

Министерство образования и науки Российской Федерации

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

**05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами
и производствами (на транспорте)»**

по техническим наукам

Программа-минимум
содержит 11 стр.

2007

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: теория автоматического управления, теория передачи сигналов, теория информации, теория кодирования, системы автоматического управления движением поездов, системы автоматического управления перевозочным процессом.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по транспорту при участии Московского государственного университета путей сообщения.

1. Теория автоматического управления

Принципы автоматического управления. Разомкнутые и замкнутые системы. Управление по отклонению, по возмущению, смешанное управление.

Модели систем управления. Модели непрерывных систем. Модели «вход-выход». Пространство состояний. Переход от моделей «вход-выход» к моделям пространства состояний. Линейные системы. Преобразование Лапласа и преобразование Фурье. Передаточные функции. Частотные характеристики. Звенья линейных систем автоматического управления. Соединения линейных звеньев. Модели импульсных систем. Линейные импульсные системы. Разностные уравнения. D -преобразования, z -преобразования, дискретные преобразования Фурье. Передаточные функции разомкнутых и замкнутых импульсных систем, частотные характеристики. Прохождение детерминированных сигналов через линейные системы. Нелинейные системы. Модели нелинейных звеньев. Однолистные и многолистные фазовые плоскости. Моделирование цифровых систем. Методы линеаризации нелинейных моделей.

Наблюдаемость, идентифицируемость, управляемость. Условия наблюдаемости линейной стационарной системы. Условия наблюдаемости линейной нестационарной системы. Условия идентифицируемости. Методы идентификации. Управляемость линейных стационарных систем. Критерий управляемости. Управляемость линейных стационарных систем с дискретным временем.

Устойчивость систем автоматического управления. Понятие устойчивости движения. Устойчивость движения по Ляпунову. Устойчивость линейных систем. Необходимые и достаточные условия устойчивости. Критерии устойчивости линейных стационарных систем: Рауса-Гурвица, Найквиста, Михайлова. Критерии устойчивости линейных импульсных систем. Влияние параметров системы на ее устойчивость. Метод корневого годографа. Метод D-разбиений. Устойчивость нелинейных систем. Прямой метод Ляпунова. Критерий абсолютной устойчивости Б.Н. Наумова и Я.З. Цынкина. Абсолютная устойчивость нелинейных импульсных систем.

Качество управления. Показатели качества управления. Прямые методы исследования качества в линейных системах управления. Качество управления при стандартных воздействиях. Порядок астатизма систем автоматического управления. Косвенные методы исследования качества управления. Особенности исследования качества управления в нелинейных системах. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Анализ качества управления с помощью метода гармонической линеаризации.

Синтез линейных систем автоматического управления. Синтез параллельной коррекции по инверсным частотным характеристикам. Синтез корректирующих устройств по логарифмическим характеристикам: синтез последовательного корректирующего устройства, синтез параллельного корректирующего устройства.

Инвариантность в теории регулирования. Условия инвариантности в линейной системе. Инвариантность для нелинейных систем.

Случайные воздействия в линейных системах автоматического управления. Случайные функции. Стационарность. Автокорреляционные и взаимокорреляционные функции. Спектральная плотность мощности. Эргодичные случайные функции. Прохождение случайного сигнала через линейную стационарную систему. Прохождение случайного сигнала через линейную импульсную систему. Преобразование закона распределения линейным звеном. Задача синтеза оптимальных по критерию минимума среднеквадратической ошибки линейных систем при случайном воздействии. Фильтр Винера. Фильтр Калмана-Бьюси. Нелинейные системы при случайных стационарных воздействиях. Прохождение случайного сигнала через нелинейное звено. Преобразование плотности распределения, математического ожидания, дисперсии, автокорреляционной функции нелинейным звеном. Взаимокорреляционная функция сигналов входа и выхода нелинейного звена. Статистическая линеаризация нелинейных систем.

Оптимальное управление. Постановки задач оптимального управления. Задача Майера, Лагранжа, Больца. Уравнение Эйлера и его применение для решения задач оптимального управления. Принцип максимума Л.С. Понтрягина. Задача оптимального быстрогодействия. Линейные оптимальные быстрогодействия. Теория Гамкрелидзе. Принцип максимума для задачи с подвижными границами. Принцип максимума для неавтономных систем. Принцип максимума для решения изопериметрических задач и задачи с закрепленным временем. Динамическое программирование. Уравнение Беллмана. Дискретный вариант метода динамического программирования.

Адаптивные системы автоматического управления. Беспойсковые (БАС) и поисковые адаптивные системы. Адаптивные системы автоматического управления с моделью управляемых процессов. БАС прямого адаптивного

управления. БАС с неявной эталонной моделью. БАС с линейным оцениванием на основе эталонной модели.

Системы экстремального регулирования. Системы с запоминанием экстремума. Система с измерением производной по времени. Одномерная система с управлением по градиенту. Система шагового типа. Система с синхронным детектированием.

2. Элементы теории передачи сигналов и техники телекоммуникаций

Математическое представление сообщений, сигналов и помех. Разложение функций на элементарные. Векторное представление непрерывных функций. Представление функций как элементов линейных пространств. Спектры сигналов. Связь между шириной спектра импульса и его длительностью. Дискретизация непрерывных функций. Теорема Котельникова. Восстановление дискретизированных сигналов. Погрешности восстановления. Квантование по уровню, временная дискретизация и восстановление детерминированных и случайных сигналов. Погрешности восстановления с учетом способа получения цифрового эквивалента. Преобразование Гильберта. Комплексный сигнал. Комплексное представление узкополосного сигнала. Статистические характеристики огибающей и фазы случайного процесса. Автокорреляционная функция узкополосного случайного процесса с равномерным спектром. Представление узкополосных процессов рядом Котельникова. Помехи их классификация. Модели помех.

Модуляция. Модуляция гармонического переносчика. Амплитудная (АМ), угловая (частотная – ЧМ, фазовая – ФМ) модуляция. Спектры модулированных колебаний. Балансная и однополосная АМ, однополосная угловая модуляция. Сигналы дискретной модуляции: амплитудная, частотная, фазовая манипуляция, их спектры. Относительная манипуляция.

Однократная и многократная фазовая манипуляция. Квадратурная амплитудная манипуляция. Импульсные виды модуляции: амплитудно-импульсная, частотно-импульсная, широтно-импульсная, фазо-импульсная. Ширина спектра сигналов импульсной модуляции. Энергетический спектр модулированных сигналов при случайной модулирующей функции. Принципы построения модуляторов и демодуляторов.

Каналы передачи информации. Виды каналов: проводные, оптические, радио, пневматические. Высокочастотное уплотнение линий электропередач, контактных сетей, силовых сетей. Уровни передачи и приема. Затухание сигнала. Принципы построения приемо-передающей аппаратуры. Структурные схемы передатчиков и приемников. Временное и частотное разделение каналов связи. Модель разделения каналов связи на базе ортогональных функций. Дуплексная, полудуплексная и симплексная система передачи сообщений. Передача сообщений по системам с обратной связью. Искажения в канале связи. Линейные и нелинейные искажения. Коррекция искажений. Корректоры. Неадаптивные и адаптивные корректоры. Модели непрерывных каналов. Гауссов канал. Канал с замиранием. Статистические характеристики замираний. Ошибки и стирание при передаче дискретной информации. Математические модели дискретных каналов. Математические модели источников ошибок в канале связи: модель с независимыми ошибками, модели на базе марковских цепей.

Передача дискретных сообщений. Критерии оптимальности и правила решений. Критерий среднего риска, минимаксный критерий, максимум апостериорной вероятности, критерий максимального правдоподобия, критерий максимума средней взаимной информации. Критерии идеального наблюдателя, Наймана-Парсона. Потенциальная помехоустойчивость дискретных систем связи. Оптимальный линейный приемник сигналов со случайными параметрами. Передача непрерывных сообщений. Мера верности передачи непрерывных сообщений. Оптимальная линейная

фильтрация. Потенциальная верность передачи при различных видах модуляции.

3. Теория информации

Семантические и статистические подходы в теории информации. Алфавит. Ансамбль дискретных сообщений. Собственная информация сообщения. Единицы измерения. Энтропия ансамбля дискретных сообщений. Свойства энтропии. Меры информации по Шеннону и по Хартли. Энтропия двух ансамблей сообщений. Условная энтропия, ее свойства. Теорема сложения энтропий. Взаимная информация, ее свойства. Средняя взаимная информация. Определение средней взаимной информации через энтропию ансамблей. Свойства средней взаимной информации.

Характеристики источника сообщений. Производительность источника сообщений. Избыточность источника. Источник сообщений без памяти. Избыточность источника без памяти при передаче линейного кода. Марковский источник. Статистические методы сжатия информации. Код Фано-Шеннона. Метод Хаффмена. Объединение сообщений. Основная теорема кодирования.

Характеристики каналов связи. Скорость передачи информации. Пропускная способность канала связи. Скорость передачи и пропускная способность каналов связи без памяти. Скорость передачи и пропускная способность симметричного двоичного канала (со стиранием и без стирания).

Энтропия источника непрерывных сообщений. Дифференциальная энтропия. Максимум дифференциальной энтропии при заданном диапазоне сигнала. Максимум дифференциальной энтропии при заданной мощности сигнала. Средняя взаимная информация для непрерывных сообщений. Пропускная способность гауссовского канала связи. Первая и вторая теоремы Шеннона.

4. Теория кодирования

Задачи кодирования и декодирования сообщений. Неравномерные, равномерные (блочные) и непрерывные коды. Двоичные и недвоичные коды. Единичный унитарный код. Неравномерные коды, требующие и не требующие разделительных элементов. Кодовое дерево.

Блочные коды. Коды по законам перестановок, размещений, сочетаний. Код постоянного веса. Сменно-качественный код. Корреляционный код. Метрика Хэмминга. Расстояние между векторами кода. Минимальное кодовое расстояние – d_{min} . Принцип максимального правдоподобия. Декодирование, основанное на принципе максимального правдоподобия. Связь d_{min} со способностью кода обнаруживать и исправлять ошибки. Вес вектора. Вектор ошибки. Кратность ошибки.

Линейные коды. Способы задания линейных кодов. Порождающая и проверочная матрицы. Систематический линейный код. Построение проверочной матрицы по заданной порождающей матрице систематического линейного кода. Стандартная расстановка. Границы Хэмминга, Плоткина, Варшамова-Гильберта. Пачки ошибок. Обнаружение, обнаружение и направление пачек ошибок линейным кодом. Код с проверкой на четность, коды с h -кратным повторением, коды Бауэра, коды Хэмминга с $d_{min}=3$, $d_{min}=4$, коды Рида-Маллера. Методы кодирования и декодирования линейных кодов. Жесткое и мягкое декодирование. Весовой спектр кода. Нумератор весов. Тожество Мак-Вильямс.

Циклические коды. Циклический код как идеал. Задание несистематического циклического кода генераторным многочленом. Задание систематического циклического кода. Линейные переключательные схемы в кодерах и декодерах циклических кодов. Коды Хэмминга как циклические коды. BCH-коды. Коды Файера. Методы кодирования и декодирования циклических кодов.

Каскадные коды. Минимальное кодовое расстояние каскадного кода. Итеративный код Элайса.

Непрерывные коды. Систематический непрерывный код. Линейные сверточные коды. Длина кодового ограничения. Методы кодирования и декодирования. Коды Хакельбергера, ортогональные коды, ортогонализируемые коды. Циклические коды и непрерывные коды в современных системах передачи информации. Показатели достоверности передачи дискретной информации: вероятности трансформации, отказа от декодирования, правильного приема. Расчет показателей достоверности и их оценок.

5. Автоматизация управления технологическими процессами на транспорте

Объекты управления на транспорте. Структуры систем управления на транспорте. Информационное обеспечение процесса управления. Критерии качества и эффективности систем автоматизированного управления технологическими процессами на транспорте. Автоматизированные системы управления перевозочным процессом. Интегрированные автоматизированные системы управления движением на магистральных железных дорогах и метрополитенах. Связь систем управления движением с системами обеспечения безопасности.

Централизованные и автономные системы автоведения. Оптимальное управление движением поезда по перегону. Оптимальное распределение участкового времени хода на перегонные времена хода. Оптимизация программ движения поезда. Уровни управления централизованных систем автоведения и распределение функций между ними. Графиковые, интервальные и графико-интервальные алгоритмы управления. Показатели качества управления. Модели для оценки качества управления движением поездов. Структуры автономных систем автоведения. Регуляторы времени

хода по перегону. Регуляторы скорости. Показатели качества регулирования. Модели для оценки качества регулирования. Системы автоматизированного управления на сортировочных горках, их структура, распределение функций между уровнями, законы управления. Локальные системы управления. Технические средства систем управления технологическими процессами на железнодорожном транспорте. Методы оценки надежности систем автоматизированного управления технологическими процессами.

Основная литература

1. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. – М.: Наука, 1986 г.
2. Теория автоматического управления. /Под. ред. А.В. Нетушила. – М.: Высшая школа, 1982 г.
3. Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко. Математическая теория оптимальных процессов. – 4-е изд. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит, 1983 г.
4. М.В. Назаров, Б.И. Кувшинов, О.В. Попов. Теория передачи сигналов. Изд.-во «Связь», 1970 г.
5. Р. Фано. Передача информации. Статистическая теория связи. – М.: «Мир», 1965 г.
6. У. Питерсон, Э. Уэлдон. Коды, исправляющие ошибки. – М.: «Мир», 1976 г.
7. Н.А. Моисеев. Методы оптимизации. – М.: Наука, 1986 г.
8. Микропроцессорные системы автоведения электроподвижного состава. /Л.А. Баранов, Я.М. Головичер, Е.В. Ерофеев, В.М. Максимов; Под. ред. Л.А. Баранова. – М.: Транспорт, 1990 г.
9. Системы автоматического и телемеханического управления электроподвижным составом. /Л.А. Баранов, Е.В. Ерофеев, В.И. Астрахан и др.; Под. ред. Л.А. Баранова. – М.: Транспорт, 1984 г.

10. Автоматизированные системы управления перевозочными процессами на железных дорогах. /Л.П. Тулупов, Е.М. Жуковский и др. – М.: Транспорт 1991 г.

Дополнительная литература

1. Справочник по теории автоматического управления. Под. ред. А.А. Красовского. – М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1987 г.
2. П. Деруссо, Р. Рой, Ч. Клоуз. Пространство состояний в теории управления (для инженеров). – М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1970 г.
3. В.Г. Болтянский. Математические методы оптимального управления. – М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1969 г.
4. Л.А. Баранов. Квантование по уровню и временная дискретизация в цифровых системах управления. – М.: Энергоатомиздат, 1990 г.
5. Дж. Кларк мл., Дж. Кейн. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. – М.: Радио и связь, 1987 г.