

**МЕТОД РЕДУКЦИИ
В АНАЛИЗЕ НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫХ
ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**THE REDUCTION METHOD IN ANALYSIS
OF CONTINUOUS-DISCRETE DYNAMICAL SYSTEMS**

Васильев С. Н.¹, Козлов Р. И.², Лакеев А. В.³

¹*Институт проблем управления РАН, Москва, Россия; snv@ipu.ru*

^{2,3}*Институт динамики систем и теории управления СО РАН,
Иркутск, Россия; kozlov@icc.ru, lakeyev@icc.ru*

Рассматриваются динамические системы, содержащие подсистемы (элементы), функционирующие как в непрерывном, так и в дискретном времени и (или) пространстве состояний. Подобные системы в последнее время находят все большее применение в связи с усложнением задач и способов управления.

Приводятся наиболее распространенные типы математических моделей таких непрерывно-дискретных систем (системы цифрового управления непрерывными объектами, импульсивные системы, гибридные системы с переключениями управления, логическим управлением, логико-динамические модели асинхронных переключательных цепей и др.), а также аксиоматические модели в виде систем движений. В качестве общего метода анализа динамических свойств применяется метод редукции, развивающий метод функций (векторных функций) Ляпунова, алгоритмический метод сравнения В.М. Матросова, метод морфизмов в топологической динамике и теории алгебраических систем, а также другие методы использования вспомогательных отображений, обеспечивающих перенос требуемых свойств из некоторых тоже вспомогательных и более простых по замыслу систем в изучаемые системы. Даются примеры получаемых методом редукции теорем об устойчивости и некоторых других динамических свойствах.

Для дискретных систем стабилизации нелинейных непрерывных (например, механических) объектов с помощью кусочно-постоянного (цифрового) управления, формируемого по набору дискретных измерений состояния, описывается конструктивная методика исследования динамики на основе сублинейных векторных функций Ляпунова (ВФЛ). Вводится унифицированное представление моделей, учитывающее параметрические, координатные и иные неопределенности, многократное квантование сигналов по времени и уровню, внешние и внутренние возмущения, охватывая широкий класс систем, возникающих в практике. Дается способ построения ВФЛ и гетерогенных моделей сравнения нового типа, развиваются алгоритмы анализа свойств робастной устойчивости и диссипативности с вычислением гарантированных оценок точности стабилизации, допустимых начальных состояний, областей притяжения, достижимости и других основных прямых показателей динамического качества. Указывается возможность распространения методики на бесконечномерные системы, в которых объект описывается дифференциальными уравнениями в соболевских пространствах.

Приводятся краткие сведения о программной реализации этих алгоритмов в пакете ВФЛ-РЕДУКТОР, а также примеры его применения к конкретным системам стабилизации, в том числе к задачам устойчивости движущихся формаций в условиях неопределенности, неполноты измерений и наличия возмущений.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-08-90425 УКР а), Совета по грантам президента РФ и государственной поддержке ведущих научных школ (проект № НШ-1676.2008.1).