

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

**Программа вступительных испытаний в магистратуру
по направлению
18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии**

*Магистерская программа
«Кибернетика для инновационных технологий»*

Москва 2022

Разработчики программы:

- председатель комиссии университета по разработке программы вступительных испытаний в магистратуру по направлению 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии по магистерской программе «Кибернетика для инновационных технологий» – заведующий кафедрой кибернетики химико-технологических процессов, д.т.н., проф. Глебов М.Б.;
- руководитель магистерской программы «Кибернетика для инновационных технологий» – заведующий кафедрой кибернетики химико-технологических процессов, д.т.н., проф. Глебов М.Б.
- заведующий кафедрой компьютерно-интегрированных систем в химической технологии, профессор Егоров А.Ф.;
- профессор кафедры компьютерно-интегрированных систем в химической технологии, профессор Савицкая Т.В.;
- профессор кафедры кибернетики химико-технологических процессов, профессор Писаренко Е.В.

1. Введение

Программа вступительных испытаний предназначена для лиц, желающих поступить в магистратуру ФГБОУ ВО «РХТУ им. Д.И.Менделеева» по направлению 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии по магистерской программе «Кибернетика для инновационных технологий».

Программа разработана в соответствии с Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 19 декабря 2013 г. № 1367).

Программа рекомендуется для подготовки к вступительным испытаниям выпускников бакалавриата, специалитета или магистратуры классических университетов, технических и технологических вузов, в основных образовательных программах подготовки которых содержатся дисциплины (модули), рабочие программы которых аналогичны по наименованию и основному содержанию рабочим программам перечисленных ниже учебных дисциплин по уровню бакалавриата.

Содержание программы базируется на следующих учебных дисциплинах, преподаваемых в РХТУ им.Д.И.Менделеева:

1. «Информатика», которая относится к базовой части цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика");

2. «Процессы и аппараты химической технологии», которая относится к базовой части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика");

3. «Общая химическая технология», которая относится к базовой части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика");

4. «Системы управления химико-технологическими процессами», которая относится к базовой части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика");

5. «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», которая относится к вариативной

части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика");

6. «Методы кибернетики химико-технологических процессов», относящейся к дисциплинам вариативной части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль " Основные процессы химических производств и химическая кибернетика ");

7. «Химические процессы и реакторы», относящейся к дисциплинам вариативной части профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» (профиль " Основные процессы химических производств и химическая кибернетика ").

Программа включает перечень вопросов к вступительным испытаниям и перечень рекомендуемой основной и дополнительной литературы.

Вступительные испытания проводятся в форме устного экзамена по экзаменационным билетам, каждый из которых включает три задания из следующих трех дисциплинарных блоков:

**Вопросы вступительных испытаний для поступающих
в магистратуру по направлению
18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Программа «Кибернетика для инновационных технологий»**

Перечень вопросов вступительных испытаний включает вопросы по следующим учебным курсам, относящимся к базовой и вариативной частям профессионального цикла дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» профиля «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика» (в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (ФГОС ВО)) по трем блокам:

Блок 1. Процессы и аппараты химической технологии и Общая химическая технология.

Блок 2. Методы кибернетики химико-технологических процессов. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической

технологии, нефтехимии и биотехнологии. Химические процессы и реакторы.

Блок 3. Системы управления химико-технологическими процессами.

В каждом билете – по два вопроса. Перечень вопросов прилагается.

Блок 1. Процессы и аппараты химической технологии и Общая химическая технология

1. Закон внутреннего трения Ньютона. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости.

2. Характеристики и режимы течения жидкости по трубопроводу. Профили скоростей при различных режимах.

3. Основное уравнение гидростатики. Практические приложения этого уравнения.

4. Напор насоса, его энергетический смысл. Высота всасывания насоса.

5. Теплоотдача и теплопередача: математическое описание, физический смысл коэффициентов, температурный градиент.

6. Тепловые балансы при изменении и без изменения фазового состояния теплоносителей. Сравнение прямотока и противотока теплоносителей.

7. Водяной пар как теплоноситель, его преимущества. Определение расхода пара на нагревание и испарение жидкости.

8. Влияние гидродинамического режима течения теплоносителя на коэффициент теплоотдачи. Сравнение кожухотрубного и двухтрубного теплообменников.

9. Расчет средней движущей силы процесса теплопередачи. $\Delta T_{\text{ср}}$ при прямотоке и противотоке теплоносителей.

10. Порядок расчета теплообменных аппаратов на примере кожухотрубного теплообменника.

11. Расчет средней движущей силы массопередачи. Гидродинамические режимы в насадочных колоннах.

12. Соотношение между коэффициентами массопередачи и массоотдачи. Из каких уравнений получают коэффициенты массоотдачи?

13. Сравнение процессов простой перегонки и ректификации. Устройство аппаратов для их осуществления.

14. Химический процесс. Классификация химических процессов. Иерархическая структура процесса и его математической модели для химического реактора.

15. Стехиометрические закономерности химических процессов. Стехиометрическое уравнение, стехиометрические коэффициенты. Расчет основных показателей: степень превращения, селективность, выход продукта.

16. Термодинамические закономерности химических процессов. зависимость константы равновесия и равновесной степени превращения от температуры для экзо- и эндотермических реакций.

17. Кинетические закономерности химических процессов. Понятия скорости реакции и скорости превращения вещества для простой и сложной реакции. Кинетическое уравнение, порядок реакции, кинетическая кривая.

18. Гомогенный химический процесс. Определение, примеры. Аналитические и графические зависимости скорости превращения от концентрации, степени превращения и температуры для простых необратимых реакций и для простых обратимых реакций.

19. Гетерогенный химический процесс “газ-жидкость”. Примеры. Структура и математическое описание процесса с медленной и быстрой реакцией.

20. Каталитический химический процесс. Определение катализа и катализатора. Химический процесс в пористом зерне катализатора. Схема процесса и математическое описание.

21. Каталитический химический процесс. Химический процесс на непористом катализаторе. Схема процесса и математическое описание.

22. Химические реакторы. Определение, классификация. Функциональные элементы реактора. Общий вид математической модели химического процесса в реакторе. Основные математические модели химических реакторов.

23. Реактор идеального вытеснения. Математическое описание изотермического и неизотермического процессов в реакторе.

24. Реактор идеального смешения непрерывного действия. Математическое описание изотермического и неизотермического процессов в реакторе.

25. Реактор идеального смешения периодического действия. Математическое описание изотермического и неизотермического процессов в реакторе.

26. Каскад реакторов идеального смешения. Аналитический и графический методы расчета каскада реакторов идеального смешения.

27. Явление тепловой устойчивости в химическом реакторе. Неоднозначность стационарных режимов. Способы управления тепловым режимом.

28. Химическое производство как химико-технологическая система (ХТС). Понятие системы. Элементы ХТС, типы технологических связей, функциональные подсистемы, примеры. Показатели эффективности химического производства.

29. Синтез оптимальных схем реакторов. Сравнить параллельное и последовательное соединение реакторов идеального вытеснения и идеального смешения.

30. Анализ ХТС. Материальные и тепловые балансы как основа расчета ХТС. Общие правила составления балансов. Формы представления балансов.

31. Концепции синтеза ХТС. Оптимальное использование оборудования. Гибкие ХТС. Характеристика приёмов для реализации концепции синтеза ХТС. Примеры.

Блок 2. Методы кибернетики химико-технологических процессов. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Химические процессы и

реакторы

1. Основные этапы математического моделирования. Виды математических моделей. Методы разработки и состав математического описания ХТП.

2. Индикаторные методы исследования структуры потоков. Моменты кривых отклика.

3. Полный факторный эксперимент 2^k . Свойства плана и регрессионный анализ результатов.

4. Градиентные и безградиентные методы поиска экстремума функции многих переменных.

5. Методы приближенного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем. Сходимость и устойчивость методов.

6. Основные принципы расчета однофазных и многофазных реакторов;

7. Динамические модели химико-технологических систем непрерывного действия. Функциональные операторы – модели технологических операторов. Типовые функциональные операторы процессов химической технологии.

8. Термодинамические условия равновесия для гетерогенных систем.

9. Экономическая эффективность технологических процессов. Математическое представление критериев оптимальности.

10. Моделирование дискретных процессов в химико-технологических системах периодического действия.

11. Постановка задачи и соотношения метода множителей Лагранжа.

12. Основные принципы расчета однофазных и многофазных реакторов.

13. Метод моментов при изучении структуры потоков. Виды моментов функций распределения.

14. Уравнения математического описания процессов многокомпонентной ректификации в тарельчатых колоннах.

15. Алгоритм определения коэффициентов уравнения множественной регрессии. Регрессионный анализ результатов.

16. Необходимые и достаточные условия экстремума функции одной и многих переменных.

17. Ячеечная модель с обратными потоками. Допущения. Связь с другими моделями структуры потоков.

18. Области протекания гетерогенно-каталитических реакций и экспериментальные способы их определения.

19. Диффузионная модель. Оценка параметра диффузионной модели.

20. Алгоритм определения коэффициентов уравнения множественной регрессии. Регрессионный анализ результатов.

21. Представление моделей структуры потоков в форме передаточной функции.

22. Термодинамические закономерности химических процессов. Зависимость константы равновесия и равновесной степени превращения от температуры для экзо- и эндотермических реакций. Способы управления

равновесием химических процессов.

23. Химический процесс в пористом зерне катализатора. Схема процесса и математическое описание. Коэффициент эффективности зерна катализатора (степень использования внутренней поверхности).

24. Уравнения Навье-Стокса в случае несжимаемой изотермической среды.

25. Модели массоотдачи к поверхности раздела фаз.

26. Описание процесса абсорбции на основе модели идеального вытеснения фаз.

27. Жидкостная экстракция. Описание процесса на основе ячеечной модели с обратными потоками.

28. Массовая кристаллизация из растворов. Модель периодического кристаллизатора с мешалкой.

29. Установление адекватности математических моделей.

30. Общая схема решения оптимальных задач с помощью принципа максимума.

31. Математическая формулировка задачи линейного программирования. Геометрическое представление задачи линейного программирования, симплексный метод решения задач линейного программирования.

32. Метод максимального правдоподобия.

33. Основные понятия стехиометрического анализа химических реагирующих систем: структурные и молекулярные виды, матрицы структурных коэффициентов, матрицы стехиометрических коэффициентов. Их свойства.

34. Химические инварианты, определение и свойства. Оценка общего числа химических инвариантов.

35. Нестационарная, квазистационарная и стационарная области протекания химических реакций. Определение боденштейновских и небоденштейновских веществ. Расчет их концентраций для различного времени протекания реакции.

36. Стехиометрическая определенность химических реагирующих систем. Построение уравнений химических инвариантов для боденштейновских и небоденштейновских веществ. Метод Боденштейна.

37. Описание равновесия жидкость – пар в многокомпонентных смесях.

38. Квазигомогенная модель зерна катализатора. Граничные условия для модели зерна. Уравнения диффузионной стехиометрии для изотермических процессов.

39. Области протекания гетерогенно-каталитических процессов и экспериментальные способы их определения.

40. Контактно-каталитические реакторы. Псевдогомогенные и многофазные модели. Области применения подобных моделей.

41. Основные типы двухфазных, гетерогенных моделей каталитических реакторов. Методы их расчета.

42. Уравнения реакторной стехиометрии псевдогомогенных

адиабатических и политропических реакторов. Их роль в моделировании химических процессов.

Блок 3. Системы управления химико-технологическими процессами

1. Блок-схема системы автоматического регулирования (САР). Описание процессов регулирования САР.
2. Иерархическая структура интегрированных автоматизированных систем управления химическими предприятиями.
3. Классификация систем автоматического регулирования.
4. Основные показатели устойчивости и быстродействия систем автоматического регулирования.
5. Основные показатели качества работы систем автоматического регулирования.
6. Основные этапы анализа и синтеза систем автоматического регулирования.
7. Статические и динамические характеристики элементов систем автоматического регулирования. Системы, описываемые дифференциальными уравнениями первого и второго порядков.
8. Статические и динамические характеристики элементов систем автоматического регулирования. Методы линеаризации.
9. Временные характеристики элементарных звеньев систем автоматического регулирования.
10. Преобразование Лапласа. Расчет передаточных функций усилительного, интегрирующего и дифференцирующего звеньев.
11. Преобразование Лапласа. Расчет передаточной функции инерционного звена первого порядка.
12. Частотные характеристики элементарных звеньев систем автоматического регулирования. Расчет частотных характеристик усилительного, интегрирующего и дифференцирующего звеньев.
13. Частотные характеристики элементарных звеньев систем автоматического регулирования. Расчет частотной характеристики инерционного звена.
14. Типовые законы регулирования. Временные, частотные характеристики и передаточные функции П- и И-законов регулирования.
15. Типовые законы регулирования. Временные, частотные характеристики и передаточные функции ПИ-закона регулирования.
16. Типовые законы регулирования. Временные, частотные характеристики и передаточные функции ПИД-закона регулирования.
17. Расчет передаточных функций разомкнутой и замкнутой систем одноконтурной системы автоматического регулирования.
18. Алгебраические критерии устойчивости линейных систем автоматического регулирования. Примеры анализа устойчивости систем автоматического регулирования.
19. Частотные характеристики устойчивости линейных систем автоматического регулирования. Расчет амплитудно-фазочастотных

характеристик разомкнутой одноконтурной системы автоматического регулирования.

20. Расчет параметров настроек линейных одноконтурных систем автоматического регулирования. Прямые и косвенные методы.

21. Расчет оптимальных параметров настроек ПИ-регулятора одноконтурной системы автоматического регулирования частотными методами.

22. Каскадные системы автоматического регулирования. Структурная схема и проектирование каскадной системы автоматического регулирования.

23. Комбинированные системы автоматического регулирования. Структурная схема и проектирование комбинированных систем автоматического регулирования.

24. Структуры, блок-схемы и описание работы одноконтурных, комбинированных и каскадных систем автоматического регулирования теплообменных процессов.

25. Структуры, блок-схемы и описание работы одноконтурных, комбинированных и каскадных систем автоматического регулирования массообменных процессов.

26. Структуры, блок-схемы и описание работы одноконтурных, комбинированных и каскадных систем автоматического регулирования реакторных процессов.