

## **Структура заданий, перечень разделов и тем, включенных в задания очного этапа студенческой олимпиады «Газпром» по профилю «Управление в технических системах»**

Комплект состоит из 10 заданий. На решение комплекта отводится 180 мин. Максимальный балл за решение каждой задачи – 10 баллов. Решение заданий следует производить на специальных бланках, выданных Оргкомитетом олимпиады.

### **Перечень разделов и тем, рекомендуемых для повторения при подготовке к Олимпиаде:**

- ***Основы теории линейных систем автоматического управления***

Основные понятия системы автоматического управления (объект управления, управляющее устройство, блок-схема системы управления). Разомкнутые и замкнутые системы управления. Классические принципы управления: по отклонению, по возмущению, комбинированное управление. Классификация систем управления: системы стабилизации, системы программного управления, следящие системы. Пример системы стабилизации скорости вращения электродвигателя. Обобщенная функциональная схема системы управления и основные ее элементы.

Два подхода к описанию математической модели объекта управления. Пример нелинейной математической модели объекта управления в переменных «вход-выход» и в переменных состояния. Линеаризация статических нелинейных элементов, заданных графически и аналитически. Описание динамики и статики линейных объектов управления в переменных «вход- выход» и в переменных состояния. Графическое изображение уравнений линейной системы в переменных состояния (диаграмма состояния Калмана) на примере системы второго порядка. Обоснование неединственности вектора состояния для линейной динамической системы. Переход от одного вектора состояния линейных динамических систем к другому. Метод получения описания в переменных состояния динамики линейной системы с передаточной функцией без нулей и с передаточной функцией общего вида.

Преобразование Лапласа: понятие и свойства. Изображение по Лапласу линейного дифференциального уравнения. Нахождение реакции линейной системы на произвольное входное воздействие с помощью преобразования Лапласа. Понятие передаточной функции системы и ее свойства. Нахождение передаточной функции линейной системы по уравнениям в переменных «вход-выход» и в переменных состояния. Частотные и временные характеристики системы: виды и их связь. Связь входа и выхода линейной динамической системы через ее временные характеристики. Виды соединений систем: последовательное, параллельное и охват обратной связью. Правила преобразования структурных схем систем управления.

Понятие и виды типовых звеньев автоматических систем: идеальное усилительное звено и звено запаздывания; аperiodическое и колебательное звенья; дифференцирующее и интегрирующее звенья; форсирующие звенья. Понятие и особенности минимально- и неминимальнофазовых звеньев. Построение логарифмических характеристик систем управления.

Понятие устойчивости автоматических систем. Определение устойчивости динамической системы по Ляпунову. Теоремы Ляпунова об устойчивости нелинейных систем по уравнениям первого приближения (первый метод Ляпунова). Необходимые и достаточные условия устойчивости линейных систем. Понятие критериев устойчивости линейных систем. Алгебраические критерии устойчивости: критерии устойчивости Рауса,

Гурвица и Шура-Кона. Частотные критерии устойчивости: критерии устойчивости Эрмита-Михайлова и Найквиста. Понятие структурной устойчивости автоматической системы. Метод D-разбиения Неймарка.

Понятие качества автоматических систем. Качество системы управления в установившемся режиме. Коэффициенты ошибок и расчет ошибки управления. Расчет установившейся ошибки управления для типовых задающих воздействий. Статические и астатические системы управления. Качество системы управления в переходном режиме. Прямые показатели качества процесса управления. Косвенные показатели качества процесса регулирования: частотные, корневые и интегральные.

Задача синтеза системы управления: структурный, параметрический и структурно-параметрический синтез. Постановка задачи синтеза корректирующих устройств. Виды корректирующих устройств, их особенности и эквивалентный пересчет последовательного в параллельное, либо в местную обратную связь. Методы коррекции динамических характеристик системы управления: изменение коэффициента усиления системы, введение производной и интеграла от ошибки. Постановка задачи синтеза модальных регуляторов. Линейная обратная связь по состоянию, моды линейной стационарной динамической системы. Матричный и полиномиальный (операторный) методы синтеза модального регулятора для одноканальных объектов в условиях полной информации о состоянии объекта. Постановка задачи синтеза наблюдающих устройств. Метод синтеза полного (нередуцированного) наблюдающего устройства. Понятие и особенности синтеза редуцированного наблюдающего устройства. Принцип разделения в задаче синтеза модального регулятора в условиях отсутствия полной информации о состоянии объекта. Особенности задачи синтеза модального регулятора для объектов с векторным входом. Метод синтеза одноранговых модальных регуляторов для многомерных объектов. Итерационный метод синтеза модальных регуляторов для многомерных объектов. Идея управления нулями одноканального динамического объекта. Возможные подходы к управлению передаточной функцией (нулями и полюсами) одноканального динамического объекта. Понятие чувствительности автоматической системы. Понятие инвариантности автоматической системы.

- ***Основы теории нелинейных систем автоматического управления***

Понятие нелинейных автоматических систем. Описание динамики нелинейных динамических систем в переменных «вход-выход» и в переменных состояния. Основные виды нелинейностей в автоматических системах. Основные типы существенных нелинейностей. Особенности поведения и исследования нелинейных автоматических систем.

Основные методы исследования нелинейных автоматических систем: точные и приближенные методы. Точные методы исследования нелинейных автоматических систем: метод фазовой плоскости и метод точечных преобразований. Приближенные методы исследования нелинейных автоматических систем. Метод гармонической линеаризации для исследования нелинейных автоматических систем. Алгебраический способ определения параметров автоколебаний нелинейных автоматических систем с использованием критерия устойчивости Михайлова. Частотный способ определения параметров автоколебаний нелинейных автоматических систем с использованием критерия устойчивости Найквиста.

Исследование устойчивости нелинейных динамических систем. Второй (прямой) метод Ляпунова исследования устойчивости нелинейных систем: геометрическая интерпретация и теоремы. Подходы к построению функций Ляпунова. Понятие и особенности квадратичной функции Ляпунова. Абсолютная устойчивость нелинейных автоматических систем: гипотеза Калмана-Айзермана и частотный метод В.М.Попова.

Аналитические методы синтеза законов управления гладкими нелинейными динамическими объектами (геометрические методы управления). Методы скоростного управления и метод большого коэффициента усиления. Идея метода обратных задач динамики в задачах синтеза нелинейных автоматических систем.

- **Основы теории дискретных систем автоматического управления**

Структуры и особенности цифровых систем управления, их преимущества и недостатки. Классификация дискретных (цифровых) сигналов и систем. Квантование непрерывных сигналов по времени и по уровню, математическое описание процесса квантования. Восстановление непрерывных сигналов по дискретным измерениям: теорема Котельникова-Шеннона, эффект поглощения частоты.

Описание работы компьютера в системе управления: линейные законы управления и передаточная функция программы. Операторы прямого сдвига и операторные модели дискретных систем. Понятие экстраполятора и фиксатор нулевого и первого порядков, z-преобразование: определение, свойства и методы вычисления z-изображений. Импульсная характеристика и дискретная передаточная функция. Квантование непрерывных систем, заданных в виде передаточных функций. Квантование непрерывных систем, заданных в пространстве состояний.

Устойчивость и стабилизируемость цифровых систем: понятие устойчивости, характеристическое уравнение, скрытые колебания. Показатели качества цифровых систем. Точность цифровой системы в установившемся режиме. Переоборудование непрерывных регуляторов: методы переоборудования, основанные на использовании численного интегрирования, преобразование Тастина.

Частотная цифровая коррекция. Проектирование цифровых регуляторов методом размещения полюсов. Аперiodическое цифровое управление. Синтез цифрового регулятора по модели эталонной системы. Синтез цифровых регуляторов методом билинейного преобразования. Полиномиальный алгоритм синтеза цифрового регулятора.

- **Элементы статистической динамики систем автоматического управления**

Понятие случайного процесса и основные его характеристики. Прохождение случайного процесса через линейные динамические процессы. Постановка задачи синтеза оптимального фильтра Винера. Уравнение Винера Хопфа и алгоритм синтеза фильтра Винера. Постановка задачи синтеза оптимального фильтра Калмана-Бьюси. Алгоритм синтеза фильтра Калмана-Бьюси.

### **Учебная и справочная литература, рекомендованная для подготовки к Олимпиаде:**

1. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.В. Теория автоматического управления техническими системами. - М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1993.
2. Теория автоматического управления / С.Е. Душин, Н.С. Зотов, Д.Х. Имаев и др.; Под ред. В.Б. Яковлева. - М.: Высшая школа, 2003.
3. Ким Д.П. Теория автоматического управления (в 2-х тт.): Т. 1. Линейные системы; Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. М.: Физматлит, 2003, 2004.
4. Теория автоматического управления / М.М. Савин, В.С. Елсуков, О.Н. Пятина; под ред. В.И. Лачина. Ростов н/Д: Феникс, 2007.
5. Математические основы теории автоматического управления: учебное пособие в 3-х тт. / В.А. Иванов, В.С. Медведев, Б.К. Чемоданов и др.; Под ред. Б.К. Чемоданова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.
6. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. М.: Наука, 1987.
7. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. М.: Наука, 1987.
8. Машиностроение. Энциклопедия в 40 тт. Т. 1-4. Автоматическое управление. Теория / Е.А. Федосов, А.А. Красовский, Е.П. Попов и др. Под общ. ред. Е.А. Федосова. М.: Машиностроение, 2000.
9. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред.

К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана: В 3-х тт. 2000; в 5-х тт. 2004.