

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор ДонГУ

В.И. Сторожев

2023г.

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена

**по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами**

Донецк – 2023

ВВЕДЕНИЕ

Программа-минимум кандидатского экзамена по курсу «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)» разработана с целью обеспечения подготовки научных и научно-педагогических кадров и аттестации научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, утвержденной органом исполнительной власти, обеспечивающим формирование и реализацию государственной политики в сфере образования и науки.

1. Основы теории управления

Основные понятия теории управления: цели и принципы управления, динамические системы. Математическое описание объектов управления: пространство состояний, передаточные функции, структурные схемы, Основные задачи теории управления: стабилизация, слежение программное управление, оптимальное управление, экстремальное регулирование. Классификация систем управления. Автоматические и автоматизированные системы управления (АСУ) технологическими процессами (ТП) и производствами. Основные подходы к анализу и синтезу автоматических и автоматизированных управляемых систем.

Структуры систем управления: разомкнутые системы, системы с обратной связью, комбинированные системы. Динамические и статические характеристики систем управления: переходная и весовая функции и взаимосвязь, частотные характеристики. Типовые динамические звенья их характеристики.

Понятие об устойчивости систем управления. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая, экспоненциальная устойчивость. Устойчивость по первому приближению. Функции Ляпунова. Теоремы об устойчивости и неустойчивости.

Устойчивость линейных стационарных систем. Критерии Ляпунова, Льенара-Шипара, Гурвица, Михайлова. Устойчивость линейных нестационарных систем. Метод сравнения в теории устойчивости: леммы Гронуолла-Беллмана, Бихари, неравенство Чаплыгина. Устойчивость линейных систем с обратной связью: критерий Найквиста, большой коэффициент усиления.

Методы синтеза обратной связи. Элементы теории стабилизации Управляемость, наблюдаемость, стабилизируемость. Дуальность управляемости и наблюдаемости. Канонические формы. Линейная стабилизация. Стабилизация по состоянию, по выходу. Наблюдатели состоят Дифференциаторы.

Качество процессов управления в линейных динамических системах. Показатели качества переходных процессов. Методы оценки качества. Коррекция систем управления.

Управление при действии возмущений. Различные типы возмущений: операторные, координатные. Инвариантные системы. Волновое возмущение. Неволновое возмущение. Метод квазирасщепления. Следящие системы.

Релейная обратная связь: алгебраические и частотные методы исследования.

Стабилизация регулятором переменной структуры: скалярные и векторные скользящие режимы.

Универсальный регулятор (стабилизатор Нуссбаума).

Абсолютная устойчивость. Геометрические и частотные критерии абсолютной устойчивости. Абсолютная стабилизация. Адаптивные системы стабилизации: метод скоростного градиента, метод целевых неравенств.

Управление в условиях неопределенности. Позитивные динамические системы основные определения и свойства, стабилизация позитивных систем при неопределенности.

Аналитическое конструирование. Идентификация динамических систем Экстремальные регуляторы - самооптимизация.

Классификация дискретных систем автоматического управления. Управление импульсных систем во временной области. Разомкнутые системы. Описание импульсного элемента. Импульсная характеристика приведенной непрерывной части. Замкнутые системы. Уравнения разомкнутых и замкнутых импульсных систем относительно решетчатых функций. Дискретные системы. ZET-преобразование решетчатых функций и его свойства.

Передаточная, переходная и весовая функции импульсной системы. Классификация систем с несколькими импульсными элементами. Многомерные импульсные системы. Описание многомерных импульсных систем с помощью пространства состояний.

Устойчивость дискретных систем. Исследование устойчивости по первому приближению, метод функций Ляпунова, метод сравнения. Теоремы об устойчивости: критерий Шора-Куна. Синтез дискретного регулятора по состоянию и по выходу, при наличии возмущений.

Элементы теории реализации динамических систем.

Консервативные динамические системы. Элементы теории бифуркации.

Основные виды нелинейностей в системах управления. Методы исследования поведения нелинейных систем.

Автоколебания нелинейных систем, отображение А. Пуанкаре, функция последования, диаграмма Ламеррея. Орбитальная устойчивость. Теоремы об устойчивости предельных циклов: Андронова-Витта, Кенигса. Существование предельных циклов: теоремы Бендиксона, Дюлока.

Дифференциаторы выхода динамической системы.

Гладкие нелинейные динамические системы на плоскости: анализ управляемости, наблюдаемости, стабилизируемости и синтез обратной Управления системами с последствием.

Классификация оптимальных систем. Задачи оптимизации. Принцип максимума Понтрягина. Динамическое программирование. Управление сингулярно-возмущенными системами. H_2 - H_∞ - стабилизация. Minimax-стабилизация.

Игровой подход к стабилизации. Вибрационная стабилизация. Эвристические методы стабилизации: нейросети, размытые множества, интеллектуальное управление.

2. Задачи и методы оптимизации

Постановка задач математического программирования. Оптимизационный подход к проблемам управления технологическими процессами производственными системами. Допустимое множество и целевая функция. Формы записи задач математического программирования. Классификация задач математического программирования.

Постановка задачи линейного программирования. Стандартная и каноническая формы записи. Допустимые множества и оптимальные решения задач линейного программирования. Выпуклые множества. Условия существования и свойства оптимальных решений задачи линейного программирования. Опорные решения системы линейных уравнений. Сведение задачи линейного программирования к дискретной оптимизации Симплекс-метод.

Теория двойственности в линейном программировании. Двойственные задачи. Геометрическая интерпретация двойственных переменных Зависимость оптимальных решений задачи линейного программирования от параметров.

Необходимые условия оптимальности в нелинейных задачах математического программирования. Локальный и глобальный экстремум. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Необходимые условия экстремума дифференцируемой функции на выпуклом множестве. Необходимые условия Куна-Таккера. Задачи условного экстремума и метод множителей Лагранжа.

Выпуклые функции и их свойства. Постановка задачи выпуклого программирования и формы их записи. Простейшие свойства оптимальных решений. Необходимые и достаточные условия экстремума дифференцируемой выпуклой функции на выпуклом множестве и их применение Теорема Удзавы. Теорема Куна-Таккера и ее геометрическая интерпретация. Основы теории двойственности в выпуклом программировании Линейное программирование как частный случай выпуклого. Понятие о негладкой выпуклой оптимизации. Субдифференциал.

Классификация методов безусловной оптимизации. Скорости сходимости. Методы первого порядка. Градиентные методы. Методы второго порядка. Метод Ньютона и его модификации. Квазиньютоновские методы переменной метрики. Методы сопряженных градиентов. Конечно-разностная аппроксимация

производных. Конечно-разностные методы. Методы нулевого порядка. Методы по координатного спуска, Хука-Дживса, сопряженных направлений. Методы деформируемых конфигураций. Симплексные методы.

Основные подходы к решению задач с ограничениями. Классификация задач и методов. Методы проектирования. Метод проекции градиента. Метод условного градиента. Методы сведения задач с ограничениями к задачам безусловной оптимизации. Методы внешних и внутренних штрафных функций. Специальные методы решения задач условной оптимизации. Комбинированный метод проектирования и штрафных функций. Метод зеркальных построений. Метод скользящего допуска.

Задачи стохастического программирования. Стохастические квазиградиентные методы. Прямые и не прямые методы. Метод проектирования стохастических квазиградиентов. Методы стохастической аппроксимации. Методы с операцией усреднения. Методы случайного поиска. Стохастические задачи с ограничениями вероятностей природы. Стохастические разностные методы. Методы с усреднением направлений спуска. Специальные приемы регулировки шага.

Методы и задачи дискретного программирования. Задачи целочисленного линейного программирования. Методы отсечения Гомори. Метод ветвей и границ. Задача о назначениях. Венгерский алгоритм. Задачи оптимизации на сетях и графах.

3. Задачи и методы принятия решений

Постановка задач принятия решений. Классификация задач принятия решений. Этапы решения задач. Экспертные процедуры. Задачи оценивания. Алгоритм экспертизы. Методы получения экспертной информации. Шкалы измерений, методы экспертных измерений. Методы опроса экспертов, характеристики экспертов. Методы обработки экспертной информации, оценка компетентности экспертов, оценка согласованности мнения экспертов.

Метод формирования исходного множества альтернатив. Морфологический анализ.

Методы многокритериальной оценки альтернатив. Классификация методов. Множества компромиссов и согласия, построение множеств. Функция полезности. Аксиоматические методы многокритериальной оценки. Прямые методы многокритериальной оценки альтернатив. Методы нормализации критериев. Характеристики приоритета критериев. Постулируемые принципы оптимальности (равномерности, справедливой уступки, главного критерия, лексикографический). Методы аппроксимации функции полезности. Деревья решений. Методы компенсации. Методы порогов несравнимости. Диалоговые методы принятия решений.

Принятие решений в условиях неопределенности. Виды неопределенности. Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия. Критерии Байеса-Лапласа, Гермейера, Бернулли-Лаплас, максиминный (Вальда), минимаксного риска Сэвиджа, Гурвица, Ходжеса-Лемана и др.

Нечеткие множества. Основные определения и операции над нечеткими множествами. Нечеткое моделирование. Задачи математического программирования при нечетких исходных условиях. Постановки задачи на основе различных принципов оптимальности. Нечеткие отношения, операции над отношениями, свойства отношений. Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив. Принятие решений при нескольких отношениях предпочтения.

Свойства сложных систем. Основные принципы системного подхода, оценке состояния и управлению сложными системами. Слабоструктурированные задачи управления, методы и системы принятия управленческих решений. Интеллектуальные управляющие системы. Нечеткое адаптивное управление. Методы синтеза САУ с нечеткими регуляторами. Принцип двухканальной инвариантности.

Многокритериальная задача управления.

4. Информационное обеспечение процессов автоматизации

Понятие данных, системы данных. Объекты данных. Атрибуты объектов. Значения данных. Идентификаторы объекта данных, ключевые элементы данных. Понятие записи данных. Файлы данных. Базы данных. Требования, предъявляемые к базам данных. Распределенные базы данных.

Модели данных. Реляционная модель данных. Сетевая модель данных.

Иерархическая модель данных. Взаимосвязи между объектами атрибутами.

Системы управления базами данных. Особенности управления распределенными базами данных и системы управления распределенным базами данных. Стандарты на обмен данными между подсистемами АСУ.

Проектирование баз данных. Жизненный цикл базы данных. Концептуальная модель. Логическая модель. Словари данных, их назначение, интегрированные и независимые словари данных. Упорядочение канонических структур. Синтез логических структур локальных и распределенных баз данных.

Языки, используемые в базах данных. Языки описания данных. Языки манипулирования данными. Уровни абстракции для описания данных.

Однородные и неоднородные системы, их архитектуры. Методы построения распределенных баз данных «сверху вниз» и «снизу вверх». Распределение путем фрагментации. Горизонтальная и вертикальная фрагментация. Практические аспекты применения фрагментации в реальных базах данных. Распределение путем тиражирования. Модели тиражирования данных: одновременное

обновление (с управлением параллелизмом), распространенные обновления, запланированная синхронизация дубликатов только для чтения.

Портативные ПК и мобильные средства вычислительной техники. Проблема обеспечения непротиворечивости БД между их компонентами, поддерживаемыми на мобильных устройствах и в стационарных системах. Распределенная обработка запросов при использовании мобильных устройств. Отказы и восстановление. Человеко-машинные интерфейсы. Примеры приложений для мобильного управления информацией.

5. Программное обеспечение АСУ

Организация программного обеспечения АСУ. Технологии структурного и объективно-ориентированного программирования.

Конструирование типов данных. Инкапсуляция данных и методов их обработки в классах объектов. Иерархия классов. Базовые и производные классы. Простое и множественное наследование. Перегрузка методов и -ритм обработки данных в классах объектов. Абстрактные классы. Полиморфная обработка данных. Виртуальные интерфейсы. Параметризация типов данных в классах и функциях. Типовые структуры описания абстрактных данных (массив, стек, очередь, двоичное дерево). Программирование математических структур (матрицы и конечные графы). Методы программной обработки данных. Итерация и рекурсия. Сортировка и поиск. Криптообработка и сжатие данных. Перечисление и упорядочивание комбинаторных объектов. Ввод-вывод данных. Обработка файлов.

Технологии программирования. Методические и инструментальные средства разработки модульного программного обеспечения АСУ. Компиляция и редактирование связей. Верификация и отладка программы. Автоматизация разработки программных проектов. Программная документация.

Виды и компоненты программного обеспечения. Операционные системы. Трансляторы. Эмуляторы. Прикладное программное обеспечение. Понятие системы сквозного проектирования.

Моделирующие системы в АСУ. Системы моделирования электрических схем. Математические модели отдельных компонент схемы. Формирование комплексной модели проектируемого объекта на основе моделей отдельных компонентов.

Состав структура графической подсистемы АСУ. Базовая графическая система. Прикладная графическая система. Лингвистический и геометрический процессоры. Процессоры визуализации и монитор графической подсистемы. Архитектура графических терминалов и рабочих станций.

Однородные и неоднородные системы, их архитектуры. Методы построения распределенных баз данных «сверху вниз» и «снизу вверх».

Распределение путем фрагментации. Горизонтальная и вертикальная фрагментация. Практические аспекты применения фрагментации в реальных базах данных. Распределение путем тиражирования. Модели тиражирования данных: одновременное обновление (с управлением параллелизмом), распространенные обновления, запланированная синхронизация дубликатов только для чтения.

Портативные ПК и мобильные средства вычислительной техники. Проблема обеспечения непротиворечивости БД между их компонентами, поддерживаемыми на мобильных устройствах и в стационарных системах. Распределенная обработка запросов при использовании мобильных устройств. Отказы и восстановление. Человеко-машинные интерфейсы. Примеры приложений для мобильного управления информацией.

6. Инструментальное обеспечение АСУ

Теоретические основы, средства и методы промышленной технологии создания АСУТП, АСУП, АСТПП и др. Модели и методы идентификации производственных процессов, комплексов и интегрированных систем управления.

Методы совместного проектирования организационно-технологических распределенных комплексов и систем управления ими. Формализованные методы анализа, синтеза, исследования и оптимизации модульных структур систем сбора и обработки данных в АСУТП, АСУП АСТПП и др.

Методы эффективной организации и ведения специализированного, информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая базы и банки данных и методы их оптимизации. Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей, функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

Методы планирования и оптимизации отладки, сопровождения, модификации и эксплуатации задач функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включающие задачи управления качеством, финансами и персоналом. Методы контроля, обеспечения достоверности, защиты и резервирования информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

Теоретические основы и прикладные методы анализа и повышения, эффективности, надежности и живучести АСУ на этапах их разработки, внедрения и эксплуатации. Теоретические основы, методы и алгоритмы диагностирования (определения работоспособности, поиск неисправностей и прогнозирования) АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения (АСУТП, АСУП, АСТПП и др.). Теоретические основы, методы и алгоритмы построения экспертных и диалоговых подсистем, включенных АСУТП, АСУП, АСТПП и др.

Использование методов автоматизированного проектирования для повышения эффективности разработки и модернизации АСУ. Средства и методы проектирования технического, математического, лингвистического и других видов обеспечения АСУ. Разработка методов обеспечения совместимости и интеграции АСУ, АСУТП, АСУЦ, АСТПП и других систем и средств управления.

Рекомендуемая основная литература

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник в 5 т. / Под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. - М.: Издательство МГТУ, 2004. Т. 1 - 656 с. Т. 2 - 640 с. Т. 3 - 616 с. Т. 4 - 744 с. Т. 5 - 784 с.
2. Бесекерский В. А. Теория автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. - СПб.: Профессия, 2004. - 752 с.
3. Филлипс Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филлипс, Р. Харбор. - М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. - 616 с.
4. Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы / А.Г. Александров. - М.: Высш. школа, 1989. - 263 с.
5. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учебное пособие для втузов / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. - М.: Высшая школа, 2002. - 544 с.
6. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. - М.: Наука, 1991. - 432 с.
7. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления. Оценивание параметров и состояния / П. Эйкхофф. - М.: Мир, 1975. - 681 с.
8. Парр Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера / Э. Парр. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. - 516 с.
9. Советов Б.Я. Моделирование систем: учебник для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 2001. - 343 с.
10. Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп; пер. с англ. Б.И.Копылов, - М.: Лаборатория базовых знаний, 2004. - 832 с.
11. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 288 с.
12. Олссон Г. Цифровые системы автоматизации и управления / Г. Олссон, Д. Пиани. - СПб: Невский Диалект, 2001. - 557 с.
13. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. - М.: Горячая линия - Телеком, 2010. - 608с.
14. Иванов Ю.И. Интерфейсы средств автоматизации: [учебное пособие] / Ю.И. Иванов, В.Я. Югай. - Таганрог: Издательство ТРТУ, 2005. - 252 с.

Дополнительная литература

1. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы: Учебное пособие для вузов. - СПб.: Питер, 2005. - 333 с.
2. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления: Учебн. пособ. - 2-е изд. стер. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит, 1988. - 256 с.
3. Зотов М.Г. Многокритериальное конструирование систем автоматического управления / М.Г. Зотов. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. - 375 с.
4. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: [учеб. пособие] / Д.П. Ким. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 464 с.
5. Гудвин Г.К. Проектирование систем управления / Г.К. Гудвин. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. - 911 с.
6. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ: учебное пособие для вузов / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. - М.: Высшая школа, 1989. - 367 с.
7. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / Месарович М., Мако Д., Такаха И. - М.: Мир, 1973. - 334 с.
8. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. - СПб.: Питер, 2000. - 672 с.
9. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП: Методическое пособие. Книга 1 / А.Л. Нестеров. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2006. - 552 с.
10. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП: Методическое пособие. Книга 2 / А.Л. Нестеров. - СПб.: Издательство ДЕАН, 2009. - 944 с.

Программа разработана на основании паспорта научной специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» и соответствует позициям паспорта.

Программа одобрена на заседании Ученого совета физико-технического факультета, протокол от «24»_марта_2023г. № 7.

И.о. декана физико-технического факультета



С.А. Фоменко