов в растворах кислот.
18. Атмосферная коррозия металлов. Теория процессов И.Л. Розенфельда, Ю.Н. Михайловского.
19. Защитные консервационные и ингибиторные масляные покрытия.
20. Коррозионная стойкость наиболее распространенных конструкционных и благородных металлов и сплавов.
21. Металлические защитные покрытия, аноды и катоды.
22. Неорганические консервационные покрытия.
23. Электрохимическая защита от коррозии.
24. Протекторная защита магистральных трубопроводов. Коррозия под действием блуждающих токов. Дренажные системы.
25. Коррозионная стойкость неметаллических материалов.
26. Методы исследования электрохимических процессов.

#### **05.17.06 Технология и переработка полимеров и композитов**

##### *1) Прессовое оборудование и привод перерабатывающего оборудования*

1. Таблетирование волокнистых прессматериалов, конструкция применяемых таблетмашин.
2. Эксцентриковые таблетмашины. Конструкция, расчет, методы регулирования объема загрузки и давления.
3. Ротационные таблетмашины. Конструкция, расчет, методы регулирования объема загрузки и давления. \
4. Составить кинематическую схему гидравлической двухколонной таблеточной машины усилием 320 КН. Проверить возможность получения на этой машине таблетки диаметром 75 мм. Можно допустить, что  $P_{эф} = 0.9P_n$ .
5. Выбрать материал для цилиндра, найти оптимальное рабочее давление определить размеры плунжера и цилиндра. Произвести прочностной расчет цилиндра. Рассчитать колонны таблеточной машины.
6. Рассчитать плиту таблеточной машины, приняв ее габариты 500x300 мм. Выбрать конструкцию гидроцилиндра и описать технологию его изготовления.
7. Описать конструкцию, расчет и способы регулировки объема дозы на гидравлической таблеточной машине и рабочего давления жидкости.
8. Основные параметры ГОСТ-87. Гидравлические прессы для пластмасс.
9. Составить кинематическую схему гидравлического четырехколонного прессы и описать принцип его действия.
10. Номинальное эффективное усилие прессы. Выбор оптимального давления рабочей жидкости при изготовлении изделия.
11. Классификация цилиндров прессов, их назначение и расчет.
12. Выбрать способ возврата верхней плиты и обосновать его. По ГОСТ 8200-87 подобрать размер прессы, необходимый для прессования изделия, проекция которого на

- плоскость размера пресс-формы составляет 150x120 мм. Необходимое удельное давление прессования  $P=30$  МПа, можно допустить, что  $P_{эф}=0.9 P_n$ .
13. В зависимости от выбранного способа возврата плиты выбрать конструкцию и определить размеры рабочего цилиндра, выбрать материал и определить оптимальное рабочее давления.
  14. Методика расчета гидравлического пресса колонного типа. Произвести расчет колонны на прочность.
  15. В соответствии с ГОСТ 8200-87 определить размеры рабочих плит пресса, рассчитать высоту подвижной и неподвижной плиты пресса.
  16. Описать технологию изготовления рабочего цилиндра со вставным дном.
  17. Описать технологию обработки отверстия станины рамного пресса под рабочий и возвратный цилиндры с целью обеспечить их соосность.
  18. Рассчитать время цикла изготовления изделий. Дать предложения по повышению производительности пресса изготовления изделий.
  19. Рассчитать параметры рабочего гидроцилиндра и предложить его конструкцию.
  20. Построить расчетную схему рамной станины и методику ее расчета.
  21. Технология изготовления стола пресса и гидроцилиндра.
  22. Мероприятия по охране труда при работе на прессовом оборудовании. Предложить конструктивное решение безопасности обслуживания пресса.
  23. Прессы, специализированные по назначению.
  24. Привести схему выбранного типа уплотнения (плунжер-цилиндр) и рассчитать потери на трения в подвижном состоянии.
  25. Спроектировать принципиальную гидравлическую схему уплотнения прессом типа ДБ2430А (ГОСТ 8200-87). Параметры и размеры индивидуального насосно-аккумуляторного привода с использованием условных графических обозначений распределительной и регулирующей аппаратуры по ГОСТ 2.780-68, ГОСТ 2.781-68, ГОСТ 2.782-68.
  26. Графо-аналитический метод определения рабочего объема аккумулятора. Обосновать целесообразность использования аккумулятора, его назначение, преимущества и рассчитать маневровый и полный его объем.
  27. Определить производительность насоса гидропривода и рассчитать необходимую мощность привода насоса. Указать основные требования предъявляемые к рабочей жидкости привода.
  28. Принцип работы соленоидно-управляемого распределителя и расчет диаметра его клапана. Подобрать наружный диаметр трубопровода магистрали высокого давления.
  29. По схеме управления гидравлическим прессом составить таблицу последовательности работы электроуправляемых распределителей.
  30. Клапанные и крановые, золотниковые распределители.
  31. НАС с грузовым аккумулятором.
  32. Схема блокировки и автоматического управления НАС с помощью электроконтактных манометров и магнетролей.
  33. Схема автоматического управления НАС с помощью ртутного контактного тора.
  34. Схема управления гидравлическими прессами и выбор оптимальных давлений рабочих жидкостей.
  35. Одно-, двух- и трехоперационные пресс-автоматы.
  36. Прессы, применяемые для переработки полимеров, их классификация.

## *2) Конструирование и расчет смесительного и валкового оборудования*

1. Методы компенсации прогиба валкового каландра.
2. Методы расчета распорных усилий и мощности привода валцев.
3. Методика расчета валковых машин.
4. Методика расчета валцев.
5. Методика расчета каландров.

6. Математические методы описания процессов вальцевания полимерных материалов.
7. Производительность валковых машин. Основные конструктивные и технологические параметры, влияющие на производительность вальцев и каландров.
8. Предохранительные и аварийные устройства валковых машин.
9. Параметрические расчеты каландров.
10. Циркуляция мощности в валковых машинах.
11. Выбор подшипниковых узлов валковых машин.
12. Механизмы регулировки зазора валковых машин. Методика расчета.
13. Методика расчета мощности привода вальцев и каландров.
14. Конструкция и прочностной расчет валков вальцев.
15. Тепловой расчет валковых машин.
16. Гидродинамические методы расчета распорного усилия и технологической мощности при вальцевании полимерных материалов.
17. Двухроторные смесители, принцип действия, классификация, параметрические расчеты.
18. Классификация смесительного оборудования, применяющегося при производстве и переработке полимерных материалов. Основные понятия, определения.
19. Конструкция и расчет на прочность основных узлов и деталей лопастных смесителей.
20. Лопастные смесители. Принцип действия и их параметрические расчеты.
21. Приводы смесителей роторного типа. Их достоинства и недостатки.
22. Смесители непрерывного действия. Конструкция, принцип их действия, достоинства и недостатки.
23. Приводы лопастных смесителей. Разгрузочные устройства, их методика расчета.
24. Конструкция, прочностной расчет деталей и механизмов смесителей роторного типа.
25. Методика расчета смесителей периодического действия.
26. Методика расчета смесителей непрерывного действия.
27. Выбор конструкционных материалов для изготовления основных деталей смесителей по производству полимерных композиций (смесительные органы, корпуса, боковины и т.д.).
28. Выбор конструкционных материалов для изготовления основных деталей вальцев и каландров (валки, станины, траверсы, регулировочные винты, гайки механизма регулировки зазора, предохранительные шайбы).
29. Основные задачи, стоящие перед конструктором для создания смесительного оборудования.
30. Основные задачи, стоящие перед конструктором при проектировании валкового оборудования.

### *3) Конструирование и расчет литьевых машин*

1. Сущность процесса литья под давлением. Типовой технологический процесс червячной пластикации материала.
2. Цилиндры литьевых и экструзионных машин. Конструкция, выбор материалов для их изготовления, прочностной расчет.
3. Расчет времени цикла литья.
4. Параметры литьевых машин и методы их расчета.
5. Процессы, протекающие в литьевой форме. Диаграмма “Давление-время”.
6. Конструкция механизмов запираания, методы их расчета.
7. Многопозиционные литьевые машины, конструкции, расчет основных параметров.
8. Классификация литьевых машин. Назначение, конструктивные особенности.
9. Расчет шнековых пластикаторов.
10. Расчет поршневых пластикаторов.
11. Механизмы запираания форм. Назначение, классификация, методы расчета.
12. Инжекторные части литьевых машин. Назначение классификация, методы расчета.
13. Торпеды и сопла литьевых машин.

14. Дозирующие устройства литьевых машин, их расчет.
15. Литье под давлением. Типовой технологический процесс с поршневой пластикацией материала, расчет основных параметров.
16. Система обогрева материальных цилиндров литьевых и экструзионных машин, типовой расчет.

#### *4) Конструирование и расчет оборудования для получения объемных изделий*

1. Основные стадии оформления изделий при вакуумном формовании с раздувом и механической вытяжкой.
2. Конструкция привода вакуум-формовочных машин.
- 4.3. Расчет вакуум-системы. Выбор объема емкости.
4. Технологический расчет оборудования для вакуумного формования.
5. Методы и оборудование подготовки листовых заготовок для вакуумного формования.
6. Основные стадии оформления изделий при негативном вакуумном формовании, связь с конструкцией машины.
7. Зажимные и предохранительные устройства машин для вакуумного формования, расчет усилия прижима заготовки.
8. Схемы оборудования для вакуумного формования (2-х – 4-х позиционные машины).
9. Классификация оборудования и способов формования изделий из листовых материалов.

#### *5) Конструирование и расчет червячных машин.*

1. Экструзионные установки для производства труб и профильных изделий.
2. Методика расчета одночервячного экструдера.
3. Теоретические основы бесшнековой (дисковой) экструзии.
4. Изотермический и адиабатический режим экструзии. Тепловой баланс экструзионной машины.
5. Прочностной расчет червяка экструдера.
6. Производительность червячной машины с учетом влияния головки.
7. Установки червяка в подшипниках.
8. Червяки экструзионных машин. Конструкция, выбор материалов для их изготовления, прочностной расчет.
9. Давление в цилиндре экструдера, влияние различных факторов на производительность и качество процесса экструзии.
10. Расчет мощности привода экструдера. Кинематические схемы привода.
11. Выводы уравнения объемной производительности для прямого и обратного потоков в зоне дозирования экструдера.
12. Экструдеры специального назначения: с зоной дегазации материала, многочервячные, плунжерные.
13. Тепловой расчет экструзионных машин.
14. Привод червячных машин.
15. Конструкция и расчет на прочность червяков (шнеков) червячных и литьевых машин.
16. Факторы, влияющие на производительность экструзионных машин.
17. Моделирование червячных машин.
18. Вывод уравнения объемной производительности для потока утечек в зоне дозирования экструдера. Полная производительность зоны дозирования.
19. Анализ работы зоны плавления червячного экструдера.
20. Принципиальная схема процесса экструзии. Анализ состояния полимера в процессе переработки по зонам.
21. Экструзионные установки для производства пленки.
22. Вывод уравнения объемной производительности для прямого и обратного потоков в зоне дозирования экструдера.

23. Вывод уравнения скорости движения расплава полимера в зоне дозирования экструдера. Распределение скоростей движения частиц расплава полимера в винтовом канале червячного экструдера.
24. Методика расчета экструзионных машин.
25. Конструкция опорных узлов экструдеров. Выбор подшипников.
26. Влияние технологических и конструктивных параметров на производительность экструдера.
27. Агрегаты для гранулирования полимерных материалов.
28. Анализ работы зоны загрузки экструдеров. Конструкции загрузочных устройств.
29. Дисковые и дисково-червячные экструдеры.
30. Мощность, потребляемая червячной машиной.
31. Экструдеры специального назначения.
32. Линии по производству листов из полимерных материалов.

#### *б) Оборудование для производства изделий из стеклопластиков*

1. Оборудование для производства изделий из стеклопластиков методами контактного формования, напыления и с помощью эластичной диаграммы.
2. Оборудование для производства изделий из стеклопластиков методами прессования, пропитки под давлением и намотки.

### **05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий**

1. Предмет и методы науки о процессах и аппаратах химической технологии (ПАХТ). Историческая справка. Классификация процессов и аппаратов (по целевому назначению, физической сущности, агрегатному состоянию, числу фаз и компонентов, чистоте продуктов, способу организации процесса).
2. Периодические и непрерывные технологические процессы. Особенности, достоинства, недостатки, применение. Примеры.
3. Разновидности методов проектирования, исследования, описания и расчета ПАХТ: экспериментальные и теоретические подходы; физико-математические, инженерно-кинетические, инженерно- аппроксимационные и формально- статистические методы). Примеры.
4. Единые кинетические закономерности ПАХТ (ЕКЗ). Скорость, движущая сила и сопротивление (кинетический коэффициент скорости). ЕКЗ гидромеханических процессов. Примеры.
5. Единые кинетические закономерности ПАХТ. ЕКЗ процессов теплопередачи. Примеры.
6. Единые кинетические закономерности ПАХТ. ЕКЗ процессов массопередачи (диффузионных процессов). Примеры.
7. Градиентные законы вязкого трения в движущейся жидкости (Ньютона), теплопроводности (Фурье) и диффузии (Фика). Аналогия и различия уравнений. Кинетические коэффициенты и их размерности. Процессы неградиентной природы.
8. Теория подобия (ТП). Историческая справка. 1-я теорема подобия. Получение критериев подобия из дифференциальных уравнений: операция приведения дифференциальных уравнений. Критерии гидромеханического подобия. 2-я теорема подобия.
9. Анализ размерностей (АР) физических величин. Получение критериев подобия методом анализа размерностей. Первичные и вторичные размерности. Критерии гидромеханического подобия. Число критериев.  $\pi$ - теорема Бэкингема. Достоинства и недостатки получения критериев методами АР и ОП.
10. Критериальные уравнения. Определяемые и определяющие критерии (числа подобия). Определяющие размеры, скорости, температуры, концентрации.



Параметрические критерии (симплексы). Производные и групповые критерии. Критерии-аналоги. Примеры (из всей 1-й части курса).

11. Получение явного вида критериальных уравнений обработкой экспериментальных или расчетных данных. Графическая обработка. Статистическая обработка. Метод наименьших квадратов.
12. Физическое моделирование и эксперимент. Техника физического эксперимента и моделирования. Правила обеспечения подобия в модели и в образце. 3-я теорема подобия.
13. Общий порядок расчета ПАХТ. Проектные и проверочные расчеты. Статика, материальные и тепловые балансы. Усреднение движущей силы.
14. Виды гидромеханических процессов. Примеры.
15. Задачи гидромеханики и методы их решения. Пограничный слой.
16. Аналитические решения задач гидромеханики. Пример интегрирования уравнений Навье - Стокса для течения в трубах.
17. Течение в трубах. Режимы движения жидкостей. Сопротивление трению.
18. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Скоростной напор. Пять составляющих общего сопротивления сети. Примеры местных сопротивлений.
19. Конструкции насосов, вентиляторов и компрессоров. Потребляемая мощность. Характеристики насосов и вентиляторов. Характеристики сети и рабочая точка.
20. Оптимизация трубопроводных систем.
21. Виды дисперсных систем. Методы их получения и разделения. Влияние ПАВ. Примеры.
22. Гидрокинетика осаждения. Осаждение частиц сложной формы. Осаждение в системах жидкость-жидкость и жидкость-газ. Стесненное осаждение.
23. Расчет отстойников и осадительных камер. Размеры. Производительность. Пути повышения производительности.
24. Конструкции отстойников для пылей, суспензий и эмульсий. Обеспечение равномерности потоков. Предельные скорости течения.
25. Циклоны. Фактор разделения. Разновидности циклонов. Гидроциклоны.
26. Электрофильтры. Достоинства, недостатки, применение. Нарушения режима.
27. Фильтрование и его применение в промышленности. Примеры. Виды осадков. Фильтрующие перегородки.
28. Рабочий цикл периодических и непрерывных процессов фильтрования. Примеры фильтров. Промывка осадка. Репульпация.
29. Гидрокинетика фильтрования при постоянном давлении и при постоянном расходе. Уравнение Рутса. Определение констант фильтрования.
30. Оптимальное время фильтрования. Максимальная производительность. Оптимизация фильтров.
31. Конструкции фильтровальной аппаратуры для жидкостей и газов.
32. Центрифугирование и его применение в промышленности. Примеры. Разновидности центрифуг и сепараторов. Гидрокинетика центрифугирования. Фактор разделения. Мощность привода центрифуг. Резонанс и балансировка.
33. Перемешивание жидкостей. Конструкции механических мешалок. Критериальные уравнения для расчета мощности. Циркуляционное перемешивание. Пневматическое перемешивание.
34. Взвешенный ("кипящий" и "спутный") слой и его применение в промышленности. Примеры. Особенности гидрокинетики. Расчет.
35. Нарушения режима кипения во взвешенном слое и методы борьбы с ними. Разновидности аппаратов со взвешенным слоем. Аэрофонтанные аппараты.
36. Тепловые процессы. Разновидности. Одно- и многооперационные тепловые и холодильные процессы. Применение в промышленности.
37. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Нестационарная теплопроводность. Пример интегрирования дифференциального уравнения теплопроводности.

38. Конвективный теплоперенос. Закон Ньютона. Коэффициенты теплоотдачи.
39. Тепловое излучение. Поглощение, отражение, пропускание. Избирательность. Закон Стефана-Больцмана. Степень черноты. Угловые коэффициенты.
40. Способы нагрева и охлаждения. Требования к теплоносителям и хладагентам. Сравнение достоинств и недостатков различных способов нагрева/охлаждения.
41. Нагрев водяным паром. Нагрев "глухим" паром. Нагрев "острым" паром. Отвод конденсата и неконденсирующихся газов. Конденсатоотводчики. Арматура. Источники неконденсирующихся газов.
42. Основное уравнение теплопередачи (ОУТ). Вывод ОУТ. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Термические сопротивления.
43. Средняя движущая сила (СДС) теплопередачи. Температурные графики для теплообменников. Вывод уравнения среднеинтегральной СДС. Число единиц переноса.
44. Средняя движущая сила теплопередачи. Температурные графики. Среднелогарифмическая СДС. Среднеарифметическая СДС.
45. Структура потоков. Идеальное вытеснение (поршневой режим). Идеальное перемешивание. Промежуточные структуры. Примеры.
46. Зависимость СДС от структуры потоков. Снижение СДС при перемешивании в одном из потоков или в обоих потоках.
47. Температурные графики. Предельные температуры теплоносителя/хладагента при прямотоке и при противотоке, при идеальном вытеснении и смешении. Степень использования и наименьшие расходы теплоносителя/хладагента.
48. Критериальные уравнения теплоотдачи для процессов без изменения агрегатного состояния теплоносителя. Уравнение Крауссольда.
49. Критериальные уравнения теплоотдачи для процессов с изменением агрегатного состояния теплоносителя. Уравнение Нуссельта.
50. Относительные величины коэффициентов теплоотдачи. Пути увеличения коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи. Примеры.
51. Конструкции теплообменников. Основные разновидности.
52. Поверхностные теплообменники (рекуператоры). Кожухотрубчатые теплообменники. Многоходовые теплообменники. Способы крепления труб в трубных решетках. Компенсация температурных расширений.
53. Конструкции теплообменников. Змеевиковые теплообменники. Пластинчатые теплообменники. Ребристые теплообменники. Аппараты с рубашкой.
54. Конструкции теплообменников. Теплообменники с теплоаккумулирующей насадкой (регенераторы). Высокотемпературные рекуператоры, башни Каупера. Низкотемпературные рекуператоры, рекуператоры Френкля, альфоль.
55. Тепловые рекуперативные установки непрерывного действия. Схема с переключением рекуператоров. Рекуператоры с вращающимся барабаном, рекуператор Юнгстрема.
56. Теплообменники смешения. Нагрев острым паром. Барометрический конденсатор. Аппараты погружного горения. Достоинства и недостатки. Применение. Примеры.
57. Расчет теплообменников. Инженерная оптимизация теплообменников. Критерии оптимизации, варьируемые параметры, ограничения. Модельная задача вариантной оптимизации по наименьшим приведенным затратам с одним варьируемым параметром при неформализуемых ограничениях.
58. Выпаривание. Выпарные аппараты (ВА) и выпарные установки (ВУ). Применение в промышленности. Технологические и экономические особенности. Основные задачи проектирования. Примеры.
59. Физико-химические и технологические свойства растворов. Комплекс особенностей, их взаимосвязь и влияние на задачи проектирования. Температура кипения растворов. Виды температурных потерь. Их расчет.
60. Общая и полезная разность температур при выпаривании. Виды температурных потерь. Температурный график. Схема потерь. Сложение потерь. Предельное число корпусов.

61. Физико-химические и технологические свойства растворов. Растворимость. Тепловые эффекты. Брызгоунос. Пенообразование. Снижение, конструктивно-технологические меры.
62. Физико-химические и технологические свойства растворов. Накипеобразование. Способы уменьшения, удаление.
63. Коэффициенты теплоотдачи по корпусам выпарных установок. Причины снижения. Пути увеличения эффективности выпарных аппаратов.
64. Экономия тепла при выпаривании. Многокорпусное выпаривание. Выпаривание с тепловым насосом. Экстра-пар.
65. Распределение полезной разности температур (ПРТ) по корпусам выпарных установок. Модельные оптимальные распределения ПРТ по корпусам.
66. Расчет и оптимизация выпарных установок. Материальный баланс. Тепловой баланс. Итерационные расчеты. Инженерная оптимизация выпарных установок. Оптимизация по числу корпусов.
67. Разновидности выпарных установок. Опреснительные и дистилляционные установки. Однокорпусные выпарные установки. Схема. Достоинства и недостатки.
68. Противоточные выпарные установки. Схема. Достоинства и недостатки. Прямоточные выпарные установки. Схема. Достоинства и недостатки.
69. Конструкции выпарных аппаратов. Основные группы и разновидности. Конструктивные решения: снижение брызгоуноса и пенообразования, улавливание брызг, снижение накипеобразования и чистка, повышение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи, отвод неконденсирующихся газов, отвод жидкостей и газов из вакуумной аппаратуры. Выпарные аппараты для термолабильных растворов, для вязких растворов, для сильно корродирующих растворов.
70. Конструкции выпарных аппаратов с естественной конвекцией. Разновидности улучшения циркуляции. Конструкции выпарных аппаратов с принудительной конвекцией.
71. Холодильные процессы. Разновидности. Применение в промышленности. Разновидности хладагентов. Обратный цикл Карно.
72. Умеренное охлаждение. Холодильный коэффициент. Эффект Джоуля-Томсона. Дросселирование. Парокомпрессионные холодильные машины. Циклы.
73. Глубокое охлаждение. Детандеры. Особенности рабочих циклов. Сжижение и разделение газов.
74. Диффузионные процессы. Разновидности и классификация. Диффузионные процессы: разделения, смешения, спутные, вспомогательные. Агрегатное состояние и число взаимодействующих фаз; число компонентов; концентрация сырья; чистота целевых продуктов. Примеры систем и процессов.
75. Разновидности и особенности процессов разделения, осуществляемых без вспомогательных поглощающих или пропускающих веществ. Эффекты, используемые для разделения. Примеры процессов (ректификация, кристаллизация и др.).
76. Разновидности и особенности процессов разделения, осуществляемых при помощи вспомогательных веществ-поглотителей. Примеры процессов (абсорбция, жидкостная экстракция, адсорбция, сушка и др.).
77. Разновидности и особенности процессов разделения, осуществляемых при помощи избирательно - пропускающих мембран. Примеры процессов (обратный осмос, диализ, ультрафильтрация и др.).
78. Разновидности диффузионных аппаратов. Аппараты однократного контакта, аппараты с мешалкой, емкостные и ячеечные аппараты. Колонные и барабанные аппараты, дифференциальный и ступенчатый контакт фаз. Примеры из всего курса.
79. Особенности исходных смесей и конечных продуктов, затрудняющие разделение. Способы повышения эффективности диффузионных процессов разделения. Выбор диффузионных процессов и аппаратов. Комбинированные схемы. Примеры из всего курса.

80. Диффузионное равновесие. Способы и выбор выражения концентраций. Способы описания диффузионного равновесия (табличный, графический, аналитический). Фазовые диаграммы равновесия. Примеры из всего курса.
81. Кинетика и динамика диффузионных процессов. Дифференциальные уравнения диффузии в движущейся и в неподвижной среде.
82. Дифференциальные уравнения диффузии. Субстанциональная производная. Оператор Лапласа. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.
83. Единые кинетические закономерности процессов переноса. Основное уравнение массопередачи (ОУМ). Сравнение с основным уравнением теплопередачи. Их аналогия и различия.
84. Общий коэффициент массопередачи и частные коэффициенты массоотдачи. Сравнение с общим коэффициентом теплопередачи и частными коэффициентами теплоотдачи. Их аналогия и различия.
85. Критериальные уравнения массоотдачи. Сравнение с критериальными уравнениями теплоотдачи. Их аналогия и различия.
86. Фазовые диаграммы равновесия и рабочие линии. Уравнения рабочих линий массообменных процессов. Соотношение потоков. Примеры для случаев противотока и прямотока. Предельные положения рабочих линий.
87. Средняя движущая сила диффузионных процессов. Сравнение с СДС тепловых процессов. Число единиц переноса. Методы расчета СДС и ЧЕП.
88. Расчет диффузионных процессов и аппаратов на базе основного уравнения массопередачи. Исходные данные. Материальный баланс. Средняя движущая сила. Коэффициенты массопередачи и массоотдачи.
89. Расчет с использованием числа единиц переноса (ЧЕП) и высоты единицы переноса (ВЕП).
90. Расчет диффузионных аппаратов на базе числа теоретических тарелок (ЧТТ). Исходные данные. Материальный баланс. "Кпд" ступени и его расчет. Предельные скорости потоков, удерживающая способность, унос, захлебывание, рабочие скорости. Сечение, высота и размеры аппарата. Примеры из всего курса.
91. Расчет диффузионных процессов и аппаратов на базе инженерных аппроксимаций кинетических характеристик. Примеры из всего курса.
92. Принципы инженерной оптимизации диффузионных процессов и аппаратов. Примеры из всего курса.
93. Абсорбция. Хемосорбция. Десорбция. Сущность и применение. Примеры.
94. Диффузионное равновесие при абсорбции. Закон Генри. Влияние давления и температуры. Тепловой эффект. Растворители для абсорбции. Требования к растворителям. Примеры.
95. Технологические схемы абсорбции. Противоток. Прямоток. Рециркуляция. Схемы и фазовые диаграммы. Конструкции абсорбционных аппаратов.
96. Насадочные колонны. Насадки (регулярные, нерегулярные, плавающие), требования. Разбрызгивающие устройства (струйчатые, разбрызгивающие), требования. Режимы работы колонн. Расчет.
97. Тарельчатые колонны. Конструкции тарелок (колпачковые, ситчатые с переливными устройствами, провальные, перекрестноточные, клапанные). Режимы работы колонн. Расчет.
98. Ректификация. Сущность и применение. Примеры. Фазовая диаграмма. Схема ректификационной установки. Разновидности ректификационных процессов.
99. Диффузионное равновесие при ректификации. Идеальные растворы. Закон Рауля. Уравнение равновесной кривой. Фазовая диаграмма. Смеси с азеотропом. Возможности ректификационного разделения.
100. Ректификационная установка непрерывного действия. Схема. Потоки пара и жидкости. Уравнения рабочих линий. Фазовая диаграмма.

101. Расчет ректификационных колонн. Материальный и тепловой баланс. Флегмовое число. Расход хладагента в дефлегматоре. Расход теплоносителя в кубе (кипятильнике).
102. Флегмовое число при ректификации. Минимальное, максимальное и оптимальное флегмовое число. Влияние флегмового числа на размеры колонны и на расходы теплоносителя и хладагента.
103. Оптимизация ректификационных процессов и аппаратов.
104. Физико-химические особенности ректификации и конструкции ректификационной аппаратуры. Сходство и отличия от абсорбционных колонн. Куб. Дефлегматор.
105. Жидкостная экстракция. Сущность и применение. Примеры.
106. Диффузионное равновесие при жидкостной экстракции. Растворители для экстракции. Требования. Примеры.
107. Технологические схемы жидкостной экстракции. Треугольная диаграмма. Особенности жидкостной экстракции и экстракционных аппаратов. Сходство и отличия от абсорбционных и ректификационных колонн.
108. Адсорбционные процессы. Разновидности. Сущность и применение. Примеры. Промышленные адсорбенты. Разновидности, характеристики и особенности.
109. Диффузионное равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции. Влияние температуры и давления. Тепловой эффект. Требования к адсорбентам. Промышленные адсорбенты. Разновидности, характеристики и особенности.
110. Периодическая адсорбция. Рабочий цикл. Десорбция активных углей и силикагелей. Методы расчета адсорберов. Уравнение Шилова.
111. Адсорбционные установки непрерывного действия. Схема установки. Требования к адсорбентам. Методы расчета адсорбционно-десорбционных колонн.
112. Сушильные процессы. Сущность и применение. Способы сушки и обезвоживания. Примеры.
113. Свойства влажного воздуха и диаграмма Рамзина. Изображение на диаграмме I-x основных процессов изменения состояния воздуха. Примеры применения диаграммы.
114. Диффузионное равновесие при сушке. Изотермы сушки. Виды материалов. Виды связи влаги с материалом. Примеры.
115. Схемы воздушной конвективной сушки. Материальный и тепловой баланс. Теоретическая и реальная сушка. Балансные расчеты.
116. Кинетика сушки. Первый и второй период сушки. Время сушки. Расчет сушилок.
117. Основные типы и конструкции сушилок. Сушилки для жидкотекучих, пастообразных и зернистых материалов. Сушилки для кусковых, штучных и ленточных материалов.
118. Процессы и оборудование для измельчения твердых материалов.
119. Процессы и оборудование для классификации твердых материалов.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **18.06.01 Химическая технология**

1. Бесков, В.С. Общая химическая технология: Учебник для вузов / В.С. Бесков.- М.: ИКЦ "Академкнига", 2006. - 452 с.
2. Кутепов, А.М. Общая химическая технология: Учебник для вузов / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен.- М.: ИКЦ "Академкнига", 2003. - 528 с.
3. Закгейм, А.Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Ю. Закгейм. - М.: Логос, 2009. - 303 с. - Режим доступа к книге: [" Электронно-библиотечная система КнигаФонд"](#).,
4. Брянкин, К.В. Общая химическая технология [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. В. Брянкин, А. И. Леонтьева, В. С. Орехов; ФБОУ ВПО "ТГТУ". - Электрон. дан. (26,4 Мб). - Тамбов: ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2012.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **05.17.03 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии**

1. Вигдорович, В.И. Электрохимическое и коррозионное поведение металлов в кислых спиртовых и водно-спиртовых средах: моногр. / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова. - М.: Изд-во «Радиотехника», 2009. – 327 с.
2. Вигдорович, В.И. Кинетика и механизм электродных реакций в процессах коррозии металлов: учеб. пособие / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова; Тамб. гос. ун-т им. Г. Р. Державина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2010. - 127 с.
3. Вигдорович, В.И. Ингибирование сероводородной и уголекислотной коррозии. Универсализм ингибиторов: моногр. / В. И. Вигдорович. – М.: Изд-во «КАРТЭК», 2011. – 320 с.
4. Вигдорович, В. И. Атмосферная коррозия и защита металлов неметаллическими покрытиями: моногр. / В. И. Вигдорович, Н. В. Шель, Л. Е. Цыганкова – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2011. – 133 с.
5. Килимник А.Б. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Б. Килимник, И. В. Гладышева. - Тамбов: ТГТУ, 2008. - 80 с.
6. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 413 с.
7. Шевченко, А.А. Химическое сопротивление неметаллических материалов и защита от коррозии: учебное пособие для вузов / А. А. Шевченко. - М.: Химия, 2006. - 248 с.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **05.17.06 Технология и переработка полимеров и композитов**

1. Зуев В.В. Физика и химия полимеров: Учебное пособие / В.В.Зуев, М.В.Успенская, А.О.Олехнович. - СПбГУ ИТМО, 2010. - 45 с.
2. Пахомов, С.И. Поливинилхлоридные композиции: учеб. пособие / С.И. Пахомов, И.П. Трифонова, В.А. Бурмистров.- Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2010.- 104 с.
3. Йоханнабер, Ф. Литьевые машины (конструкции, расчет, системы управления).- СПб.: Изд. «Профессия», 2010. – 300 с.
4. Пути оптимизации литьевой оснастки: Ее величество литьевая форма / И.Е.Гольдберг.- М.: Научные основы и технологии, 2009. – 280 с.
5. Френклер, Д. Горячеканальные литьевые формы/ Д. Френклер, Х. Завистовски. – М.: Научные основы и технологии, 2009. – 300 с.
6. Клинков, А.С. Рециклинг и утилизация тары и упаковки: учеб. пособие / [А.С. Клинков и др.]. - Тамбов: ТГТУ, 2010. - 112 с.
7. Утилизация и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов [Электронный ресурс]: Учебное пособие. / А. С. Клинков [и др.]. - Тамбов: Издательство ТГТУ, 2010. - 100 с. — Загл. с экрана - Режим доступа - <http://window.edu.ru/>
8. Инженерная оптимизация смесительного и валкового оборудования: учебное пособие / А. С. Клинков, [и др.]. - Тамбов: ТГТУ, 2011. - 80 с.
9. Баронин, Г.С. Переработка полимеров и композитов в твердой фазе: Учебное пособие / Г.С.Баронин, А.М.Столин, М.Л.Кербер, В.М.Дмитриев. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2009. - 140 с.
10. Реология полимерных систем: избранные главы: учебное пособие / П. С. Беляев [и др.]. - М.: Спектр, 2010. - 248 с.
11. Михайлин, Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю.А. Михайлин. М.: Изд-во: "НОТ", 2010. - 822 с.

**СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**  
**05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий**

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.- М.: Альянс, 2008. - 753 с.
2. Комиссаров, Ю.А. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие/ Ю.А. Комиссаров, А.С. Гордеев, Д.П. Вент. – М.: Химия, 2011. – 1229 с.
3. Коновалов, В.И. Методы решения задач тепломассопереноса. Теплопроводность и диффузия в неподвижной среде / В.И. Коновалов, Н.Ц. Гатапова, А.Н. Пахомов, А.Н. Колиух.- Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.
4. Рудобашта, С.П. Диффузия в химико-технологических процессах / С. П. Рудобашта, Э. М. Карташов. - М.: КолосС, 2010. - 478 с.
5. Леонтьева, А.И. Оборудование химических производств: - М.: КолосС, 2008. - 479 с.