



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

**ПРИНЯТО**

решением Ученого совета ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
26 сентября 2022 г. (протокол № 9)

**УТВЕРЖДЕНО**

приказом ректора ФГБОУ ВО «ТГТУ»  
25 октября 2022 г. № 200/2-04

**ПРОГРАММА**

вступительного испытания для поступающих в 2023 году в магистратуру  
на направление подготовки

**21.04.01 Нефтегазовое дело**

по программе магистратуры

**21.04.01.01 Аппаратурно-технологическое оформление  
нефтехимических производств**

1. 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 процессов и аппаратов: экспериментальные и теоретические подходы; физико-математические, инженерно-кинетические, инженерно-аппроксимационные и формально-статистические методы). Примеры.

4. Единые кинетические закономерности (ЕКЗ). Скорость, движущая сила и сопротивление (кинетический коэффициент скорости). ЕКЗ гидромеханических процессов. ЕКЗ процессов теплопередачи. ЕКЗ процессов массопередачи (диффузионных процессов).

5. 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.

6. Теория подобия. 1-я теорема подобия. Получение критериев подобия из дифференциальных уравнений: операция приведения дифференциальных уравнений (ОПДУ). Критерии гидромеханического подобия. 2-я теорема подобия.

7. 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 ОПДУ.

8. Критериальные уравнения. Определяемые и определяющие критерии (числа подобия). Определяющие размеры, скорости, температуры, концентрации. Параметрические критерии (симплексы). Производные и групповые критерии. Критерии-аналоги.

9. Получение явного вида критериальных уравнений обработкой экспериментальных или расчетных данных. Графическая обработка. Статистическая обработка. Метод наименьших квадратов.

10. Физическое моделирование и эксперимент. Техника физического эксперимента и моделирования. Правила обеспечения подобия в модели и в образце. 3-я теорема подобия.

11. Общий порядок расчета процессов и аппаратов. Проектные и поверочные расчеты. Статика, материальные и тепловые балансы. Усреднение движущей силы.

12. Виды гидромеханических процессов. Примеры.

13. Задачи гидромеханики и методы их решения. Пограничный слой.

14. Аналитические решения задач гидромеханики. Пример интегрирования уравнений Навье - Стокса для течения в трубах.

15. Течение в трубах. Режимы движения жидкостей. Сопротивление трению.

16. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Скоростной напор. Пять составляющих общего сопротивления сети. Примеры местных сопротивлений.

17. Конструкции насосов, вентиляторов и компрессоров. Потребляемая мощность. Характеристики насосов и вентиляторов. Характеристики сети и рабочая точка.

18. Оптимизация трубопроводных систем.

19. Виды дисперсных систем. Методы их получения и разделения. Влияние ПАВ. Примеры.

20. Гидрокинетика осаждения. Осаждение частиц сложной формы. Осаждение в системах жидкость-жидкость и жидкость-газ. Стесненное осаждение.

21. Расчет отстойников и осадительных камер. Размеры. Производительность. Пути повышения производительности. Конструкции отстойников для пылей, суспензий и эмульсий.

22. Фильтрование и его применение в промышленности. Примеры. Виды осадков. Фильтрующие перегородки.

23. Гидрокинетика фильтрования при постоянном давлении и при постоянном расходе. Уравнение Рутса. Экспериментальное и расчетное определение констант фильтрования.

24. Конструкции фильтровальной аппаратуры для жидкостей и газов.

25. Перемешивание жидкостей. Конструкции механических мешалок. Критериальные уравнения для расчета мощности. Циркуляционное перемешивание. Пневматическое перемешивание.

26. Взвешенный слой и его применение в промышленности. Примеры. Особенности гидрокинетики. Расчет.

27. Тепловые процессы. Разновидности. Одно- и многооперационные тепловые и холодильные процессы. Применение в промышленности.

28. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Нестационарная теплопроводность. Пример интегрирования дифференциального уравнения теплопроводности.

29. Конвективный теплоперенос. Закон Ньютона. Коэффициенты теплоотдачи.

30. Тепловое излучение. Поглощение, отражение, пропускание. Избирательность. Закон Стефана-Больцмана. Степень черноты. Угловые коэффициенты.

31. Способы нагрева и охлаждения. Требования к теплоносителям и хладагентам. Сравнение достоинств и недостатков различных способов нагрева/охлаждения.

32. Основное уравнение теплопередачи (ОУТ). Вывод ОУТ. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Термические сопротивления.

33. Средняя движущая сила (СДС) теплопередачи. Температурные графики для теплообменников. Вывод уравнения среднеинтегральной СДС. Число единиц переноса.

34. Средняя движущая сила теплопередачи. Температурные графики. Среднелогарифмическая СДС. Среднеарифметическая СДС.

35. Критериальные уравнения теплоотдачи для процессов без изменения агрегатного состояния теплоносителя. Уравнение Крауссольтца.

36. Критериальные уравнения теплоотдачи для процессов с изменением агрегатного состояния теплоносителя. Уравнение Нуссельта.

37. Конструкции теплообменников. Основные разновидности. Поверхностные теплообменники (рекуператоры). Кожухотрубчатые теплообменники. Многоходовые теплообменники. Змеевиковые теплообменники. Пластинчатые теплообменники. Ребристые теплообменники. Аппараты с рубашкой.

38. Теплообменники смешения. Нагрев острым паром. Барометрический конденсатор. Аппараты погружного горения. Достоинства и недостатки. Применение. Примеры.

39. Диффузионные процессы. Разновидности и классификация. Агрегатное состояние и число взаимодействующих фаз; число компонентов; концентрация сырья; чистота целевых продуктов. Примеры систем и процессов.

40. Диффузионное равновесие. Способы и выбор выражения концентраций. Способы описания диффузионного равновесия (табличный, графический, аналитический). Фазовые диаграммы равновесия. Примеры из всего курса.

41. Кинетика и динамика диффузионных процессов. Дифференциальные уравнения диффузии в движущейся и в неподвижной среде.

42. Общий коэффициент массопередачи и частные коэффициенты массоотдачи. Сравнение с общим коэффициентом теплопередачи и частными коэффициентами теплоотдачи. Их аналогия и различия.

43. Критериальные уравнения массоотдачи. Сравнение с критериальными уравнениями теплоотдачи. Их аналогия и различия.

44. Фазовые диаграммы равновесия и рабочие линии. Уравнения рабочих линий массообменных процессов. Соотношение потоков. Примеры для случаев противотока и прямотока. Предельные положения рабочих линий.

45. Средняя движущая сила диффузионных процессов. Сравнение с СДС тепловых процессов. Число единиц переноса. Методы расчета СДС и ЧЕП.

46. Расчет диффузионных процессов и аппаратов на базе основного уравнения массопередачи. Исходные данные. Материальный баланс. Средняя движущая сила. Коэффициенты массопередачи и массоотдачи.

47. Расчет с использованием числа единиц переноса (ЧЕП) и высоты единицы переноса (ВЕП).

48. Расчет диффузионных аппаратов на базе числа теоретических тарелок (ЧТТ). Принципы инженерной оптимизации диффузионных процессов и аппаратов. Примеры из всего курса.

49. Абсорбция. Хемосорбция. Десорбция. Сущность и применение. Примеры.
50. Диффузионное равновесие при абсорбции. Закон Генри. Влияние давления и температуры. Тепловой эффект. Растворители для абсорбции. Требования к растворителям. Примеры.
51. Технологические схемы абсорбции. Противоток. Прямоток. Рециркуляция. Схемы и фазовые диаграммы. Конструкции абсорбционных аппаратов.
52. Насадочные колонны. Насадки (регулярные, нерегулярные, плавающие). Разбрызгивающие устройства (струйчатые, разбрызгивающие). Режимы работы колонн. Расчет.
53. Тарельчатые колонны. Конструкции тарелок (колпачковые, ситчатые с переливными устройствами, провальные, перекрестноточные, клапанные). Режимы работы колонн. Расчет.
54. Ректификация. Сущность и применение. Примеры. Фазовая диаграмма. Схема ректификационной установки. Разновидности ректификационных процессов.
55. Диффузионное равновесие при ректификации. Идеальные растворы. Закон Рауля. Уравнение равновесной кривой. Фазовая диаграмма. Смеси с азеотропом. Возможности ректификационного разделения.
56. Ректификационная установка непрерывного действия. Схема. Потoki пара и жидкости. Уравнения рабочих линий. Фазовая диаграмма.
57. Расчет ректификационных колонн. Материальный и тепловой баланс. Флегмовое число. Расход хладагента в дефлегматоре. Расход теплоносителя в кубе (кипятильнике).
58. Флегмовое число при ректификации. Минимальное, максимальное и оптимальное флегмовое число. Влияние флегмового числа на размеры колонны и на расходы теплоносителя и хладагента.
59. Оптимизация ректификационных процессов и аппаратов.
60. Физико-химические особенности ректификации и конструкции ректификационной аппаратуры. Сходство и отличия от абсорбционных колонн. Куб. Дефлегматор.
61. Жидкостная экстракция. Сущность и применение. Примеры.
62. Диффузионное равновесие при жидкостной экстракции. Растворители для экстракции. Требования. Примеры.
63. Технологические схемы жидкостной экстракции. Треугольная диаграмма. Особенности жидкостной экстракции и экстракционных аппаратов. Сходство и отличия от абсорбционных и ректификационных колонн.
64. Адсорбционные процессы. Разновидности. Сущность и применение. Примеры. Промышленные адсорбенты. Разновидности, характеристики и особенности.
65. Диффузионное равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции. Влияние температуры и давления. Тепловой эффект. Требования к адсорбентам. Промышленные адсорбенты. Разновидности, характеристики и особенности.
66. Периодическая адсорбция. Рабочий цикл. Десорбция активных углей и силикагелей. Методы расчета адсорберов. Уравнение Шилова.
67. Адсорбционные установки непрерывного действия. Схема установки. Требования к адсорбентам. Методы расчета адсорбционно-десорбционных колонн.
68. Сушильные процессы. Сущность и применение. Способы сушки и обезвоживания. Примеры.

69. Свойства влажного воздуха и диаграмма Рамзина. Изображение на диаграмме I-x основных процессов изменения состояния воздуха. Примеры применения диаграммы.

70. Диффузионное равновесие при сушке. Изотермы сушки. Виды материалов. Виды связи влаги с материалом. Примеры.

71. Схемы воздушной конвективной сушки. Материальный и тепловой баланс. Теоретическая и реальная сушка. Балансные расчеты.

72. Кинетика сушки. Первый и второй период сушки. Время сушки. Расчет сушилок.

73. Конструкции сушилок для жидкотекучих, пастообразных и зернистых материалов.

### **Основная литература**

1. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : [Электронный ресурс] : в 2 кн. / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов [и др.] ; Под ред. В.Г. Айнштейна. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 1758 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/42602>.

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.

### **Дополнительная литература**

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии (в двух частях) / Ю.И. Дытнерский. - М.: Химия, 1995.

2. Кутепов, А.М. Общая химическая технология / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен. - М.: Высш. шк., 1990.- 520 с.

3. Фролов, В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии": учебное пособие для вузов / В. Ф. Фролов. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2003. – 608 с.

4. Романков, П.Г. Гидромеханические процессы химической технологии.- 3-е изд. / П.Г. Романков, М.И. Курочкина.- Л.: Химия, 1982.- 288 с.

5. Романков, П.Г., Теплообменные процессы химической технологии / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов.- Л.: Химия, 1982.- 288 с.

6. Романков, П.Г. Массообменные процессы химической технологии / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов.- Л.: Химия, 1990.- 384 с.

Утверждено на заседании Методического совета ТГТУ (Протокол от 28.06.2022 № 3)