

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО КНИТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР

А.В. Бурмистров

» _____ 2019 г.



Программа кандидатского экзамена

05.13.01 « Системный анализ, управление и обработка информации»
(шифр) (наименование)

Казань, 2019 г.

Составители программы:

зав. кафедрой

(должность)



(подпись)

Зиятдинов Н.Н.

(Ф.И.О)

профессор

(должность)



(подпись)

Лаптева Т.В.

(Ф.И.О)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры системотехники

протокол от 11 марта 2019 г. № 11

Зав.кафедрой



(подпись)

Зиятдинов Н.Н.

(Ф.И.О.)

Утверждена на Ученом совете института Управления, автоматизации и информационных технологий

протокол от 9 апреля 2019 г. № 10

1. Программа кандидатского экзамена по специальности

1. Системный подход и общесистемные свойства и закономерности.

История теории систем. Содержание и основные положения системного анализа. Понятийный аппарат системного анализа. Основные идеи и методы общей теории систем. Типы систем: естественные и искусственные, концептуальные, виртуальные. Свойства систем (целостность и членимость, связность, интегративность, наличие жизненного цикла). Функции системы и ее элементов. Основные этапы жизненного цикла сложной системы.

Системные направления исследования. Системотехника, исследование операций, системный анализ. Понятие системного анализа. Принципы системного анализа. Методы системного анализа. Постановка целей системного анализа. Понятие анализа и синтеза систем.

2. Физико-химическая и химико-технологическая системы.

Понятие физико-химической системы (ФХС). Особенности структуры ФХС: иерархичность строения при декомпозиции структуры по вертикали; суперпозиция явлений различной физико-химической природы; двойственный стохастико-детерминированный характер поведения системы на каждом уровне ФХС.

Понятие химико-технологической системы (ХТС). Структура связей технологических аппаратов, их взаимодействие и взаимовлияние, взаимодействие с окружающей средой. Принцип построения схемы моделируемой ХТС. Понятие элемента ХТС. Классификация переменных элемента. Классификация потоков ХТС. Понятие параметричности потоков ХТС. Критерии эффективности ХТС. Свойства ХТС.

3. Математическое моделирование как инструмент реализации системного подхода.

Понятия математической модели и математического моделирования. Свойство гомоморфизма математической модели. Познавательные и прагматические модели. Этапы построения математической модели и математического моделирования.

Классификация методов моделирования систем. Оптимизационные и имитационные модели. Детерминированные и стохастические модели. Использование методов исследования операций для построения моделей. Информационные и кибернетические модели. Методы анализа химико-технологических процессов. Матричная информационная модель системы. Экспериментально-статистические методы описания физико-химических систем. Постановка задачи идентификации физико-химических систем.

Связь между переменными состояниями объекта в виде систем дифференциальных уравнений и весовой функцией динамической системы. Каноническая (нормальная) форма уравнений состояния динамической системы.

Показатели и критерии оценки систем. Методы качественного оценивания систем: методы типа «мозговая атака», методы построения сценариев, методы типа Делфи, морфологические методы, методы построения дерева целей. Метод нечетких множеств и мягких вычислений для качественного оценивания систем. Методы количественного оценивания систем: оценка систем на основе теории полезности, оценка по критериям риска, модели ситуационного управления. Компьютерная поддержка изобретательской деятельности проектировщика ХТС.

Принятие решений в условиях определенности, в условиях риска, в условиях неопределенности. Принятие решений в условиях конфликтных ситуаций или противодействия. Задачи теории игр. Основные понятия теории игр. Смешанные стратегии в играх. Оценка риска в «играх с природой».

Качественный анализ структуры физико-химической и технологической системы – иерархия, математическое описание гидродинамических эффектов, массообменных и тепловых процессов, химических превращений, энергетических переходов.

Методы идентификации. Корректно и некорректно поставленные задачи. Классификация методов идентификации. Методы идентификации моделей стационарных процессов, динамических процессов. Статистический подход к задаче идентификации, корреляционный и дисперсионный анализ, планирование эксперимента.

4. Системный анализ процессов химической технологии и ХТС.

Состав и структура математической модели ХТС. Математическая постановка задачи расчета ХТС. Определение числа степеней свободы ХТС. Совместность и определенность уравнений материально-тепловых балансов (МТБ) ХТС.

Назначение структурного анализа ХТС. Алгоритмы структурного анализа разомкнутых и замкнутых ХТС.

Подходы и методы расчета МТБ замкнутых ХТС. Параллельный и последовательный подходы к расчету ХТС. Методы решения систем нелинейных уравнений.

Исследование системных связей и законов функционирования. Анализ гибкости (работоспособности) ХТС. Поиск лимитирующих элементов в ХТС. Выявление лимитирующей стадии в элементе ХТС. Выбор метода интенсификации химико-

технологического процесса (ХТП), протекающего в элементе, используемого для расширения «узких мест». Исследование чувствительности ХТС.

5. Методы оптимизации химико-технологических процессов и систем.

Место и роль методов оптимизации в химической технологии. Постановка и математическая формализация задачи оптимизации химико-технологических процессов и систем. Основные определения, понятия, теоремы. Понятия выпуклого анализа. Выпуклое множество допустимых значений вектора варьируемых параметров. Выпуклый критерий оптимальности.

Общая формулировка задачи оптимизации. Классификация методов решения задач оптимизации.

Структурная схема методов безусловной минимизации. Методы нулевого, первого и второго порядков.

Условная оптимизация. Условие Куна-Таккера. Методы последовательной безусловной оптимизации. Метод последовательного квадратичного программирования.

Метод динамического программирования для решения задач оптимизации. Характеристика задач, для которых применяется метод. Уравнение Беллмана.

Декомпозиционные методы оптимизации ХТС: метод множителей Лагранжа (метод цен); метод закрепления. Сравнение декомпозиционных методов с методами оптимизации ХТС как единого целого. Место декомпозиционных методов в задачах оптимального управления ХТС.

Эволюционные алгоритмы решения задач оптимизации.

Многокритериальная оптимизация. Множество Парето. Стратегия решения задач многокритериальной оптимизации.

Методы решения задач полубесконечного программирования.

Глобальная оптимизация. Выпуклые оценочные функции. Методы глобальной оптимизации. Метод ветвей и границ для решения задач дискретно-непрерывного нелинейного программирования.

6. Оптимальный синтез химико-технологических систем.

Постановка задачи синтеза оптимальных ХТС. Ключевая роль энерго- и ресурсосбережения в разработке и проектировании ХТС. Классификация методов синтеза ХТС.

Эвристические методы синтеза. Эвристические правила синтеза однородных систем: ректификации зеотропных смесей; теплообмена; реакторов. Противоречия в использовании

эвристических правил и пути их ликвидации. Принципы построения экспертных систем синтеза ХТС на основе эвристических правил.

Эволюционные методы синтеза неоднородных схем.

Алгоритмические методы синтеза ХТС с использованием гиперструктур. Метод структурных параметров. Преимущества и недостатки. Ключевые неформальные вопросы применения метода ветвей и границ: способ построения нижней оценки критерия оптимальности; способ ветвления. Пример построения нижней оценки критерия оптимальности и способа ветвления при проектировании оптимальной колонны ректификации и систем ректификационных колонн.

Алгоритмический метод синтеза оптимальной системы теплообмена на основе задачи о назначениях.

7. Оптимальное проектирование химико-технологических процессов и систем в условиях неопределенности.

Неопределенность в исходной информации при оптимизации ХТС. Источники неопределенности. Типы неопределенных параметров. Основные понятия математической статистики.

Гибкость технических систем. Функция гибкости технических систем. Подходы к вычислению значения функции гибкости. Индекс гибкости.

Проектирование оптимальных химико-технологических систем при учете неопределенности в исходной информации. Жесткие ограничения. Мягкие ограничения. Учет этапов жизненного цикла в постановке задачи проектирования. Характеристик задачи проектирования оптимальных химико-технологических систем при учете неопределенности как математической задачи.

Одноэтапная задача оптимизации при проектировании химико-технологических систем. Формализованная постановка задачи, характеристика задачи. Подходы к решению одноэтапной задачи оптимизации. Многоэтапная задача оптимизации при проектировании химико-технологических систем. Формализованная постановка задачи, характеристика задачи. Подходы к решению двухэтапной задачи оптимизации.

8. Интеллектуальные и экспертные системы как основа оптимального управления в химической технологии.

Искусственный интеллект – научная основа создания систем поддержки принятия решений в управлении. Формализованные и неформализованные задачи в химической технологии, нефтехимии и нефтепереработке, биотехнологии.

Модели представления знаний и процедур поиска решений неформализованных задач. Формальные логические модели представления знаний. Методы доказательства на основе правила «резолюций».

Структурно-лингвистические модели представления знаний – принципы разработки фреймов, продукционные модели представления знаний.

Архитектура экспертных систем и языки интеллектуального программирования. Объединение технологий БД и экспертных систем. Режимы функционирования и классификация экспертных систем, основные этапы их разработки. Языки программирования искусственного интеллекта – понятия о языках функционального программирования, логического программирования, объектно-ориентированного программирования.

Нечеткие вычисления. Функции принадлежности, нечеткие множества. Методы построения функции принадлежности. Лингвистические и нечеткие переменные. Основные операции над нечеткими множествами и нечеткими числами. Модели вывода на нечетких продукционных базах знаний.

Характеристика основных типов экспертных систем в технологии – автоматизированного синтеза оптимальных технологических схем, консультирующих систем, автоматического управления и диагностики, ситуационного управления.

Нейронные сети. Типы нейронов. Типы архитектур нейронных сетей. Алгоритмы обучения нейронных сетей: с учителем, без учителя, смешанные. Применение нейронных систем для решения задач системного анализа.

Гибридные нейро-нечеткие системы. Основные теоремы о нечеткой аппроксимации.

Принципы разработки программно-аппаратных средств поддержки интеллектуальных систем.

9. Информационное обеспечение применения методов системного анализа в химической технологии.

Информационные системы и базы данных – структуры информационных систем. Устранение избыточности и неоднозначности при хранении данных. Концептуальные модели данных и семантические модели данных. Многоуровневые модели доступа к базе данных. Гипертекстовые, мультимедийные БД.

Системы управления базами данных (СУБД). Типы баз данных – реляционные базы данных, включающие настольные СУБД, файл–серверные СУБД, клиент–серверные СУБД. Internet-системы. Автоматизированные информационные системы: библиографические,

полнотекстовые, справочные, числовые, по химическим структурам. Информационно-поисковые языки программирования, используемые при формировании информационных баз данных.

Состав информационных систем по химическим и микробиологическим свойствам элементов, по оборудованию, по перспективным технологическим схемам и производствам, по термодинамическим аспектам энерго- и ресурсосбережения.

Параллельная работа с базами данных. Классификация систем параллельной обработки данных. Многомашинные комплексы. Многопроцессорные комплексы. Особенности организации вычислительных процессов.

10. Пакеты прикладных программ – инструментальные средства решения задач системного анализа на различных уровнях иерархии ХТС.

Пакеты прикладных программ (ППП) для исследования электронного строения и реакционной способности молекул. ППП для моделирования процессов гидродинамики и тепломассопереноса в химической технологии. Универсальные моделирующие программы для исследования и проектирования химико-технологических процессов и систем. Системы автоматизированного расчета и проектирования механических конструкций и оборудования. Системы имитационного моделирования производственных процессов.

2. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена:

а) основная литература:

1. Дорохов И.Н. Системный анализ процессов химической технологии. Интеллектуальные системы и инженерное творчество в задачах интенсификации химико-технологических процессов и производств / Дорохов, И.Н., Меньшиков, В.В.; РАН, ин-т общ. и неорг. химии им Н.С. Курнакова. – М.: Наука, 2005. – 582 с.

2. Тимофеев В.С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: Учеб. пособие для вузов / В.С. Тимофеев, Л.А. Серафимов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2003.- 536 с.

3. Балакирев В.С. Математическое моделирование технологических процессов. Учебное пособие. / В.С. Балакирев, С.И. Дворецкий, Н.Н. Аниськина, В.Н. Акишин. – Ярославль:

Издательский дом Н.П. Пастухова, 2018. – 352 с.

4. Островский Г.М. Методы оптимизации химико-технологических процессов: учебное пособие / Г.М. Островский, Ю.М. Волин, Н.Н. Зиятдинов – М.: КДУ, 2008. – 424 с.
5. Островский Г.М. Оптимизация технических систем: учебное пособие / Г.М. Островский, Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева– М.: Кнорус, 2012. – 432 с.
6. Зиятдинов Н.Н. Системный анализ химико-технологических процессов с использованием программы ChemCad: Учебно-методическое пособие / Зиятдинов Н.Н., Лаптева Т.В., Рыжов Д.А., Богула Н.Ю. – Казань, КГТУ, 2009. – 212 с.
7. Лисицын Н.В., Викторов В.К., Кузичкин Н.В. Химико-технологические системы: Оптимизация и ресурсосбережение/ Лисицын Н.В., Викторов В.К., Кузичкин Н.В. – СПб.: Менделеев, 2007. – 312 с.
8. Гартман Т.Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. Учебное пособие для вузов/ Гартман Т.Н., Клушнин Д.В. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 416 с.
9. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. – М.: КНОРУС, 2010. – 192 с.
10. Юдин Д.Б. Вычислительные методы теории принятия решений. – Красанд, 2010. – 320 с.
11. Мешалкин В.П. Экспертные системы в химической технологии. – М.: Химия, 1995.
12. Лю Б. Теория и практика неопределенного программирования /Б. Лю; Пер.с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005 – 416 с.
13. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник для вузов в 5-ти т./ под ред. К.А. Пупкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – (Методы теории автоматического управления). – 2004. –656 с.
14. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. для вузов по спец. “Автоматизир. системы обработки информ. и упр.”. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.
15. Смолин Д. Введение в искусственный интеллект: конспект лекций. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 264 с.
16. П. Джексон. Введение в экспертные системы: Пер. с англ. и ред. В.Т. Тертышного. – М.: Вильямс, 2001. – 622 с.
17. Пирогов В.Ю. Информационные системы и базы данных: организация и проектирование: учебное пособие. М.: БХВ-Петербург, 2009. – 528 с.
18. Федоренко Е.В., Иванов Ю.П. ВРwin и ERwin. CASE-средства проектирования информационных систем: Учебное пособие. Институт технологии и бизнеса, 2008. – 80 с.

19. Избачков Ю.С., Петров В.Н. Информационные системы: Учебник для вузов. Питер, 2005. – 656 с.
20. Бройдо В.Л., Ильина О.П. Архитектура ЭВМ и систем. – М.:СПб, ПИТЕР, 2006. – 718 с.
21. Руководство пользователя ChemCad.
22. Руководство пользователя Unisim.
- б) дополнительная литература:
23. Островский Г.М., Волин Ю.М., Зиятдинов Н.Н. Оптимизация в химической технологии. – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2005. – 394 с.
24. Кафаров В.В., Винаров А.Ю. Гордеев Л.С. Моделирование и системный анализ биохимических производств – М.: Лесн. пром-сть, 1985. -280 с.
25. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем. Учебник для вузов. – М.: Химия, 1991. – 432 с.
26. Зиятдинов Н.Н., Лаптева Т.В., Рыжов Д.А. Математическое моделирование химико-технологических систем с использованием программы ChemCad. Учебно-методическое пособие. – Казань, КГТУ, 2008. – 160 с.
27. Кафаров В.В., Ветохин В.Н. Основы автоматизированного проектирования химических производств. – М.: Наука, 1987. – 623 с.
28. Холоднов В.А., Хартманн К.,Чепилова В.Н., Андреева В.П.. Системный анализ и принятие решений. Компьютерные технологии моделирования химико-технологических систем с материальными и тепловыми рециклами. [Текст]: учебное пособие./ В.А. Холоднов, К. Хартманн. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2006.-160 с.
29. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. Справочное пособие. Пер. с англ. Под ред. Б.И.Соколова. – Л.: Химия, 1982. – 591 с.
30. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2010. – 640 с.
31. Любарский Ю.Я. Интеллектуальные информационные системы. – М.: Наука, 2015. – 228 с.
32. Николенко С.И., Кадурич А.А., Архангельская Е.В. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
33. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. – ДМК Пресс, 2017 г. – 652 с.

34. Саттон Р.С., Барто Э.Г. Обучение с подкреплением. – Бином. Лаборатория знаний, 2017 г. – 399 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

35. Универсальная моделирующая программа ChemCad (<http://www.chemstation.com>).
36. Универсальная моделирующая программа Unisim (<http://www51.honeywell.com/ru/>).
37. <http://www.stn-international.ru/>
38. <http://www.intuit.ru/department/se/oopbases/>
39. <http://www.artint.ru/>
40. <http://www.raai.org/resurs/resurs.shtml>
41. <http://www.old.exponenta.ru>
42. <https://www.tensorflow.org/overview>
43. <https://keras.io/>
44. <https://www.python.org/>
45. <https://neuralnet.info/>
46. <http://www.machinelearning.ru/wiki/>