здесь F — обобщенная функция на группе Z, сосредоточенная в единице E, в этой точке $c = 0$, $s = 0$, $t = 0$. Функция $K(z,\zeta)$, $z,\zeta \in Z$, имеет следующее выражение: пусть z имеет параметры c, s, t, см. (1), а ζ имеет параметры a, u, v, пусть J — диагональная матрица порядка $n-2$ с диагональю $\{-1,1,\ldots,1\}$, тогда

$$K(z,\zeta) = (1 - sJv + c\widehat{a})(1 - uJt + a\widehat{c}).$$

В частности, дельта-функция $\delta(z)$, сосредоточенная в точке E, переходит в 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Желобенко Д.П.* Компактные группы Ли и их представления. М.: Наука, 1970.

Волотова Надежда Борисовна
Тамбовский государственный ун-т
Россия, Тамбов
e-mail: volotova@tsu.tmb.ru

Поступила в редакцию 10 мая 2007 г.

ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МНОЖЕСТВА УПРАВЛЯЕМОСТИ ЛИНЕЙНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМЫ

© **Н. Г. Главнов**

Будем рассматривать линейную нестационарную систему

$$\dot{x} = A(t)x + b(t)u,\ u \in U = [-1,1], \tag{1}$$

(с одним входом и n выходами, $n \geqslant 2$) и достаточно гладкими $A(t)$ и $b(t)$.

О п р е д е л е н и е 1. *Функцией быстродействия* системы (1) называется функция $(t,x) \to \tau_n(t_0,x_0) = \min\limits_{u(\cdot)\in U}\{\vartheta \geqslant 0 : x(t_0+\vartheta, t_0, x_0, u(\cdot)) = 0\}$, где $x(t,t_0,x_0,u(\cdot))$ — решение системы (1) при управлении $u = u(t)$. Если для некоторой точки (t_0,x_0) не существует допустимого управления, то будем полагать, что $\tau_n(t_0,x_0) = \infty$.

О п р е д е л е н и е 2. *Множеством управляемости системы* (1) *на отрезке* $[t_0,\, t_0+\vartheta]$ называется множество $D_\vartheta(t_0) = \{x \in \mathbb{R}^n : \tau_n(t_0,x) \leqslant \vartheta\}$, а *множеством управляемости* — множество $D(t_0) \doteq \bigcup\limits_{\vartheta\geqslant 0} D_\vartheta(t_0)$.

Определим функции $t \to q_i(t)$, равенствами $q_1(t) = b(t),\ldots,q_i(t) = \dot{q}_{i-1} - A(t)q_{i-1}(t)$, $i = 1,\ldots,n+1$. Будем предполагать, что они непрерывны и ограничены на $\mathbb{R}$. Для формулировки основного результата построим полином

$$l(t,\lambda) = p_n(t)\lambda^n + p_{n-1}(t)\lambda^{n-1} + \cdots + p_1(t)\lambda + p_0(t), \tag{2}$$

где $p_i(t) = \det Q_i(t)$, $Q_n(t) = (q_1(t), \ldots, q_n(t))$, $Q_i(t) = (q_1(t), \ldots, q_i(t), q_{i+2}(t), \ldots, q_{n+1}(t))$, при $i = 1, \ldots, n-1$ и $Q_0(t) = (q_2(t), \ldots, q_n + 1(t))$.

Формулируемое ниже утверждение основано на результатах работ А. Ю. Левина [1] и Е. Л. Тонкова [2], [3].

Т е о р е м а 1. *Пусть $p_n(t) \neq 0$ при всех t и корни $\lambda_1(t), \ldots, \lambda_n(t)$ уравнения $l(t, \lambda) = 0$ можно разделить константами*

$$\lambda_1(t) \leqslant \nu_1 \leqslant \lambda_2(t) \leqslant \ldots \leqslant \nu_{n-1} \leqslant \lambda_n(t), \quad t \in \mathbb{R}. \tag{3}$$

Тогда множество управляемости $D_\vartheta(t_0)$ является строго выпуклым телом в $\mathbb{R}^n$.

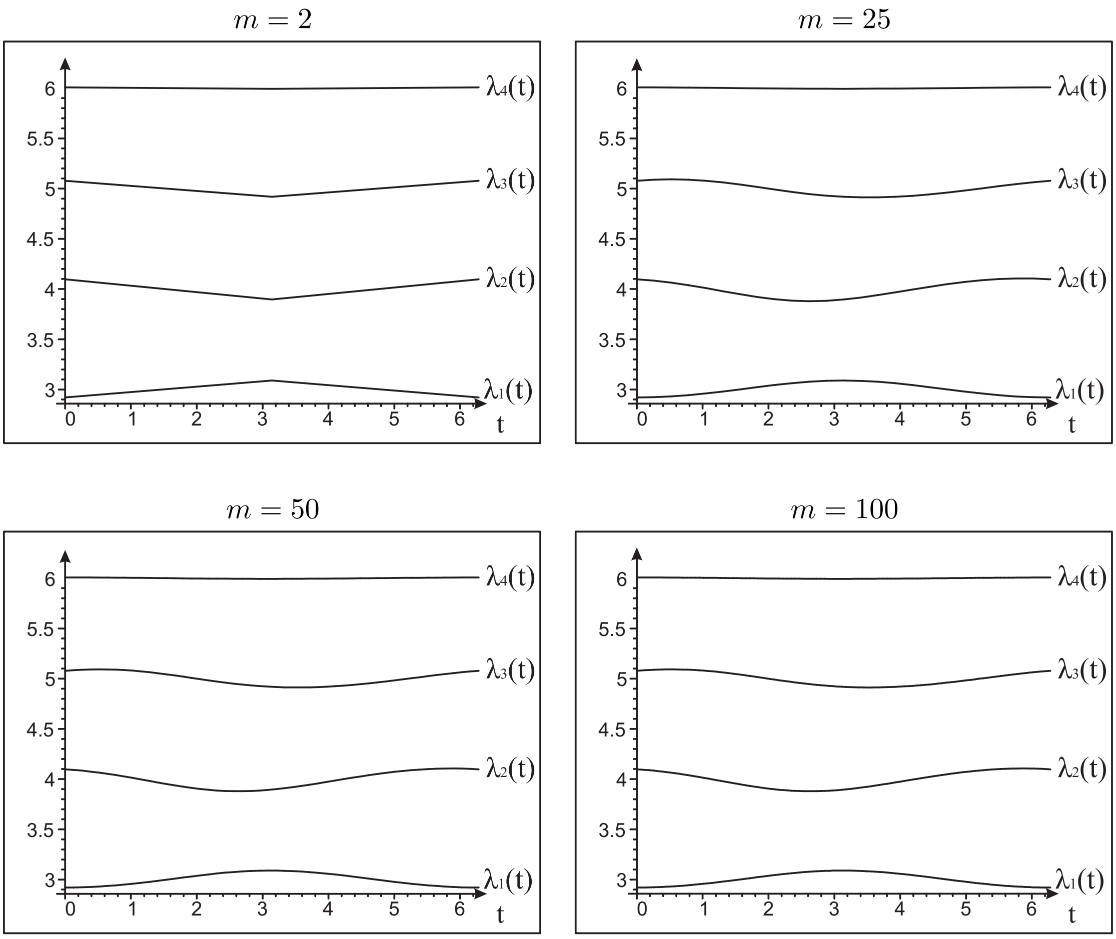
Далее, если найдутся константы $\varepsilon > 0$ и $\delta \geqslant 0$ такие, что дополнительно к (3)

$$\delta \leqslant \lambda_1(t), \quad \nu_{i-1} + \varepsilon \leqslant \lambda_i(t) \leqslant \nu_i - \varepsilon, \quad i = 2, \ldots, n-1,$$

то множество управляемости $D(t_0)$ системы (1) совпадает с $\mathbb{R}^n$ при всех t_0.

На основе этой теоремы и алгоритма Штурма проверки вещественности корней полинома разработан алгоритм построения множества управляемости системы (1). В основе этого алгоритма лежит проверка условий теоремы 1 в фиксированных точках $t_1, \ldots, t_m$ отрезка $[0, T]$ при каждом T. Если $A(t)$ и $b(t)$ периодичны с периодом T, то корни полинома (2) периодичны с периодом T и процедура проверки упрощается.

П р и м е р 1. Пусть $A(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$, $b(t) = \begin{pmatrix} \cos(t) - 40 \\ -\cos(t) + 5 \\ -\cos(t) + 20 \\ \cos(t) + 10 \end{pmatrix}$. Ниже приведены результаты работы алгоритма при различных m.



По данным результатам видно, что условия теоремы 1 выполнены, следовательно, множество управляемости $D(t_0)$ совпадает с $\mathbb{R}^4$ при любом t_0.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Левин А.Ю.* Неосцилляция решений уравнения $x^{(n)} + p_1(t)x^{(n-1)} + \cdots + p_n(t)x = 0$ // Успехи матем. наук. 1969. Т. 24. Вып. 2(146). С. 43–96.
2. *Тонков Е.Л.* Неосцилляция и число переключений в линейной нестационарной системе, оптимальной по быстродействию // Дифференц. уравнения. 1973. Т. 9, № 12. С. 2180–2185.
3. *Тонков Е.Л.* Неосцилляция и структура множества управляемости линейного уравнения // Успехи матем. наук. 1983. Т. 38, № 5(233). С. 131.

Главнов Николай Григорьевич
Ижевский государственный
технический ун-т
Россия, Ижевск
e-mail: nik8481@gmail.com

Поступила в редакцию 10 мая 2007 г.

ФОРМИРОВАНИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УМЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ-ПРОГРАММИСТОВ

© **М. М. Гладышева**

Инженерная деятельность представляет собой опосредствующее звено, объединяющее в единый процесс всю совокупность разнообразных операций по реализации человеческой идеи. Сущность инженерной деятельности составляет техническая инновация, реализация которой оказывается возможной на основе взаимосвязи интеллектуальных, эмоциональных и волевых качеств инженера, воплощаемых в интуиции, воодушевлении, гибкости и самостоятельности мышления, инициативе.

Научно-технический прогресс сопровождается постоянным накоплением новой информации, поэтому требуются работники, способные самостоятельно ориентироваться в потоке меняющейся информации, способные сравнивать, анализировать, находить лучшие варианты решений. Таким образом, научно-технический прогресс изменяет характер производственной деятельности человека, создавая благоприятные условия для развития его исследовательских способностей, для формирования исследовательской личности. Для того чтобы подготовить специалиста грамотного, творческого, динамичного, способного самостоятельно осваивать новые компьютерные технологии, необходимо формировать у студентов исследовательские умения. Исследовательские умения можно определить как целенаправленные действия, которые базируются на системе ранее усвоенных знаний, умений