Пусть $\Gamma_1 \in \mathbb{R}^{n_2 \times n}$, $\Gamma_2 \in \mathbb{R}^{n \times n_2}$ — матрицы фундаментальных систем решений алгебраических систем $\gamma_1 D = 0$ и $D\gamma_2 = 0$ соответственно (относительно неизвестных γ_i, $i = 1, 2$).

Теорема 1. *Для того чтобы система* (1), (2) *была полностью идентифицируема необходимо и достаточно выполнение двух условий*

$$1)\,\mathrm{rank}\begin{bmatrix} pD - \sum\limits_{i=0}^{m} A_i e^{-iph} \\ \sum\limits_{i=0}^{m} C_i e^{-iph} \end{bmatrix} = n, \quad p \in \mathbb{C};$$

$$2)\,\mathrm{rank}\begin{bmatrix} \Gamma_1 \left(\sum\limits_{i=0}^{m} A_i \lambda^i\right) \Gamma_2 \\ \left(\sum\limits_{i=0}^{m} C_i \lambda^i\right) \Gamma_2 \end{bmatrix} = n - \mathrm{rank}\, D, \quad \lambda \in \mathbb{C}.$$

Далее в докладе обсуждается схема построения оператора $\mathfrak{L}_{t_1}$ и ее применение для решения задач управления линейной вполне регулярной дифференциально-алгебраической системой с последействием.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГПНИ "Конвергенция — 2025".

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ В СИСТЕМАХ С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯМИ

Д.Я. Хусаинов[1], **Ж.И. Буранов**[2], **А.С. Сиренко**[1]

[1] Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина
d.y.khusainov@gmail.com, sandrew@online.ua

[2] Академический лицей Ташкентского государственного технического университета имени И. Каримова, Ташкент, Узбекистан
juventus88.60.94@mail.ru

Введение. В работе рассматриваются условия устойчивости динамических систем с переключениями, состоящими из дифференциальных и разностных подсистем [1]. В настоящей работе при исследовании устойчивости используется метод функций Ляпунова. При использовании второго метода Ляпунова этот факт можно установить за счет монотонного убывания (или возрастания) “синтезированного решения” вдоль некоторой функции.

Системами с переключениями будем называть системы, состоящие из динамических подсистем, представляющих дифференциальные подсистемы, функционирующие на заданных промежутках времени и разностные, определяющие переключение в дифференциальных подсистемах. Динамику системы можно записать в виде $S(F, G, T) =$

$$= \{S_{ni}(f_{ni}), i \in I, S_{nj}(g_{nj}), j \in J, T : t_0 < t_1 < t_2 < ... < t_n < ...\},$$

$$S_{ni}(f_{ni}) : x' = f_{ni}(t, x), t_{n-1} \leq t < t_n, i \in I = (I_1, I_2, ...I_n, ...),$$

$$S_{nj}(g_{nj}) : x(t_n) = g_{nj}(t_n - 0, x(t_n - 0)), j \in J = (J_1, J_2, ...J_n, ...).$$

$$T : t_0 < t_1 < t_2 < ... < t_n < ...$$

и начальными условиями $x(t_0) = x_0$. Будем считать, что функции $f_{ni}(x, t)$, $i \in I = (I_1, I_2, ...I_n, ...)$ и $g_{nj}(x, t)$, $j \in J = (J_1, J_2, ...J_n, ...)$ принадлежат некоторым классам функций $f_{ni}(x, t) \in \Phi$, $g_{nj}(x, t) \in \Gamma$ и удовлетворяют нулевым условиям, т.е. $x(t) \equiv 0$ является решением системы. Если разностная часть в системах с переключениями отсутствует, т.е. систем описывается только подсистемами дифференциальных уравнений, а в точках переключения *сохраняется непрерывность*, то систему будем называть системой с непрерывными переключениями. Предлагается рассматривать два вида систем:

1. Системы, у которых последовательность моментов времени $T : t_0 < ... < t_n < ...$ и функции $f_{ni}(x, t) \in \Phi$ известны. Системы такого вида будем называть системами с *определенными переключениями.*

2. Системы, у которых последовательность моментов времени переключений $T : t_0 < ... < t_n < ...$ и функции $f_{ni}(x, t) \in \Phi$, $g_{nj}(x, t) \in \Gamma$ или не известны, или их надо каким либо образом определять. В системе с переключениями имеются три неопределенности: в классах дифференциальных подсистем, в классах разностных и во временах переключений. Такие системы называются системами с *неопределенными переключениями.*

1. Использование метода “сшивания” функций Ляпунова для систем с определенными переключениями. Если известны моменты переключений и виды подсистем, функционирующие на отдельных участках, то основная идея использования второго метода Ляпунова для систем с определенными переключениями заключается в построении для каждого участка *отдельных* функций Ляпунова и *“сшивании”* их на отдельных участках.

2. Использование метода “общей” функции Ляпунова для систем с неопределенными переключениями. Основная идея использования 2-го метода Ляпунова для систем с неопределенными переключениями заключается в построении *“общей”* функции Ляпунова. В этом случае условия асимптотической устойчивости и оценки сходимости можно получить используя метод “общей” функции Ляпунова.

Функция $V(x,t)$ называется *“общей”* функцией Ляпунова для системы с переключениями, если она удовлетворяет следующим условиям:

1. Функция $V(x,t)$ является положительно определенной, т.е. $V(0,t) \equiv 0$ и $\omega_1(|x|) \leq V(x,t) \leq \omega_2(|x|)$, где $\omega_1(x)$, $\omega_2(x)$ положительно определенные функции.

2. Функция $V(x,t)$ убывает вдоль решений системы, т.е. при произвольных $\bar{t} < \bar{\bar{t}}$ имеет место неравенство $V\left(x(\bar{\bar{t}}), \bar{\bar{t}}\right) < V\left(x(\bar{t}), \bar{t}\right)$.

Библиографические ссылки

1. *Хусаинов Д.Я., Бычков А.С., Сиренко А.С.* Устойчивость нулевого решения системы с переключениями, состоящей из линейных подсистем // Журнал обчислювальної та прикладної математики. 2020. В. 1 (133). С. 89–96.
2. *Diblik J., Khusainov D.Ya., Bastinec J., Sirenko A.S.* Exponential stability of perturbed linear discrete systems // Advances in Difference Equations. 2016. No. 2. P. 1–20.

О СТАБИЛИЗАЦИИ ПОЛОЖЕНИЯ РАВНОВЕСИЯ ПЕРЕВЕРНУТОГО МАЯТНИКА БЕЗ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТЕЙ

Д.Х. Хусанов[1], З.С. Юсупова[2]

[1] Джизакский политехнический институт, Джизак, Узбекистан
d.khusanov1952@mail.ru

[2] Национальный Университет им. Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан
Ziyusupova9797@gmail.com

1. Основная часть. В докладе рассматривается задача о стабилизации математического маятника в верхнем неустойчивом положении за счет момента U, приложенного к его оси. При этом имеется возможность измерять лишь отклонение маятника от вертикали без измерения производной по времени этого отклонения или угловой скорости маятника [1, 2].