

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

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

түріндегі теңдеуін қарастырайық, мұндағы

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

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

$$a_1 = \frac{C_k}{m} - \frac{cF_k}{m}, \quad a_2 = \frac{C_k}{m} - \frac{cF_k}{m} + \frac{k\kappa}{m}, \quad a_3 = \frac{f}{m}, \quad a_4 = \frac{F_k\theta}{m},$$

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

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

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

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

\bar{n} – басқару [1].

Y_1 -ге қатысты

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

өрнегін ұсынайық, мұндағы

$$\alpha_0 = \mu b \sqrt{\frac{P_H}{\rho}}, \quad c_0 = \frac{1}{P_H}, \quad \sigma_1 = l^T x, \quad \sigma_2 = c^T x = x_3$$

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

Және

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

$\sigma_2 \neq 0$ 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,

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{m} \\ y_0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad L = \begin{pmatrix} L_1 \\ L_2 \\ L_3 \\ L_4 \\ L_5 \end{pmatrix}, \quad N = \begin{pmatrix} l^T \\ \eta^T \end{pmatrix},$$

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

(2) шарт орындалған кезде

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

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

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.

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

түріндегі басқарусыз (2) жүйе үшін

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

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,

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

матрицаларын енгіземіз.

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

$$\begin{aligned} \dot{V} = & x^T(A^T H + HA)x + 2x^T[HM + 0,5(A^T N^T q + N^T \tau)]\varphi + \\ & + \varphi^T\{-\tau\mu^{-1} + \text{Re}qNM\}\varphi + q_1 \dot{\sigma}_1 \int_0^{\sigma_1} f(\sigma_1) \frac{\partial \psi(\sigma_1, \sigma_2)}{\partial \sigma_1} d\sigma_1 - \varphi^T \tau (\sigma - \mu^{-1}\varphi). \end{aligned} \quad (6)$$

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

белгілеуін енгізе отырып, (6) қатынастан

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

өрнегін аламыз, мұндағы

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

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

және

$$\delta_3 \Phi(\sigma_1, \sigma_2) = c^T x \Phi(\sigma_1, \sigma_2) = c^T A x \Phi(\sigma_1, \sigma_2) + c^T M \varphi(\sigma) \Phi(\sigma_1, \sigma_2) = c^T A x \Phi(\sigma_1, \sigma_2) + \gamma_0 \varphi_1(\sigma_1) \Phi(\sigma_1, \sigma_2)$$

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

Демек, (7) қатынастан

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

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

$$q_1 c^T A = \delta_0 l^T \quad (9)$$

деп ұсынайық. Сонда (8) қатынастан

$$-\dot{V} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \quad (10)$$

өрнегін аламыз.

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

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

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

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

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

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

қатынасын аламыз.

(12) жиілік шарты Лурьенің шешуші тендеулерін

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

$$\Gamma = \tau_{kt}^{-1} - R_{\theta}(qNM)$$

қанағаттандыратын $H = H^T \succ 0$ 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 $[t_0, \infty)$ 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;

$$2. q_1 c^T A = \sigma_0 l^T, \quad \sigma_0 \geq 0, \quad q_1 \geq 0$$

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

4.

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

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 $t_1^* \ll t_1$ уақыт мезгілі бар болсын.

Бұл жерде

$$kt_1^* \ll kt_1 = V_0 = V(x_0).$$

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

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, Гурвицева 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.

МАЗМҰНЫ

Теориялық және тәжірибелік зерттеулер

Куллешов Б.Ш., Судоплатов С.В. О-минималдық теориялар үшін бинарлық формулалардың алгебралардағы таралымы туралы.....	5
Бажиков К.Т., Касимов А.О., Усембаева С.А., Калиев М. Сымсыз сенсорлы желілердің қолдану болашағы.....	14
Орынбаев С.А., Бекбаев А.Б., Байбутанов Б.К. Бірфазалы автономды инвертор.....	18
Ділдібаек Г., Тенгебаева А.А. Бір шеттік есептің меншікті функциялар жүйесінен базис құру.....	24
Кәлменов Т.Ш., Сұраған Д. Айнымалы коэффициентті эллиптикалық дифференциалдық теңдеулер үшін шегаралық интегралдық шарттар.....	29
Баймухаметов А.А., Мартынов Н.И., Танирберген А.Г. Құралымның компьютерлік модель деуі терендіктің соялыного диапиризма.....	36
Төребек Б.Т. Көпөлшемді шардағы бір көлемдік потенциалдың шекаралық шарты.....	41
Бараев А., Жұмбаев М.Ж., Ахметов Н.М., Тулип А.С., Бариев М. Қорғандық байланыстардың бұрғы бағанының мәжбүрлі тербеліс үрдісіне әсер етуін зерттеу.....	44
Асанова А.Т., Иманчиев А.Е. Екінші ретті дифференциалдық теңдеу үшін үшнүктелі шеттік есептің шешілімділігі туралы.....	50
Көшерев Т.С., Серік А.С., Сеитов А. Лазерлік ықпалдың поликристалды кремний құрылымына әсері.....	56
Бажиков К.Т., Касимов А.О., Усембаева С.А., Толепбергенова Г. Сымсыз сенсорлы желілер.....	61
Бақтыбаев К., Дәлелханқызы А., Бақтыбаев М.К. Күшті байлансақан каналдар әдісі және альфа бөлшектердің Ne, Mg ядроларының жұп изотоптарында шашырауы.....	66
Иманбаев Н.С. Дирихле есебі тектес біртекті шеттік шарттармен берілген Коши-Риман операторының меншікті мәндерін зерттеуге берілген есеп туралы.....	73
Қожамқұлова Ж.Ж., Қойишиева Т.К., Нүсіпбекова А.Н., Ибадуллаева А. Ақпараттық технологиялардың қарқынды дамуы жағдайында болашақ мұғалімдерді кәсіби дайындауды жетілдіру.....	78
Бакирова Э.А., Исақова Н.Б., Армия Т. Екінші ретті жәй дифференциалдық теңдеу үшін сызықты шеттік есебінің шешілімділігі.....	83
Сұраған Д. Ньютон потенциалының екінші сипаттық саны жайында.....	89
Бажиков К.Т., Құрмансейіт М., Абеннова А., Серік А. Кеуекті кремнийдің фотолюминесценциялық қасиеттері.....	94
Асқарова А.С., Бөлегенова С.А., Березовская И.Э., Шортанбаева Ж.К., Максұтханова А.М., Оспанова Ш.С., Мұқашева Г.К., Ергалиева А.Б. Өртүрлі бүрку жылдамдықтарындағы сұйық отынның бүрку және жануын компьютерлік модельдеу.....	98
Құсайынов А.С., Құсайынов С.Г., Тұрмағанбет Г.Б., Саматқызы Н. Бір параллель алгоритмдегі уақыттық қатардың Херст экспонентасының және фракталды өлшемділігінің мәндерін бағалау.....	104
Жанабаев З.Ж., Қожағұлов Е.Т., Жексебай Д.М. Программаланатын интегралды схемада нейрондық тордың электронды моделі.....	110
Сергеев Д.М., Кузьмичев С.А., Аймағанбетова З.К., Шункеев К.Ш. Жоғары мөлдірлік режимінде 60-100 meV энергия диапазонында әлсіз ауытқыған реттелу параметрлі асқын өткізгіштер негізіндегі баллистикалық контактілер динамикалық өткізгіштігін модельдеу.....	116
Мазақова Б.М., Жақыпов А.Т., Жұмаханова А.С. Биоинформатикалық модельдеу негізінде гомологиялық нуклеотидті тізбектерді іздеу.....	124
Такибаев Н.Ж., Такибаева М.Н., Курманғалиева В.О., Насирова Д.М. Нейтрондық жұлдыздардың қабықшаларындағы асатығыз кристаллдардағы физикалық процесстер.....	129
Гусманова Ф.Р., Алтыбай А., Сақыпбекова М.Ж. Сызықтық емес дроссельдік жетектің т-басқарылуы.....	136
Абдықадыров Б.К., Такибаев Н.Ж. CsPbI ₃ және RbPbI ₃ галогенид перовскиттердің тыйым салынған зона енін ab initio есептеу.....	142
Асқарова Э.С., Бөлегенова С.А., Бөлегенова С.А., Фабитова З.Х., Максимов В.Ю., Ергалиева А.Б. Алматы ЖЭО-3 БКЗ-160 қазандығының жану камерасындағы жану процесінің жылулық сипаттамаларына шаңкөмірлі отынның дисперстілігінің әсерін зерттеу.....	147