МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет

имени К. И. Сатпаева

О. П. Волобуева

**ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ**

Рекомендовано Министерством образования и науки

Республики Казахстан в качестве учебника для вузов

Второе издание, переработанное и дополненное

УДК 519.7 (075.8)

ББК 22.1 я 73

В 68

Рецензенты:

*Р.Г. Бияшев,* зам. директора ИПИ и У МОН РК*,* д-р техн. наук, проф*.*

*Б. Ж. Хисаров,* проф. каф. “Инженерная кибернетика”АУЭС,

канд. техн. наук.

*Б.К. Курманов,* асс.проф. каф. “Компьютерная инженерия”

КБТУ, канд. техн. наук.

*Ш.К. Кошимбаев,* проф. каф. Автоматизации и управления

КазНТУ им. К.И. Сатпаева, канд. техн. наук.

**В 68** Волобуева О. П. Основы теории управления. Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Алматы: КазНТУ, 2015. – 308 с. Ил. 141. Табл. 5. Библиогр. – 56 назв.

ISBN 978-601-228-796-7

*В учебнике достаточно подробно излагается теория линейных управляемых динамических систем. Рассматриваются методы исследования устойчивости, анализа качества переходных процессов в линейных стационарных системах, синтеза линейной системы с заданным качеством в пространстве состояний. Остальная часть книги посвящена нелинейным, цифровым и оптимальным системам.*

*Учебник предназначен для бакалавров, обучающихся по специальностям 5В070300 «Информационные системы» и 5В070400 «Вычислительная техника и программное обеспечение», а также может быть полезен для магистрантов и научно-технических работников, участвующих в исследованиях и проектировании современных САУ, САР, ИУС и других компьютерных систем.*

УДК 519.7 (075.8)

ББК 22.18 я 73

Печатается по плану издания Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2015 г.

ISBN 978-601-228-796-7 © Волобуева О. П., 2015

© КазНТУ, 2015

*Посвящается 80-летию*

*Казахского национального*

*технического университета*

*имени К. И. Сатпаева*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Интенсивное развитие современных средств измерительной и вычислительной техники привело к широкому распространению систем автоматического управления (САУ) в различных отраслях промышленности. При проектировании таких систем используются классические методы, которые применяются при анализе и синтезе систем непрерывного и дискретного действия. Внедрению цифровых систем управления в значительной степени способствует использование микропроцессоров и микро-ЭВМ. Без систем оптимального управления невозможно представить себе реальный сектор. Поэтому предлагаемая вниманию читателей книга посвящена методам анализа и синтеза непрерывных линейных, нелинейных, цифровых САУ и систем оптимального управления.

Основное внимание уделено непрерывным автономным системам с сосредоточенными параметрами, динамика которых полностью описывается обыкновенными дифференциальными уравнениями. Классический математический аппарат используется для анализа устойчивости динамических систем, оценки качества переходных процессов, установления свойств полной управляемости и наблюдаемости систем, а также для решения задачи параметрического синтеза САУ с желаемым качеством. Значительная часть книги посвящена методам анализа и параметрического синтеза нелинейных и цифровых САУ с учетом их особенностей, а также системам оптимального управления. Наибольшее предпочтение отдано методам пространства состояний. Привлекательность данного подхода заключается в том, что алгоритмы анализа и синтеза сложных систем могут быть наиболее точно и просто реализованы на ЭВМ.

Настоящая книга написана на основе курса лекций, прочитанных в Казахском национальном техническом университете им. К.И. Сатпаева, адресована студентам технических специальностей, изучающих курс “Основы теории управления”, магистрантам и специалистам, участвующим в проектировании современных САУ, ИУС, САР, САПР САУ, АСНИ, САНТИ и других компьютерных систем.

Автор выражает свою признательность профессору Д. Н. Шукаеву за деятельное участие в обсуждении отдельных глав, способствующих улучшению качества книги. Все замечания и пожелания автор примет с благодарностью и использует в дальнейшей работе над книгой.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие современных средств измерительной и вычислительной техники привело к широкому распространению систем автоматического управления (САУ) в различных отраслях промышленности. При проектировании таких систем используются классические методы, которые применяются при анализе и синтезе систем непрерывного действия. Основой математического аппарата проектирования непрерывных систем являются дифференциальные уравнения, позволяющие описывать динамику систем в реальном времени. Следует отметить, что современный математический аппарат описания САУ в пространстве состояний позволяет представить более полно динамическую систему, т. е. не только управляемую часть системы (классический математический аппарат), но и неуправляемую. Кроме того, представление системы в пространстве состояний позволяет наиболее просто реализовывать алгоритмы параметрического синтеза САУ на ЭВМ, что вызывает наибольший интерес в связи с конкретными практическими приложениями.

Книга состоит из семи глав. В первой главе излагаются основные понятия и определения систем автоматического управления; приведен один из вариантов классификации систем автоматического управления; математическое описание САУ и ее элементов в терминах “вход - выход” и в пространстве состояний. Рассматриваются временные и частотные характеристики типовых звеньев САУ; алгебра структурных преобразований; интегральное преобразование Лапласа. Подчеркивается, что рассмотрение свойств системы в двух пространствах не противоречит друг другу, а только дополняет, т. е. делает более полным представление динамической системы и ее свойств.

Проблеме устойчивости непрерывных САУ посвящена вторая глава. Дается постановка проблемы устойчивости по А. М. Ляпунову. Анализ устойчивости системы осуществляется в терминах “вход–выход” и в пространстве состояний: теоремы А.М. Ляпунова по первому приближению, алгебраические критерии А. Гурвица и Э. Рауса, частотные критерии А. В. Михайлова и Г. Найквиста, а также по виду ЛАХ. Приводится построение областей устойчивости в плоскости одного и двух параметров методом, предложенным Ю. И. Неймарком.

В третьей главе предложены методы оценки качества линейных САУ: прямые – по виду переходного процесса; корневые – по корням характеристического уравнения; интегральные оценки качества.

Постановке задачи синтеза САУ и ее решению (в двух пространствах) посвящена четвертая глава книги. Изложен метод синтеза корректирующего устройства в прямой связи системы и выбор его параметров. Рассмотрено решение задачи параметрического синтеза САУ в пространстве состояний с использованием модального закона управления.

Пятая глава посвящена нелинейным системам и исследованию их свойств. Рассмотрены основные типы нелинейностей; точные методы исследования свойств нелинейных САУ. Изображение движений в фазовой плоскости. Системы с переменной структурой. Второй (прямой) метод А. М. Ляпунова для исследования устойчивости движения системы. Абсолютная устойчивость. Критерий В. М. Пόпова.

Цифровым системам управления посвящена шестая глава. Приводятся кратко математический аппарат описания дискретных САУ, z-преобразование, анализ устойчивости и оценка качества дискретных САУ. Укрупненный алгоритм параметрического синтеза дискретных САУ.

Системы оптимального управления представлены в седьмой главе. Приведены методы классического вариационного исчисления. Критерии оптимальности управления. Линейные системы, оптимальные по быстродействию. Принцип максимума Л. С. Понтрягина. Функциональное уравнение Р. Беллмана. Метод динамического программирования Р. Беллмана.

В заключение каждой главы приводятся вопросы и задачи, позволяющие закреплять теоретический материал. Каждая глава в книге автономна, тем не менее, рекомендуется последовательное прочтение книги.

Книга написана на основе курса лекций, прочитанных в Казахском национальном техническом университете. Она рассчитана на студентов вузов, изучающих курс “Основы теории управления”, магистрантов и специалистов, участвующих в исследовании и проектировании современных САУ, САР, ИУС и других компьютерных систем.