

## Литература

1. Крон, Г. Тензорный анализ сетей / Г. Крон; пер. с англ. под ред. Л.Т. Кузина, П.Г. Кузнецова. — М.: Сов. радио, 1978. — 720 с.
2. Петров, А.Е. Тензорный метод двойственных сетей / А.Е. Петров. — М., 2007. — 598 с.

*А.И. Астровский, д-р физ.-мат. наук, доцент  
БГЭУ (Минск)*

## КАНОНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ

В докладе исследуются свойства наблюдаемости линейных нестационарных систем обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\frac{dx(t)}{dt} = A(t)x(t), \quad y(t) = c(t)x(t) \quad (t \in T) \quad (1)$$

и предлагается новый метод построения канонических форм Фробениуса. Наблюдаемость наряду с устойчивостью, управляемостью, стабилизируемостью является фундаментальным структурным свойством динамических систем. При изучении многих проблем из теории управляемых движений необходимо знание текущих состояний системы. Это важно, например, когда управляющие воздействия формируются по принципу обратной связи. Однако координаты объектов часто недоступны непосредственному наблюдению (измерению), но вместе с тем имеется информация о состоянии объектов в виде некоторой выходной функции. Суть задачи наблюдаемости заключается в выяснении вопроса о возможности однозначного восстановления текущих (или начальных) состояний системы по данным наблюдений. Актуальность задач наблюдения заметно возросла в последнее время в связи, например, с задачами космической навигации, проектированием космических навигационных систем и др.

Один из мощных методов исследования структурных свойств динамических систем основан на классической идее А.М. Ляпунова о преобразовании системы к простейшей форме, что в ряде случаев позволяет полностью изучить фундаментальные свойства сложных систем. Успешно этот подход применяется при изучении устойчивости линейных нестационарных систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Для систем управления-наблюдения реализация идей А.М. Ляпунова заключается в приведении исходной системы к простейшему (каноническому) виду с помощью подходящей группы линейных преобразований. В качестве канонических систем обычно рассматриваются системы с матрицами в форме Фробениуса, которые в случае одномерной выходной функции эквивалентны линейному скалярному квазидиффе-

рнциальному уравнению  $n$ -го порядка с коэффициентами, зависящими от времени. Выбор таких систем в качестве канонических объясняется тем, что для них основные задачи математической теории систем решаются сравнительно просто. Теория канонических форм оказалась эффективной и для стабилизации нелинейных уравнений по линейному приближению.

Проблема преобразования заданной линейной нестационарной системы наблюдения к канонической форме в настоящее время полного решения не имеет. Первые работы (L.M. Silverman, H.E. Meadows, W.A. Wolovich, M.Y. Wu) в этом направлении гарантировали приведение системы к канонической форме в предположении равномерной наблюдаемости (управляемости) и дифференцируемости коэффициентов достаточно большое число раз. К настоящему времени теория канонических форм Фробениуса для линейных нестационарных систем управления и наблюдения достаточно полно разработана в так называемом гладком случае (И.В. Гайшун). Однако часто при исследовании линейных нестационарных систем оказывается, что их коэффициенты не удовлетворяют известным требованиям гладкости, что не позволяет использовать результаты, основанные на классической матрице наблюдаемости. Наши исследования показали, что в таком случае эффективным средством анализа является техника квазидифференцирования (В.Я. Дерр и др.).

В докладе предложен метод исследования наблюдаемости, основанный на квазидифференцируемости выходных переменных и позволивший существенно ослабить известные требования гладкости коэффициентов. Доказаны необходимые и достаточные условия существования канонических форм Фробениуса для равномерно наблюдаемых систем с квазидифференцируемыми коэффициентами, а также разработан и обоснован метод их построения.

*И.В. Бакова, канд. экон. наук, доцент  
ОНАС им. А.С. Попова (Одесса, Украина)*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ — ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

В информационном обществе, в условиях использования информационно-коммуникационных систем (ИКС), вопросы информационной безопасности (ИБ) актуальны и могут рассматриваться в разных плоскостях (безопасность личности, безопасность общества государства, безопасность предприятия и т.д.), поэтому имеет смысл вести речь о безопасности любого объекта информационной деятельности (ОИД) [1, с. 7]. При этом становятся определяющими процессы контроля и мониторинга со-