

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

2 (300)

НАУРЫЗ – СӘУІР 2015 ж.

МАРТ – АПРЕЛЬ 2015 г.

MARCH – APRIL 2015

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі,

Мұтанов Г. М.

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әшімов А.А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байғұнчечков Ж.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Жұмаділдаев А.С.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұқашев Б.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жантаев Ж.Ш.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Косов В.Н.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мұсабаев Т.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Ойнаров Р.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.** (бас редактордың орынбасары); физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Темірбеков Н.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірбаев У.У.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **И.Н. Вишневский** (Украина); Украинаның ҰҒА академигі **А.М. Ковалев** (Украина); Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **А.А. Михалевич** (Беларусь); Әзірбайжан ҰҒА академигі **А. Пашаев** (Әзірбайжан); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **И. Тигиняну** (Молдова); мед. ғ. докторы, проф. **Иозеф Банас** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

Г. М. Мутанов

Редакционная коллегия:

доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.А. Ашимов**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Ж.Ж. Байгунчеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Джумадильдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Б.Н. Мукашев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.Ш. Жантаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Косов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.А. Мусабаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Р. Ойнаров**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов** (заместитель главного редактора); доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.М. Темирбеков**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.У. Умирбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **И.Н. Вишневский** (Украина); академик НАН Украины **А.М. Ковалев** (Украина); академик НАН Республики Беларусь **А.А. Михалевич** (Беларусь); академик НАН Азербайджанской Республики **А. Пашаев** (Азербайджан); академик НАН Республики Молдова **И. Тигиняну** (Молдова); д. мед. н., проф. **Иозеф Банас** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

G. M. Mutanov,
academician of NAS RK

Editorial board:

A.A. Ashimov, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **Zh.Zh. Baigunchekov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.S. Dzhumadildayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **T.S. Kalmenov**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **B.N. Mukhashev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, dr. phys-math. sc., prof., academician of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.Sh. Zhantayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Kosov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.A. Mussabayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **R. Oinarov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **N.M. Temirbekov**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.U. Umirbayev**, dr. phys-math. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

I.N. Vishnievski, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.M. Kovalev**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.A. Mikhalevich**, NAS Belarus academician (Belarus); **A. Pashayev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **I. Tighineanu**, NAS Moldova academician (Moldova); **Joseph Banas**, prof. (Poland).

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 2, Number 300 (2015), 136 – 141

T-CONTROLLABILITY OF NONLINEAR THROTTLE DRIVE

F. R. Gusmanova, A. Altybay, M. Zh. Sakypbekova

Kazakh national university named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: vestnik_kaznpu@mail.ru, arshynbek.ntu@gmail.com, mika_alibi@mail.ru

Keywords: throttle drive, control, t-stability of, t-controllability, Hurwitz matrix, positive definite matrix

Abstract. The article deals with the nonlinear equation of the throttle drive as the main model of this equation is obtained by converting the automatic control system with nonlinear elements. To obtain the automatic control system the transfer matrix is showed. For a system without control with nonlinear elements function in the form of Lyapunov is obtained.

The concepts of t-stability and t-controllability are regarded. The problem of T- controllability of nonlinear throttle drive satisfying the properties of stability on an infinite time interval was solved.

ӘОЖ 62

СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ДРОССЕЛЬДІК ЖЕТЕКТІҢ Т-БАСҚАРЫЛУЫ

Ф. Р. Гусманова, А. Алтыбай, М. Ж. Сақыпбекова

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: дроссельдік жетек, басқару, Т-орнықтылық, Т-басқару, Гурвиц матрицасы, оң-анықталған матрица

Аннотация. Мақалада сызықтық емес дроссельдік жетектің теңдеуі жұмыстың басты моделі ретінде беріледі. Осы теңдеуді түрлендіре отырып, сызықтық емес элементтері бар автоматтық басқару жүйесі алынды. Алынған автоматты басқару жүйесінің ауыстыру матрицасы келтіріледі. Басқарусыз сызықтық емес элементтері бар жүйенің Ляпунов түріндегі функциясы алынады. Т-орнықтылық пен Т-басқару ұғымдары қарастырылады. Шексіз уақыт аралығындағы орнықтылық қасиеттерін қамтамасыз ететін сызықтық емес дроссельдік жетектің Т-басқару есебі шешілді.

Сызықтық емес дроссельдік жетектің

, (1)

түріндегі теңдеуін қарастырайық, мұндағы

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -a_2 & -a_3 & a_4 & 0 & a_1 \\ -\gamma & -\theta_1 & -\beta & -\theta & \gamma \\ 0 & 0 & -a & -b & 0 \\ c & 1 & e & 0 & -c \end{pmatrix},$$

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -\frac{1}{m} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad s = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \alpha \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \tilde{d} = \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \end{pmatrix}$$

$$a_1 = \frac{C_k}{m} - \frac{cF_k}{m}, \quad a_2 = \frac{C_k}{m} - \frac{cF_k}{m} + \frac{k_n}{m}, \quad a_3 = \frac{f}{m}, \quad a_4 = \frac{F_k s}{m},$$

$$a = S_1 n / (F_1 k^{1n}), \quad b = (C_k^{1/(F_1 k^n)}),$$

$$\alpha = \frac{2E}{V}, \quad \beta = r (2E^2)/V + (2E^2)/V ((S_1 n^2 2)/(F_1 k^{1n}) + (S_1 n^2 2)/(F_1 k^{1n})),$$

$$\gamma = S_n \frac{C_k}{F_k} \cdot \frac{2E}{V}, \quad \theta = S_n \frac{2E}{V} \cdot (C_k^{1/(F_1 k^n)}), \quad \theta_1 = S_n \frac{2E}{V}.$$

$$x_1 = y_H, \quad x_2 = \frac{dx_1}{dt}, \quad x_3 = P_F x_4 = y_U, \quad x_5 = y_n,$$

\tilde{u} – басқару [1].

Y_1 -ге катысты

$$Y_1 = \mu b \sqrt{\frac{P_H}{\rho}} \sqrt{1 - c_0 x_2 \operatorname{sign} \sigma_1} \cdot F(\sigma_1) = \alpha_0 F(\sigma_1, \sigma_2)$$

өрнегін ұсынайық, мұндағы

$$\alpha_0 = \mu b \sqrt{\frac{P_H}{\rho}}, \quad c_0 = \frac{1}{P_H}, \quad \sigma_1 = l^T x, \quad \sigma_2 = c^T x = x_2$$

$$F(\sigma_1, \sigma_2) = f(\sigma_1) \psi(\sigma_1, \sigma_2) = \sqrt{1 - \sigma_2 \operatorname{sign} \sigma_1}.$$

Және

$$\begin{aligned} 0 \leq \frac{f(\sigma_1)}{\sigma_1} \leq \mu < +\infty, \quad f(0) = 0, \quad |\sigma_2| < 1, \\ 0 < \psi(\sigma_1, \sigma_2) \leq 1 \end{aligned} \quad (2)$$

$\sigma_2 \neq 0$ болғанда,

$$\sigma_2 = \eta^T x = x_2$$

болсын.

(1) жүйені екі сызықтық емес элементі бар автоматтық басқару жүйесіне келтіруге болады:

$$\dot{x} = Ax + M\varphi(\sigma) + Lu, \quad \sigma = Nx$$

мұндағы,

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{m_2} \\ \gamma_0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad L = \begin{pmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ L_4 \\ L_5 \end{pmatrix}, \quad N = \begin{pmatrix} l^T \\ \eta^T \end{pmatrix},$$

$$\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{pmatrix}, \quad \sigma_1 = l^T x, \quad \sigma_2 = \eta^T x.$$

(2) шарт орындалған кезде

$$0 \leq \frac{\varphi_1(\sigma_1)}{\sigma_1} \leq \frac{f(\sigma_1)\psi(\sigma_1, \sigma_2)}{\sigma_1} \leq \mu_1 \tag{3}$$

$$0 \leq \frac{\varphi_2(\sigma_2)}{\sigma_2} \leq \mu_2 = \infty$$

теңсіздіктерінің орындалатынын байқауға болады.

(3) теңсіздік

$$\tau_1(\sigma_1 - \mu_1^{-1}\varphi_1(\sigma_1))\varphi_1(\sigma_1) \geq 0,$$

$$\tau_2\sigma_2\varphi_2(\sigma_2) \geq 0$$

немесе

$$\varphi^T(\sigma)(\sigma - \mu^{-1}\varphi(\sigma)) \geq 0$$

шарттарымен пара-пар.

(2) жүйенің сызықты бөлігінің ауыстыру матрицасы

$$W(\varphi) = N(A - pE)^{-1}M$$

түріндегі 2x2 матрицасы болып табылады.

$$\dot{x} = Ax + M\varphi(\sigma), \quad \delta = Nx \tag{4}$$

түріндегі басқарусыз (2) жүйе үшін

$$V(x) = x^T Hx + q_1 \int_0^{\sigma_1} \varphi_1(\lambda) d\lambda + q_2 \int_0^{\sigma_2} \varphi_2(\lambda) d\lambda \tag{5}$$

Ляпунов түріндегі функцияны алайық, мұндағы $q_1 \geq 0$, $q_2 \geq 0$ - нақты параметрлер; H - оң-анықталған матрица.

$\varphi_2(\sigma_2)$ – компоненті құрғақ үйкеліске сәйкес келетіндіктен әрі қарай оны [2] алмастырылған толықтырылған функция деп есептеп, жүйе шешімін А. Ф. Филиппов [3] мағынасында қабылдаймыз.

Сонымен қатар,

$$\tau = \text{diag}\{\tau_1, \tau_2\} > 0, \quad \mu^{-1} = \text{diag}\{\mu_1^{-1}, 0\} \geq 0$$

матрицаларын енгіземіз.

Ляпунов функциясынан t бойынша толық туындысын, яғни барлық дерлік t үшін

$$\begin{aligned} \dot{V} = & x^T (A^T H + H A)x + 2x^T [HM + 0,5(A^T N^T q + N^T \tau)]\varphi + \\ & + \varphi^T (-\tau\mu^{-1} + \text{Re}qNM)\varphi + q_1 \dot{\sigma}_2 \int_0^{\sigma_1} f(\sigma_1) \frac{\partial \psi(\sigma_1, \sigma_2)}{\partial \sigma_1} d\sigma_1 - \varphi^T \tau (\sigma - \mu^{-1}\varphi). \end{aligned} \tag{6}$$

$$\Phi(\sigma_1, \sigma_2) = - \int_0^{\sigma_1} f(\sigma_1) \frac{\partial \psi(\sigma_1, \sigma_2)}{\partial \sigma_1} d\sigma_1$$

белгілеуін енгізе отырып, (6) қатынастан

$$-\dot{V} = V_1 + V_2 + q_1 \delta_3 \Phi(\sigma_1, \sigma_2) \tag{7}$$

өрнегін аламыз, мұндағы

$$\begin{aligned} V_1 &= x^T G x \Phi(\sigma_1, \sigma_2) + 2x^T g \varphi + \varphi^T D \varphi \\ -G &= A^T H + H A, \quad -g = H M + 0,5(A^T N^T q + N^T \tau) \\ -D &= \tau \mu^{-1} + R e q N M \\ V_2 &= \varphi^T \tau (\sigma - \mu^{-1} \varphi) \geq 0 \end{aligned}$$

$$\sigma_1 \neq 0 \text{ болғанда } \sigma_1 \Phi(\sigma_1, \sigma_2) > 0,$$

және

$$\dot{\sigma}_2 \Phi(\sigma_1, \sigma_2) = c^T x \Phi(\sigma_1, \sigma_2) = c^T A x \Phi(\sigma_1, \sigma_2) + c^T M \varphi(\sigma) \Phi(\sigma_1, \sigma_2) = c^T A x \Phi(\sigma_1, \sigma_2) + \gamma_0 \varphi_1(\sigma_1) \Phi(\sigma_1, \sigma_2)$$

яғни, $\gamma_0 \geq 0$ болғанда оң жақтағы екінші қосылғыш теріс емес болады.

Демек, (7) қатынастан

$$-\dot{V} = V_1 + V_2 + V_3 + q_1 c^T A x \Phi(\sigma_1, \sigma_2) - \delta_0 \sigma_1 \Phi(\sigma_1, \sigma_2) + V_4 \tag{8}$$

өрнегін аламыз, мұндағы

$$\begin{aligned} V_3 &= q_1 \gamma_0 \varphi_1(\sigma_1) \Phi(\sigma_1, \sigma_2) \geq 0, & \gamma_0 &\geq 0, \\ V_4 &= \delta_0 \sigma_1 \Phi(\sigma_1, \sigma_2) \geq 0, & \delta_0 &\geq 0. \end{aligned}$$

$$\sigma_1 = l^T x$$

болғандықтан

$$q_1 c^T A = \delta_0 l^T \tag{9}$$

деп ұсынайық. Сонда (8) қатынастан

$$-\dot{V} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \tag{10}$$

өрнегін аламыз.

Енді $-\dot{V} \geq 0$ теңсіздігі орындалу үшін $V_1 \geq 0$ теңсіздігі орындалатындай бізге H оң анықталған матрицаны таңдау қажет. Ол үшін барлық $0 \leq \omega < \infty$ үшін

$$\pi(\omega) = D + R e (q N A + \tau N) (A - i \omega E)^{-1} M \geq 0 \tag{11}$$

жеткілікті болады [4] және (A, M) мен (A, X) жұптары толығымен басқарылатын және бақыланатын болуы керек, мұндағы $A = A^T N^T \tau + N^T \tau$, яғни $(A, A M, A^2 M, A^3 M, A^4 M)$ және $(X, A^* X, A^{*2} X, A^{*3} X, A^{*4} X)$ матрицаларының рангі $n = 5$ болуы керек.

$$\begin{aligned} A &= (A - i \omega E) + i \omega E, \\ A(A - i \omega E)^{-1} &= i \omega (A - i \omega E)^{-1} + E, \\ N A (A - i \omega E)^{-1} M &= N M + i \omega W(\omega) \end{aligned}$$

қатынастарын ескеріп, (11) өрнектен барлық $0 \leq \omega < \infty$ үшін

$$\pi(\omega) = \tau \mu^{-1} + R e (\tau + i \omega q) W(\omega) \geq 0 \tag{12}$$

қатынасын аламыз.

(12) жиілік шарты Лурьенің шешуші тендеулерін

$$\begin{aligned} A^T H + H A + \mu h^T &= 0 \\ H M - g &= h \Gamma \\ g &\equiv -\frac{1}{2} (A^T N^T q + N^T \tau), \quad \Gamma > 0 \end{aligned} \tag{13}$$

$$\Gamma = \tau\mu^{-1} - R\epsilon(qNM)$$

қанағаттандыратын $H = H^T > 0$ матрицасының бар болуының қажетті және жеткілікті шарты болып табылатыны белгілі.**

$$Q(x, \varphi) = (2Nx + \varphi^T(\sigma)qN^T - q_1\Phi(\sigma_1, \sigma_2)c)^T L \quad (14)$$

белгілеуін енгізейік.

Уақыттың жартылай шексіз $[0, \infty)$ аралығында қарастырылатын (2), (4) жүйелер үшін T - орнықтылық пен T -басқару ұғымдарын қарастырайық.

Анықтама 1 [5]. Егер (4) жүйе Ляпунов бойынша толық орнықты және

$$\lim_{t \rightarrow t_1} x(t) = 0$$

теңдігі орындалатындай t уақыты бар болса, онда (4) жүйенің $x = 0$ қобалжымаған қозғалысын деп айтамыз, мұндағы t_1 уақыт мезгілі тиімді тез әсер ету есебін шығарады.

Анықтама 2 [5]. Егер тұтасымен T -орнықтылықты қамтамасыз ететін $u(x, t) \in U$ басқаруы бар болса, онда (2) басқарылатын үрдіс тұтасымен T -басқарылады деп айтамыз.

Келесі теорема ақиқат.

Теорема. Келесі шарттар орындалсын:

1. A – Гурвиц матрицасы және $W(p)$ матрицасының $\omega_{ij}(\varphi)$ ауыстыру функцияларының арасында бөлімінде тұрған полиномның дәрежесі $n = 5$ болатындай және алымында тұрған полиноммен ортақ түбірі жоқ және егер $q_i \neq 0$ болса, онда $-\frac{T_i}{q_i}$ шамасы $\omega_{ij}(\varphi)$ функция полюсі болмайтындай ауыстыру функциясы бар болады;

$$2. \quad q_1 c^T A = \delta_0 I^T, \quad \delta_0 \geq 0, \quad q_1 \geq 0$$

3. (12) жиілік шарты орындалады және оң-анықталған H матрицасы (13) Лурьенің шешуші тендеуінен анықталады.

4.

$$u = -\frac{k \operatorname{sgn} Q(x, \varphi)}{|Q(x, \varphi)|} \quad (15)$$

басқару, мұндағы $k > 0$ – тұрақты параметр, $Q(x, \varphi)$ (14) формуламен анықталады.

Сонда (2) жүйе тұтасымен T -басқарылады.

Дәлелдеу. Ляпунов функциясын (5) түрінде қарастырамыз және (6)-(10) ескеріп

$$\dot{V} \leq Q(x, \varphi)u \leq -k \quad (16)$$

(15) басқаруымен қос теңсіздігін аламыз.

Сонда (2) жүйенің тұтас орнықтылығы үшін барлық жағдайлар(9) жиілік шарты орындалған жағдайда орын алады және (2) жүйенің T -орнықтылығын аламыз, яғни

$$\lim_{t \rightarrow t_1} x(t) = 0, \quad (17)$$

мұндағы

$$T = t_1 = \frac{V(x_0)}{k} < \infty$$

(5) Ляпунов функциясы үшін.

Шынында да, (16) қатынасты 0-ден t -ға дейін интегралдасак $t \geq \frac{V(x_0)}{k} = t_1$ және $t \in [t_1, \infty)$:
 $V(x(t)) \equiv 0$ болғанда

$$0 < V(x(t)) \leq V(x_0) - kt < 0$$

аламыз, демек, (16) шартты аламыз.

t_1 уақыт мезгілі тиімді тез әсер ету есебін шығаратынын көрсетейік.
Қарама-қарсы ұсынайық.

$$\lim_{t \rightarrow t_1} x(t) = 0$$

теңдігі орындалатындай $t_1^* < t_1$ уақыт мезгілі бар болсын.

Бұл жерде

$$kt_1^* < kt_1 = V_0 = V(x_0),$$

$$\dot{V}(x(t)) \leq -k$$

қатынасын 0-мен t_1 аралығында интегралдасак

$$V(t_1) - V(t_1^*) \leq -kt_1 + kt_1^*$$

теңсіздігін аламыз, немесе

$$0 \leq -V_0 + kt_1^*,$$

яғни,

$$V_0 \leq kt_1^*$$

ал бұл (17) теңсіздікке қайшы. Теорема дәлелденді.

ӘДЕБИЕТ

[1] Гусманова Ф.Р., Шеркешбаева Б.К. Сыртқы әсері жоқ гидравликалық жетектің орнықтылығы // «Мұнай-газ саласының ғылыми-технологиялық және экологиялық мәселелеріндегі математикалық модельдеу» VIII Қазақстан-Ресей халықаралық ғылыми-практикалық конференциясы баяндамаларының тезистері. – Атырау мұнай және газ институты. 2014, 20-21 маусым. 40б.

[2] Гелиг А.Х., Леонов Г.А., Устойчивость нелинейных систем с неединственным состоянием равновесия. – М.: Наука, 1978. – 400с.

[3] Филиппов А.Ф. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью // Матем.сб.

[4] Якубович В.А. Метод матричных неравенств в теории устойчивости нелинейных регулируемых систем. Абсолютная устойчивость вынужденных колебаний // Автоматика и телемеханика. –Т.25. – №7. – 196. – С.1017-1029.

[5] Бияров Т.Н., Кенесбаев С.М., Калимолдаев М.Н. Т-управляемость в целом нелинейных систем автоматического управления // «Деп.научн. работы» КазНИИНКИ, 1992. – № 3909-Ка92. –Вып.2.

REFERENCES

[1] Gusmanova F.R., Sherkeshbaeva B.K. Abstracts VIII Kazakh-Russian international scientific-practical conference "Mathematical modeling in science and technology and environmental issues oil and gas industry", Atyrau Institute of Oil and Gas, 2014, June 20-21. 40 p. (in Kaz).

[2] Gelig A.H., Leonov G.A. Stability of nonlinear systems with non-unique equilibrium state. Moscow: Nauka, 1978, 400 p. (in Russ).

[3] Filippov A.F. Differential equations with discontinuous right-hand side // Matem.sb., V.51 (93), №1, 1960, p. 98-126 (in Russ).

[4] Yakubovich V.A. Method of matrix inequalities in the theory of stability of nonlinear control systems. Absolute stability of forced oscillations. Automation and Remote Control, V.25, №7, 196. p.1017-1029.

[5] Biyarov T.N., Kenesbay S.M., Kalimoldaev M.N. T-controllability of nonlinear systems of automatic control. "Dep.nauchn. work "KazNIINKI, 1992, №3909-Ka92, issue 2.

Т-УПРАВЛЯЕМОСТЬ НЕЛИНЕЙНОГО ДРОССЕЛЬНОГО ПРИВОДА

Ф. Р. Гусманова, А. Алтыбай, М. Ж. Сақыпбекова

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: дроссельный привод, управление, Т-устойчивость, Т-управляемость, Гурвица матрица, положительно-определенная матрица.

Аннотация. В статье рассматривается уравнение нелинейного дроссельного привода как основная модель работы. Преобразовывая это уравнение получена система автоматического управления с нелинейными элементами. Для полученной системы автоматического управления приведена передаточная матрица. Для системы без управления с нелинейными элементами получена функция в виде Ляпунова. Рассматриваются понятия Т-устойчивости и Т-управляемости. Решена задача Т-управляемости нелинейного дроссельного привода удовлетворяющая свойствам устойчивости на бесконечном промежутке времени.

Поступила 24.02.2015 г.

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

physics-mathematics.kz

Редактор *М. С. Ахметова*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 20.03.2015.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
10,5 п.л. Тираж 300. Заказ 2.