ДОСТАТОЧНЫЕ УСЛОВИЯ ПОТОЧЕЧНОЙ НАБЛЮДАЕМОСТИ ЛИНЕЙНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ СИНГУЛЯРНО ВОЗМУЩЕННОЙ СИСТЕМЫ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

О. Б. Цехан (Гродно, Беларусь)

Рассматривается проблема поточечной наблюдаемости [1] для системы:

$$\begin{array}{l} \dot{x}(t) = A_{10}x(t) + A_{11}x(t-h) + A_2 y(t), x \in R^{n_1}, y \in R^{n_2}, \\ \mu\dot{y}(t) = A_{30}x(t) + A_{31}x(t-h) + A_4 y(t),\ t \in T = [0, t_1], \\ v(t) = C_1 x(t) + C_2 y(t),\ v \in R^m,\ t \in T,\ n = n_1 + n_2. \end{array} \tag{1}$$

Здесь $A_{ij}, i = 1,3, j = 0,1, A_k, k = 2,4, C_j, j = 1,2$ — постоянные матрицы подходящих размеров, $h = const > 0$ — запаздывание, μ — параметр, $\mu \in (0, \mu^0], \mu^0 \ll 1$.

Согласно [2] имеем определяющие уравнения (ОУ) системы наблюдения (1): $X_{i+1}^k(t) = A_{10}X_i^k(t) + A_{11}X_i^k(t-h) + A_2 Y_i^k(t)$, $Y_{i+1}^{k+1}(t) = A_{30}X_i^k(t) + A_{31}X_i^k(t-h) + A_4 Y_i^k(t)$, $V_i^k(t) = C_1 X_i^k(t) + C_2 Y_i^k(t), t \in T$, $X_i^k \in \mathrm{R}^{n_1 \times n}$, $Y_i^k \in \mathrm{R}^{n_2 \times n}$, $v \in \mathrm{R}^{m \times n}$, $X_0^0(0) = \{E_{n_1}, 0\}, X_i^k(t) = 0, t \neq jh \vee k \geq j + i \vee i < 0 \vee k < 0 \vee j < 0$, $Y_i^k(0) = \{0, E_{n_2}\}, Y_i^k(t) = 0,\ t \neq jh \vee k \geq j + i + 1 \vee i < 0 \vee k \leq 0 \vee j < 0$.

Теорема. Если $rank \begin{bmatrix} V_k^{2k}(kh) \\ \hline k = \overline{0, n-1} \end{bmatrix} = n$, то система (1) поточечно наблюдаема для всех достаточно малых $\mu > 0$.

Схема доказательства. Используя двойственность поточечной наблюдаемости и управляемости [1], критерий поточечной управляемости [3], решения ОУ двойственной к (1) системы управления (аналогичные [4]), связь их с решениями ОУ системы (1), сохранение полноты ранга при невырожденных преобразованиях матрицы доказывается, что при фиксированном $\mu > 0$ система (1) поточечно наблюдаема тогда и только тогда, когда $\exists \kappa(\mu) \in R$: $rank \begin{bmatrix} \sum\limits_{m=0}^{2k} \mu^m \sum\limits_{j=m-k}^{k} \kappa^j(\mu) V_k^m(jh) \\ \hline k = \overline{0, n-1} \end{bmatrix} = n$. Ввиду сохранения полноты ранга матрицы при невырожденных преобразованиях и малых аддитивных возмущениях это (при всех достаточно малых $\mu > 0$ и $\forall \kappa \neq 0$) вытекает из условия теоремы.

Благодарности. Работа поддержана Министерством образования Республики Беларусь (ГПНИ “Конвергенция–2025”, задание 1.2.04.4).

Литература

1. *Марченко В.М.* Некоторые вопросы качественной теории управления линейными стационарными системами с последействием. *Banach Center Publications.* V. 14 (1985), 361–381. DOI: 10.4064/-14-1-361-381.

2. *Копейкина Т.Б., Цехан О.Б.* К теории наблюдаемости линейных сингулярно возмущенных систем. *Весцi НАН Беларусi* No 3 (1999), 22–27.

3. *Марченко В.М.* Модальное управление в системах с последействием. *Автоматика и телемеханика.* Выпуск 11 (1988), 73–84.

4. *Копейкина Т.Б., Цехан О.Б.* Исследование наблюдаемости линейных нестационарных сингулярно возмущенных систем с помощью метода пространства состояний. Мн., 23 с. – *Препр. АНБ. Ин-т математики.* No 16 (539), (1997).

КЛАССИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ГРАНИЧНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА С МЛАДШЕЙ ПРОИЗВОДНОЙ И ОДНОЙ КРАТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Е. С. Чеб (Минск, Беларусь)

В области $Q = (0, \infty) \times (0, l) \subset \mathbb{R}^2$, переменных (t, x) рассмотрим относительно функции $u(t, x)$ линейное нестрого гиперболическое уравнение четвертого порядка с постоянными коэф-