

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

ПРИНЯТО

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ФГБОУ ВО «ТГТУ»

приказом ректора ФГБОУ ВО «ТГТУ»

30 сентября 2019 г. (протокол № 11)

30 сентября 2019 г. № 182/2-04

### **ПРОГРАММА**

вступительного испытания для поступающих в 2020 году в аспирантуру  
на направление подготовки **18.06.01 Химическая технология**  
по профилям

**18.06.01.01 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии**

**18.06.01.03 Процессы и аппараты химических технологий**

### **ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ**

#### **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.

**ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ПО ПРОФИЛЮ ПОДГОТОВКИ**  
**18.06.01.01 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 теории 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 кислых и щелочных аккумуляторов.
13. Термодинамика коррозионных процессов. Коррозия с водородной и кислородной деполяризацией.
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. Неорганические консервационные покрытия.
22. Электрохимическая защита от коррозии.
23. Протекторная защита магистральных трубопроводов. Коррозия под действием блуждающих токов. Дренажные системы
24. Коррозионная стойкость неметаллических материалов.
25. Методы исследования электрохимических процессов.

**ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ПО ПРОФИЛЮ ПОДГОТОВКИ**  
**18.06.01.03 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, способу организации процесса).
2. Разновидности методов проектирования, исследования, описания и расчета ПАХТ: экспериментальные и теоретические подходы; физико-математические, инженерно-кинетические, инженерно-аппроксимационные и формальностатистические методы.
3. Единые кинетические закономерности ПАХТ (ЕКЗ). Скорость, движущая сила и сопротивление (кинетический коэффициент скорости). ЕКЗ гидромеханических процессов. ЕКЗ процессов теплопередачи. ЕКЗ процессов массопередачи (диффузионных процессов).
4. 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.
5. 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.
6. Анализ размерностей (АР) физических величин. Получение критериев подобия методом анализа размерностей. Первичные и вторичные размерности. Критерии гидромеханического подобия. Число критериев. П- теорема Бэкингема. Достоинства и недостатки получения критериев методами АР и ОП.
7. Критериальные уравнения. Определяемые и определяющие критерии (числа подобия). Определяющие размеры, скорости, температуры, концентрации. Параметрические критерии (симплексы). Производные и

- групповые критерии. Критерии-аналоги. Примеры. Получение явного вида критериальных уравнений обработкой экспериментальных или расчетных данных.
8. Физическое моделирование и эксперимент. Техника физического эксперимента и моделирования. Правила обеспечения подобия в модели и в образце. 3-я теорема подобия.
9. Виды гидромеханических процессов. Примеры. Задачи гидромеханики и методы их решения. Пример интегрирования уравнений Навье – Стокса для течения в трубах.
10. Течение в трубах. Режимы движения жидкостей. Сопротивление трению. Скоростной напор. Общее сопротивление сети. Примеры местных сопротивлений.
11. Виды дисперсных систем. Методы их получения и разделения. Гидрокинетика осаждения. Осаждение частиц сложной формы. Осаждение в системах жидкость-жидкость и жидкость-газ. Стесненное осаждение. Расчет отстойников и осадительных камер. Конструкции отстойников для пылей, суспензий и эмульсий.
12. Фильтрация и его применение в промышленности. Виды осадков. Фильтрующие перегородки. Гидрокинетика фильтрации при постоянном давлении и при постоянном расходе. Уравнение Рутса. Определение констант фильтрации. Конструкции фильтровальной аппаратуры для жидкостей и газов.
13. Перемешивание жидкостей. Конструкции механических мешалок. Критериальные уравнения для расчета мощности. Циркуляционное перемешивание. Пневматическое перемешивание.
14. Взвешенный («кипящий») слой и его применение в промышленности. Примеры. Особенности гидрокинетики. Расчет. Нарушения режима кипения во взвешенном слое и методы борьбы с ними. Разновидности аппаратов со взвешенным слоем. Аэрофонтанные аппараты.
15. Тепловые процессы. Разновидности. Одно- и многооперационные тепловые и холодильные процессы. Применение в промышленности.
16. Способы переноса тепла. Теплопроводность. Закон Фурье. Пример интегрирования дифференциального уравнения теплопроводности. Конвективный теплоперенос. Закон Ньютона. Коэффициенты теплоотдачи. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Степень черноты. Угловые коэффициенты.
17. Способы нагрева и охлаждения. Требования к теплоносителям и хладагентам. Сравнение достоинств и недостатков различных способов нагрева/охлаждения
18. Основное уравнение теплопередачи. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Термические сопротивления. Средняя движущая сила (СДС) теплопередачи. Вывод уравнения среднеинтегральной СДС. Число единиц переноса. Среднелогарифмическая СДС. Среднеарифметическая СДС.
19. Критериальные уравнения теплоотдачи для процессов без изменения агрегатного состояния теплоносителя. Уравнение Крауссольда. Критериальные уравнения теплоотдачи для процессов с изменением агрегатного состояния теплоносителя. Уравнение Нуссельта.
20. Конструкции и расчет теплообменников. Поверхностные теплообменники (рекуператоры).. Теплообменники с теплоаккумулирующей насадкой (регенераторы). Теплообменники смешения.
21. Выпаривание. Выпарные аппараты (ВА) и выпарные установки (ВУ). Применение в промышленности. Общая и полезная разность температур при выпаривании. Коэффициенты теплоотдачи по корпусам выпарных установок. Распределение полезной разности температур (ПРТ) по корпусам выпарных установок.
22. Расчет и оптимизация выпарных установок. Материальный баланс. Тепловой баланс. Итерационные расчеты. Оптимизация по числу корпусов. Конструкции выпарных аппаратов с естественной и принудительной конвекцией.
23. Диффузионные процессы. Разновидности и классификация. Диффузионные процессы: разделения, смешения, вспомогательные. Агрегатное состояние и число взаимодействующих фаз; число компонентов; концентрация сырья; чистота целевых продуктов. Примеры систем и процессов. Разновидности диффузионных аппаратов. Аппараты однократного контакта, аппараты с мешалкой, емкостные и ячеечные аппараты. Колонные и барабанные аппараты, дифференциальный и ступенчатый контакт фаз.
24. Диффузионное равновесие. Способы и выбор выражения концентраций. Способы описания диффузионного равновесия (табличный, графический, аналитический). Фазовые диаграммы равновесия.
25. Кинетика и динамика диффузионных процессов. Дифференциальные уравнения диффузии в движущейся и в неподвижной среде. Субстанциональная производная. Оператор Лапласа. Методы решения дифференциальных уравнений в частных производных.
26. Единые кинетические закономерности процессов переноса. Основное уравнение массопередачи. Сравнение с основным уравнением теплопередачи. Общий коэффициент массопередачи и частные коэффициенты массоотдачи. Сравнение с общим коэффициентом теплопередачи и частными

коэффициентами теплоотдачи. Их аналогия и различия.

27. Фазовые диаграммы равновесия и рабочие линии. Уравнения рабочих линий массообменных процессов. Средняя движущая сила диффузионных процессов.

28. Расчет диффузионных процессов и аппаратов на базе основного уравнения массопередачи. Расчет с использованием числа единиц переноса (ЧЕП) и высоты единицы переноса (ВЕП). Расчет диффузионных аппаратов на базе числа теоретических тарелок  $\eta$ . Принципы инженерной оптимизации диффузионных процессов и аппаратов. Примеры из всего курса.

29. Абсорбция. Хемосорбция. Десорбция. Сущность и применение. Диффузионное равновесие при абсорбции. Закон Генри. Технологические схемы абсорбции. Противоток. Прямоток. Рециркуляция. Схемы и фазовые диаграммы. Конструкции абсорбционных аппаратов.

30. Насадочные колонны. Насадки (регулярные, нерегулярные, плавающие), требования. Разбрызгивающие устройства (струйчатые, разбрызгивающие), требования. Режимы работы колонн. Расчет.

31. Тарельчатые колонны. Конструкции тарелок (колпачковые, ситчатые с переливными устройствами, провальные, перекрестноточные, клапанные). Режимы работы колонн. Расчет.

32. Ректификация. Сущность и применение. Фазовая диаграмма. Диффузионное равновесие при ректификации. Идеальные растворы. Закон Рауля. Смеси с азеотропом. Возможности ректификационного разделения. Разновидности ректификационных процессов

33. Ректификационная установка непрерывного действия. Схема. Потоки пара и жидкости. Уравнения рабочих линий. Фазовая диаграмма. Расчет ректификационных колонн. Материальный и тепловой баланс. Флегмовое число. Расход хладагента в дефлегматоре. Расход теплоносителя в кубе (кипятильнике).

34. Флегмовое число при ректификации. Минимальное, максимальное и оптимальное флегмовое число. Влияние флегмового числа на размеры колонны и на расходы теплоносителя и хладагента.

35. Адсорбционные процессы. Разновидности. Сущность и применение. Промышленные адсорбенты. Диффузионное равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции. Периодическая адсорбция. Рабочий цикл. Уравнение Шилова. Адсорбционные установки непрерывного действия.

36. Сушильные процессы. Сущность и применение. Способы сушки и обезвоживания. Примеры. Свойства влажного воздуха и диаграмма Рамзина. Изображение на диаграмме I-x основных процессов изменения состояния воздуха. Примеры применения диаграммы.

37. Диффузионное равновесие при сушке. Изотермы сушки. Виды материалов. Виды связи влаги с материалом. Схемы воздушной конвективной сушки. Материальный и тепловой баланс. Теоретическая и реальная сушка.

38. Кинетика сушки. Первый и второй период сушки. Время сушки. Расчет сушилок. Основные типы и конструкции сушилок. Сушилки для жидкотекучих, пастообразных и зернистых материалов. Сушилки для кусковых, штучных и ленточных материалов.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНЫМ ИСПЫТАНИЯМ**

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ**

#### **18.06.01 Химическая технология**

1. Атманских, И.Н. Химическая технология [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И.Н. Атманских, С.С. Нохрин, А.Р. Шарафутдинов. – Электрон. Текстовые данные. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. – 120 с.

2. Романков, П.Г. Массообменные процессы химической технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк. – Электрон. Текстовые данные. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2017. – 440 с.

3. Кузнецов, И.М. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем : учебник для вузов / И. М. Кузнецова [и др.]. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014. – 380 с.

### **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ПРОФИЛЮ ПОДГОТОВКИ**

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

1. Варенцов В.К. Химия. Электрохимические процессы и системы [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / В.К. Варенцов, Р.Е. Синчурина, Е.М. Турло. – Электрон. Текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 60 с.

2. Вигдорович, В.И. Защита металлов от атмосферной коррозии 4асляными покрытиями (теория, практика, экологические аспекты): моногр. / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова, Н. В. Шель, Л. Г. Князева, А. Н. Зазуля. – М.: КАРТЭЖ, 2014. – 232 с.

3. Вигдорович, В.И. Коррозия и защита металлов в условиях повышенной концентрации оксида серы (IV)

и продуктов его гидратации: моногр. / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова, Н. П. Бернацкий, Н. В. Шель. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – 364 с.

4. Вигдорович, В.И. Избранные главы химической технологии с оценкой экологических проблем и коррозионной агрессивности технологических сред: учебное пособие для студ. Хим.-технолог. Спец. ун-т. Ч. 1 : Водоподготовка. Технология неорганических веществ / В. И. Вигдорович, Л. Е. Цыганкова, Н. В. Шель, Е. Г. Кузнецова [и др.]. – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – 205 с.

5. Рудой, В.М. Электрохимия. Методика исследования кинетики электродных процессов : учебное пособие для вузов / В. М. Рудой, Т. Н. Останина, И. Б. Мурашова, А. Б. Даринцева. – 2-е изд. – М. : Издательство Юрайт, 2018. – 111 с.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ПРОФИЛЮ ПОДГОТОВКИ**

### **18.06.01.03 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.

Программа вступительных испытаний разработана кафедрами «Химия и химические технологии», «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность».