

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке

РХТУ им. Д.И. Менделеева



А.А. Щербина

«10» декабря 2022 г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

**2.3.1 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИН-  
ФОРМАЦИИ**

Москва 2022 г

Программа составлена:

д.т.н., проф., заведующим кафедрой информатики и компьютерного проектирования Гартманом Т.Н.

к.т.н., доц. кафедры информатики и компьютерного проектирования Панкрушиной А.В.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### **1. История и тенденции развития и применения информационных технологий в области химии, нефтегазоперерабатывающей и нефтегазохимической промышленности.**

Введение в предметную область. Обзор современных информационных технологий хранения и обработки информации, истории их создания, применения в химии, химической, нефтегазоперерабатывающей и нефтегазохимической промышленности. Важнейшие технологические решения. Примеры внедрения различных информационных технологий. Экономический эффект.

### **2. Системный анализ в химической технологии.**

#### **2.1. Основные понятия при системном анализе химических производств.**

Понятие химико-технологической системы и ее иерархии. Жизненный цикл химического производства с точки зрения системного подхода и его этапы: разработка концептуального технологического проекта производства, разработка концептуального технического проекта производства, разработка рабочего технологического проекта производства, разработка рабочего технического проекта производства, заказ и приобретение оборудования, материалов и услуг, строительство и монтаж производства, пуско-наладка и сдача производства в эксплуатацию, эксплуатация производства, обслуживание и ремонт, вывод производства из эксплуатации, демонтаж производства и рекультивация территории. Компьютерные системы для реализации различных этапов жизненного цикла производства: системы расчетно-технологического проектирования с оптимизацией, системы монтажно-технологического проектирования с КИПиА, системы инженерного монтажно-технологического проектирования со спецификацией оборудования, системы управление проектными данными. Системы координации работы с внутренними и внешними государственными и административными органами.

#### **2.2. Основные принципы функционирования автоматизированных информационных систем (АИС).**

Понятия информационной модели в АИС. Вычислительное и коммуникационное оборудование, программное обеспечение (ПО), лингвистические средства и информационные ресурсы, а также системный персонал, обеспечивающий функционирование АИС. Базовые направления технологий современных АИС: технологии баз данных (БД), системы текстового поиска, технологии Web. Базы данных, системы баз данных и банки данных. Фактографические базы данных. Приложения систем баз данных и общая схема их функционирования совместно с фактографическими базами данных. Модели данных в АИС и их разновидности. Структурированные, неструктурированные и слабоструктурированные данные. Интеллектуализация баз данных. Базы знаний. Метаданные и метаметаданные. Системы управления базами данных (СУБД). Современные СУБД, применяемые в химии и химической технологии. Применение АИС в корпоративных информационных системах (КИС).

### **2.3. Систематизация интеллектуальных систем.**

Системный анализ интеллектуальных систем (ИС), и составляющих их: баз данных, экспертных систем, расчетных алгоритмов. Примеры ИС, нацеленные на разные задачи: моделирование физико-химических процессов и явлений (ASPEN PLUS), моделирование отдельных аппаратов (DRYINF), моделирование технологических схем (PRO-II, HYSYS, ASPEN, ChemCad, Ansys Fluent). Применение различных фактографических баз данных в автономных системах управления производств и предприятий – SCADA (АСУТП), MES (АСОУП), ERP(АСУП) и OLAP(АСУК), в том числе с учетом иерархии перечисленных автоматизированных систем управления (АСУ).

## **3. Интеллектуальный анализ и обработка данных.**

### **3.1. Методы интеллектуального анализа данных.**

Понятия формализованных (ФЗ), слабоформализованных (СФЗ) и неформализованных задач (НФЗ). Применение интеллектуальных процедур для решения СФЗ и НФЗ. Модели представления знаний: продукционные, семантические и фреймовые. Алгоритмы поиска смысловых решений. Моделирование мыслительных процессов креативной (творческой) деятельности специалиста с применением баз данных (БД) и баз знаний (БЗ) в системах искусственного интеллекта (ИИ). Классификация знаний и их характерные признаки. Адаптивное программирование в системах ИИ. Обучение и самообучение. Функциональные подсистемы систем ИИ.

Экспертные системы (ЭС). Структура и функциональные компоненты экспертных систем. Статические и динамические экспертные системы. Режимы работы экспертных систем (ЭС): приобретение знаний и решение неформализованной задачи (НФЗ). Технология разработки экспертных систем

(ЭС): идентификация, концептуализация, формализация, выполнение, опытная эксплуатация и тестирование.

Структура интеллектуального анализа данных (ИАД, в английской терминологии Data Mining). ИАД как процесс аналитического исследования больших массивов информации с целью выявления определенных закономерностей и систематических взаимосвязей между переменными. Автоматизированная обработка и обобщение накопленных сведений, превращение их в информацию и знания. Основные компьютерные методы обработки информации: пакетные, транзакции, ИАД. Основные математические методы обработки массивов данных, включая, например, алгоритмы вычисления оценок и определения ассоциаций и последовательностей системы рассуждения на основе аналогичных случаев; нейронные сети; генетические алгоритмы; способы визуализация данных. Характеристика, область применения каждого метода ИАД.

Рассмотрение метода принятия решений на основе прошедших событий (в английской терминологии CBR – Case-Based Reasoning) как одного из недавних и сравнительно простых методов. Эффективность метода CBR. Примеры использования и его компьютерная реализация.

### **3.2. Методы обработки разных типов данных.**

Обработка данных: отдельных данных, агрегированных данных, выявления закономерностей с целью построения моделей.

### **3.3. Различные типы отношения данных.**

Тип отношения данных: регрессия, ассоциация, последовательность, классификация, кластеризация, временные ряды.

## **4. Построение интеллектуально-информационных систем.**

### **4.1. Базы данных и информационные системы.**

Базы данных – как компьютерные хранилища информации. Рассмотрение принципов и примеров построения баз данных (БД). Таблицы, сущности, взаимосвязи. Компьютерные среды для построения БД. Особенности картографических, иерархических, сетевых и реляционных БД. Алгоритмы поиска в них информации. Примеры БД для поиска информации в области химической технологии (Science Direct, Dechema, БД ВИНТИ и другие).

Основные принципы построения, слияния интеллектуальных информационных систем на примере автоматизированных лабораторных информационных систем (АЛИС). Сценарий функционирования АЛИС: планирование работ, подготовка анализов, отбор проб, проведение измерений, расчет результатов, оформление результатов, использование результатов. Функциональные возможности АЛИС: интеграция с информационными системами производства в плане автоматизированного получения заказов на исследования с различных этапов производства; регистрация материала, поступающего в лабораторию; распределение материалов (заказов) по рабочим местам,

формирование рабочей документации (заданий) для лаборантов; контроль выполнения процессов лабораторной диагностики; автоматический ввод (или автоматическое получение от анализаторов) результатов исследований; внутрилабораторный контроль качества, участие во внешних системах контроля качества; аналитическая обработка полученных данных; передача ответов во внешние информационные системы, либо экспорт данных в различных электронных форматах, либо подготовка результатов для распечатки; формирование отчетов; минимизация количества ошибок при выполнении лабораторных исследований (в основном связанных с идентификацией образца или исследования), а также случаев потери информации и связанных с ними повторных исследований

Лабораторные информационные системы (LIMS). Технология создания виртуальных лабораторий LabView.

#### **4.2. Информационные системы для обеспечения качества.**

Информационная платформа для обеспечения качества продукции: от контроля процессов в отдельном аппарате до решения логистических задач предприятия. Определение SCADA-систем. Руководство по качеству: ГОСТ, ISO-9001, GMP-стандарт (английская аббревиатура сохраняется в русском языке «good manufacturing practice»), PAT («process analytical technology») инициативы. Иерархия управления. Существующие пакеты прикладных программ для контроля и обеспечения качества. Решение задач управления качеством с помощью информационных технологий.

#### **5. Пакеты моделирующих программ (ПМП) – симуляторы технологических процессов для расчетов, анализа, оптимизации и синтеза химико-технологических систем.**

Пакеты CHEMCAD, PROVISION, HYSYS, ASPEN и ANSYS как пример коммерческих пакетов для технологических расчетов химико-технологических, нефтегазоперерабатывающих и нефтегазохимических процессов. Функциональные модули пакетов моделирующих программ (ПМП), способы хранения и обработки информации. Основные операционные единицы (расчетные модули) симуляторов. Алгоритмы расчета отдельных процессов в аппаратах и технологических схемах, в том числе с рециклическими (обратными) материальными и тепловыми потоками. Принципы вычислений стационарных и динамических процессов, основные алгоритмы расчетов, применяемые в этом случае. Особенности расчета технологических схем с контурами управления. Расчеты гидродинамических процессов, в том числе с применением пакета ANSYS FLUENT. Примеры задач моделирования и проектирования химико-технологических процессов и схем.

#### **6. Система компьютерной поддержки логистических процессов**

CALS-технологии (Computer Aided Logistics Support или Continuous Acquisition and Lifecycle Support) - компьютерная поддержка логистических

процессов). Основные аспекты CALS-технологий: лингвистический, информационный, программный, математический, методологический, технический и организационный. Интеграции современных автоматизированных компьютерных систем на предприятиях. Структурирование и моделирование данных о производствах и продуктах. Обеспечение эффективного управления и обмена данными между всеми участниками жизненного цикла производства.

Создание документации, необходимой для сопровождения и поддержки всех этапов жизненного цикла производства. Основные компьютерные системы сопровождения жизненного цикла химических производств и предприятий:

CAE – Computer Aided Engineering (компьютерный анализ, оптимизация и синтез – инжиниринг), CAD – Computer Aided Design (компьютерное проектирование – 2D и 3D), CAM – Computer Aided Management/Manufacturing (компьютерное управление), PDM – Project Data Management (управления проектными данными), SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition (диспетчерское управление производством), CNC – Computer Numerical Control (компьютерное цифровое управление), MES – Manufacturing Execution System (исполнительная система для производств предприятия), SCM – Supply Chain Management (управление цепочками поставок), CSM – Component Supplier Management (управление цепочками комплектующих), EDM – Enterprise Data Management (управления данными предприятия), ERP – Enterprise Resource Planning (планирование и управление ресурсами предприятия), MRP-2 – Manufacturing/Material Requirement Planning (планирование требуемых материалов производств), CRM – Customer Relationship Management (управление взаимоотношениями с клиентами), S&SM – Sales and Servis Management (управление продажами и обслуживанием), CPC – Collaborative Product Commerce (совместный электронный бизнес – E-бизнес).

## **Вопросы для подготовки к кандидатскому экзамену по научной специальности**

### **2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации**

1. Классификация методов и подходов системного анализа.
2. Системный анализ интеллектуальных систем (ИС), их составляющих: базы данных, экспертные системы, расчетные алгоритмы.
3. Классификация и постановка задач принятия решений. Этапы решения задач системного анализа.

4. ИС, направленные на решения разных задач: моделирование физико-химических процессов и явлений, моделирование отдельных аппаратов, моделирование технологических схем.
5. Методы сбора, очистки и согласования данных.
6. Что такое «множество», при каких условиях совокупность данных можно назвать множеством? Примеры.
7. Что такое «простой, составной, первичный, альтернативный потенциальный ключ»?
8. Типы связей “один к одному”, “один ко многим”, “много ко многим”. Примеры информационных систем, их типы, структура.
9. Интеллектуальный анализ данных (приемы, свойства, основные характеристики).
10. Метод прецедентного анализа (CBR метод).
11. Принципы и примеры построения баз данных.
12. Компьютерные среды для построения БД. Особенности картографических, текстовых БД.
13. Пакеты ASPEN, Ansys Fluent как пример коммерческих пакетов для проектирования химико-технологических, фармацевтических, нефтеперерабатывающих производств.
14. Лабораторные информационные системы (LIMS).
15. Тенденции разработок интеллектуальных систем.
16. ERP-системы (Типы автоматизированных систем)
17. Информационные системы для обеспечения качества
18. Виртуальные лаборатории LabView.
19. Системы компьютерной поддержки этапов жизненного цикла химических производств.
20. Система компьютерной поддержки химического производства на основе CALS-технологии.
21. Структура автоматизированных лабораторных информационных систем (АЛИС), и необходимое программное (SOFTWARE) и аппаратное обеспечение (HARDWARE).
22. Статические экспертные системы и принципы их функционирования.
23. Моделирование физико-химических процессов с применением пакетов моделирующих программ (ПМП) – симуляторов.
24. Технология разработки экспертных систем.
25. Функциональные возможности автоматизированных лабораторных экспертных систем.
26. Разновидности моделей данных и знаний в базах данных(БД) и базах знаний(БЗ).

27. Функциональные модули пакетов моделирующих программ (ПМП), способы хранения и обработки информации.
28. Динамические экспертные системы и принципы их функционирования.
29. Иерархические, сетевые и реляционные БД.
30. Компьютерный анализ, оптимизация и синтез химико-технологических систем.
31. Основные компьютерные системы сопровождения жизненного цикла химических производств и их назначение.
32. Основные операционные единицы (расчетные модули) симуляторов и принципы их применения при моделировании химико-технологических систем.
33. Модели представления знаний в БЗ, данные и метаданные.
34. Моделирование мыслительных процессов креативной (творческой) деятельности специалиста с применением баз данных (БД) и баз знаний (БЗ) в системах искусственного интеллекта (ИИ).
35. Алгоритмы расчета отдельных процессов в аппаратах и технологических схемах, в том числе с рециклическими (обратными) материальными и тепловыми потоками.
36. Информационные модели в автоматизированных информационных системах.
37. Управление цепочками поставок в системах сопровождения химических производств и предприятий.
38. Интеграции современных автоматизированных информационных систем на предприятиях.
39. Решение задач управления качеством с помощью информационных технологий.
40. Создание документации, необходимой для сопровождения и поддержки всех этапов жизненного цикла производства.
41. Алгоритмы поиска информации в базах данных (БД).
42. Алгоритмы решения интеллектуальных задач.
43. Базы данных для поиска информации в области химической технологии.

### **Рекомендуемая основная литература**

1. Кафаров, В. В. Системный анализ процессов химической технологии: основы стратегии : монография / В. В. Кафаров, И. Н. Дорохов; ответственный редактор Н. М. Жаворонков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 499 с.
2. Андрейчиков, А.В. Системный анализ и синтез стратегических решений в инноватике: Основы стратегического инновационного менеджмента



и маркетинга / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. — М.: Книжный дом Либроком, 2018. — 248 с.

3. Белов, П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование в 3 ч. Часть 1: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / П. Г. Белов. — Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 211 с.

#### **Дополнительная литература**

1. Современные информационные системы хранения, обработки и анализа данных для предприятий химической и смежных отраслей: учеб. пособие/ Н.В. Меньшутина, А.В. Матасов – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 308 с.

2. Антонов, А.В. Системный анализ: Учебник для вузов / А.В. Антонов. — М.: Высш. шк., 2017. — 454 с.

3. Матасов А.В., Меньшутина Н.В., Сидоркин О.В. Системы автоматизированной поддержки принятия решений в задачах химической технологии, экологии и фармацевтики. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. 168 с.

4. Введение в информационные системы предприятий химической промышленности: учеб. пособие/ Т.Н. Гартман, Е.Н. Павличева, А.В. Матасов, А.С. Павлов, В.В. Васильев. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. – 104 с.

5. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии. Топологический принцип формализации. Том 1. Издательство: М.: Наука. Год: 1979. 394 с.

6. Глебов М.Б., Гордеев Л.С. Применение искусственных нейронных сетей в задачах химической технологии: учеб. пособие. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1998. 100 с.

7. Мешалкин, В. П. Экспертные системы в химической технологии. Основы теории, опыт разработки и применения [Текст] / В. П. Мешалкин. – М. : Химия, 1995. – 368 с.