

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ _____

_____ **ВЕСТНИК КазННТУ**

VESTNIK KazNRTU _____

№ 1 (131)

Главный редактор
И. К. Бейсембетов – ректор

Зам. главного редактора
Б.К. Кенжалиев – проректор по науке

Отв. секретарь
Н.Ф. Федосенко

Редакционная коллегия:

З.С. Абишева- акад. НАН РК, Л.Б. Атымтаева, Ж.Ж. Байгунчечков- акад. НАН РК, А.Б. Байбатша, А.О. Байконурова, В.И. Волчихин (Россия), К. Дребенштед (Германия), Г.Ж. Жолтаев, Г.Ж. Елигбаева, Р.М. Исаков, С.Е. Кудайбергенов, Б.У. Куспангалиев, С.Е. Кумеков, В.А. Луганов, С.С. Набойченко – член-корр. РАН, И.Г. Милев (Германия), С. Пежовник (Словения), Б.Р. Ракишев – акад. НАН РК, М.Б. Панфилов (Франция), Н.Т. Сайлаубеков, А.Р. Сейткулов, Фатхи Хабаши (Канада), Бражендра Мишра (США), Корби Андерсон (США), В.А. Гольцев (Россия), В. Ю. Коровин (Украина), М.Г. Мустафин (Россия), Фан Хуаан (Швеция), Х.П. Цинке (Германия), Е.М. Шайхутдинов-акад. НАН РК, Т.А. Чепуштанова

Учредитель:

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Регистрация:

Министерство культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан № 951 – Ж “25” 11. 1999 г.

Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год

Адрес редакции:

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22,
каб. 609, тел. 292-63-46
Nina.Fedorovna.52@mail.ru

to the Committee on State Energy Supervision, consumes about 45% of the total energy generated in the country. A successful solution to the problem of efficient energy use, among other things, depends on the process of further improving the regulatory framework of the construction sector in order to harmonize it with the EPBD standards (Directive 2010/31/EC on energy efficiency of buildings), which are largely free from the inherent flaws in building regulations of our country.

Key words: energy saving, energy efficiency, regulatory framework, energy intensity, energy efficient buildings, energy audit and certification

ӘОЖ 517.977.55

Z.N. Murzabekov, G.A. Mirzakhmedova
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty Kazakhstan,
murzabekov-zein@mail.ru, gulbanu.myrzahmedova@gmail.com)

Abstract. The optimal stabilization problem is considered for one class of nonlinear systems, whose coefficients depend on the state of the control object. Nonlinear management based on the feedback principle has been identified, taking into account the restriction on the system's status and current-time management. The results obtained for non-linear systems are used to create control parameters for the three-sector economic clusters in the infinite time interval.

Keywords: effective management accounting, three-sector economic cluster, Lagrange multipliers method, non-linear systems, quadratic functional.

З.Н. Мурзабеков, Г.А. Мирзахмедова
(Әл – Ғараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы, Қазақстан Республикасы)
E-mail: murzabekov-zein@mail.ru, gulbanu.myrzahmedova@gmail.com)

ЭКОНОМИКАЛЫҚ КЛАСТЕР МОДЕЛІНІҢ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ЖҮЙЕСІН ОҢТАЙЛЫ ТҰРАҚТАНДЫРУ ЕСЕБІ

Аннотация. Бұл мақалада коэффициенттері басқару объектісінің қалып күйінен тәуелді болатын сызықты емес жүйелердің бір класы үшін оңтайлы тұрақтандыру есебі қарастырылады. Жүйенің қалып – күйінен және ағымдағы уақыттан тәуелді басқаруға қойылған шектеулерді ескере отырып кері байланыс қағидасына негізделген сызықты емес басқару анықталды. Сызықты емес жүйелер үшін алынған нәтижелер уақыттың шексіз интервалындағы үш секторлы экономикалық кластерлер үшін басқару параметрлерін құру барысында қолданылады.

Кілттік сөздер: тиімді басқару есебі, үш секторлы экономикалық кластер, Лагранж көбейткіштер әдісі, сызықты емес жүйелер, квадраттық функционал.

Кіріспе. Басқару теориясында сызықты емес басқаруды тұрақтандыру есебін және сызықты емес жүйелердегі орнықтылықты зерттеу проблемасына аса назар аударылады. Соңғы жылдары сызықты емес жүйелерді басқарудың коэффициенттері жүйенің қалып – күйінен тәуелді болатын Риккати теңдеуін қолдануға негізделген жаңа алгоритмдер пайда болды. Параметрлері жүйенің қалып – күйінен тәуелді сызықты емес жүйелерді сызықты құрылымды жүйе түрінде бейнелеудің әртексілігі және Риккати теңдеуінің шешімін анықтаудың әмбебап алгоритмдерінің жоқтығы көптеген мүмкін болатын субоптималды шешімдердің туындауына алып келеді. Техникалық және экономикалық жүйелерде бейсызықтылықтың көптеген типтері бар болғандықтан кері байланысты басқару заңдылықтарын құрудың әртүрлі тәсілдері пайда болады [1]-[4].

Практикада экономикалық жүйелерге арналған коэффициенттері басқару объектісінің қалып – күйінен тәуелді болатын сызықты емес жүйе болып табылатын көптеген тиімді басқару есептері жиі кездеседі [5,6].

Бұл мақалада коэффициенттері басқару объектісінің қалып – күйінен тәуелді болатын сызықты емес жүйелердің бір класына арналған тиімді тұрақтандыру есебі қарастырылады. Ізделінді басқаруды тиімділіктің жеткілікті шартына негізделген сызықты емес жүйенің қалып – күйінен және уақыттан тәуелді тұрақтандырушы басқару түрінде бейнелеу тәсілдерін қолдану ұсынылады. Сонымен қатар, бұл әдіс басқаруға қойылған шектеулерді ескеруге мүмкіндік береді. Сызықты емес жүйелер үшін алынған нәтижелер уақыттың шексіз интервалында үшсекторлы экономикалық кластерлерге арналған басқарушы параметрлерін құру барысында қолданылады.

Кластердің үшсекторлы экономикалық моделі. Үш сектордан тұратын кластердің экономикалық моделіне арналған тиімді басқару есебін қарастырамыз: $i = 0$ (материалды сектор), $i = 1$ (фондқұрушы

сектор), $i = 2$ (қолданушы секторы). Әрбір секторда өзіндік біріктірілген өнімдер өндіріледі деп болжамдалады: материалды секторда – еңбек заттары (жанармай, электрэнергиясы, шикізаттар және т.с.с. материалдар); фондқұрушы секторда - еңбек құралдары (машина, жабдықтамалар, өндірістік ғимараттар, құрылыстар және т.б.); қолданушы секторында – қолдану құралдарын өндіріледі.

Қарастырылып отырған математикалық модель[5]:

а. Кобба – Дуглас типіндегі салыстырмалы өнім функциясынан

$$x_i = \theta_i A_i k_i^{\alpha_i}, \quad A_i > 0, \quad 0 < \alpha_i < 1, \quad (i = 0, 1, 2), \quad (1)$$

б. Қормен жабдықтандыру динамикасын сипаттайтын үш дифференциалды теңдеуден:

$$\dot{k}_i = -\lambda_i k_i + (s_i / \theta_i) x_i, \quad k_i(0) = k_i^0, \quad \lambda_i > 0, \quad (i = 0, 1, 2), \quad (2)$$

в. Үш баланстық қатынастан

$$s_0 + s_1 + s_2 = 1, \quad s_0 \geq 0, \quad s_1 \geq 0, \quad s_2 \geq 0, \quad (3)$$

$$\theta_0 + \theta_1 + \theta_2 = 1, \quad \theta_0 \geq 0, \quad \theta_1 \geq 0, \quad \theta_2 \geq 0, \quad (4)$$

$$(1 - \beta_0) x_0 = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2, \quad \beta_0 \geq 0, \quad \beta_1 \geq 0, \quad \beta_2 \geq 0. \quad (5)$$

тұрады.

Бұл жерде экономикалық жүйенің қалып – күйі (қормен жабдықтандыру) (k_0, k_1, k_2) векторымен, ал $(s_0, s_1, s_2, \theta_0, \theta_1, \theta_2)$ - басқару векторлары $((s_0, s_1, s_2)$ - инвестициялық ресурстарды үлестірудегі секторлардың үлесі, $(\theta_0, \theta_1, \theta_2)$ - еңбек ресурстарын үлестірудегі секторлардың үлесі) сипатталған; x_i – өнімнің салыстырмалы (бір жұмысшыға есептегендегі i -ші сектордағы шығарылатын өнімнің саны) шығарылымы; β_i – i -ші сектордағы өнімді шығару барысындағы тікелей материалды шығындар; $i = 0, 1, 2$. Жүйенің бастапқы қалып - күйі (k_0^0, k_1^0, k_2^0) тең, мұндағы $k_i^0 = k_i(0)$ – $t = 0$ болғандағы i -ші сектордың қормен жабдықталуы ($i = 0, 1, 2$).

Тиімді тұрақтандыру есебінің қойылымы. Коэффициенттері басқару объектісінің қалып – күйінен тәуелді болатын сызықты емес жүйелердің бір класына арналған тиімді тұрақтандыру есебін қарастырамыз. Сызықты емес жүйелерді шексіз $[0, \infty)$ уақыт интервалында берілген бастапқы күйінен (k_0^s, k_1^s, k_2^s) қалауымыздағы күйге (k_0^s, k_1^s, k_2^s) айналдыру есебі қарастырылады. Қалауымыздағы қалып – күй (k_0^s, k_1^s, k_2^s) ретінде жүйенің тепе – теңдік жағдайы таңдалады:

$$k_1^s = \left(\frac{s_1 A_1}{\lambda_1} \right)^{\frac{1}{1-\alpha_1}}, \quad k_0^s = \frac{s_0 \theta_1 A_1 (k_1^s)^{\alpha_1}}{\lambda_0 \theta_0}, \quad k_2^s = \frac{s_2 \theta_1 A_1 (k_1^s)^{\alpha_1}}{\lambda_2 \theta_2}.$$

Тепе – теңдік жағдайында жүйені қормен жабдықтандыру шамасы k_i^s ($i = 0, 1, 2$) [7] – жұмыста $(s_0^s, s_1^s, s_2^s, \theta_0^s, \theta_1^s, \theta_2^s)$ анықталған мәндер үшін басқарудан тәуелді болады.

(2) жүйені басқару объектісінің математикалық моделін төмендегі белгілеулерді қолдана отырып:

$$y_1 = k_1 - k_1^s, \quad y_2 = k_2 - k_2^s, \quad y_3 = k_0 - k_0^s,$$

$$u_1 = s_1 - v_1^s, \quad u_2 = s_2 \theta_1 / \theta_2 - v_2^s, \quad u_3 = s_0 \theta_1 / \theta_0 - v_3^s,$$

$$v_1^s = s_1^s, \quad s_2^s \theta_1^s / \theta_2^s = v_2^s, \quad s_0^s \theta_1^s / \theta_0^s = v_3^s,$$

$$f_1(y_1) = (y_1 + k_1^s)^{\alpha_1}, \quad f_2(y_2) = (y_2 + k_2^s)^{\alpha_2}, \quad f_3(y_3) = (y_3 + k_0^s)^{\alpha_0},$$

$$A = \begin{pmatrix} -\lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & -\lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & -\lambda_0 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & A_1 & 0 \\ 0 & 0 & A_1 \end{pmatrix},$$

$$D(y) = \begin{pmatrix} (y_1 + k_1^s)^{\alpha_1} & 0 & 0 \\ 0 & (y_1 + k_1^s)^{\alpha_1} & 0 \\ 0 & 0 & (y_1 + k_1^s)^{\alpha_1} \end{pmatrix}, \quad D(k^s) = \begin{pmatrix} (k_1^s)^{\alpha_1} & 0 & 0 \\ 0 & (k_1^s)^{\alpha_1} & 0 \\ 0 & 0 & (k_1^s)^{\alpha_1} \end{pmatrix}.$$

$$Ak^s + BD(k^s)v^s = 0.$$

векторлы формадағы дифференциалды теңдеулер жүйесі түрінде жазамыз:

$$\dot{y}(t) = Ay(t) + BD(y)u(t) + B(D(y) - D(k^s))v^s, \quad y(t_0) = y_0, \quad t \in [t_0, \infty). \quad (6)$$

Мұндағы $y = (y_1, y_2, y_3)^*$ объектінің қалып күй векторын, ал $u = (u_1, u_2, u_3)^*$ басқару векторын білдіреді. $u = (u_1, u_2, u_3)^*$ басқару векторының компоненттері екі жақты шектеулерді қанағаттандырады

$$u(t) \in U(t) = \{u \mid \gamma_1(t) \leq u(t) \leq \gamma_2(t), t \in [t_0, \infty); \gamma_1, \gamma_2 \in C[t_0, \infty)\}. \quad (7)$$

(6) жүйе басқарымды деп жорамалдайық. A, B матрицалары басқарымдылық шартын қанағаттандырады, яғни $\text{rang}[B, AB, \dots, A^{n-1}B] = n$ шарты орындалады. Сызықты емес жүйелерге арналған басқарымдылық критеріі Дж. Кламке [8] жұмысында алынғанын, сызықты емес жүйелерді орнықтылыққа зерттеу А.П. Афанасьев және т.б. [1] және С.М. Лобанов және т.б. [2] жұмыстарында орындалғанын атап кеткен жөн. М.Г. Дмитриев және т.б. [3] шексіз уақыт интервалында коэффициенттері басқару объектісінің қалып – күйінен тәуелді болатын сызықты емес жүйелердің бір класына арналған тиімді тұрақтандыру есебін зерттеген. В.Н. Афанасьев және П.В. Орлов [4] бастапқы жүйені сызықты бөліктен және сызықты емес кері байланыстан тұратын жүйе ретінде түрлендіретін координатты бейнелері бар (диффеоморфизм) сызықты емес жүйелер класын қарастырған. [9,10] жұмыста техникалық жүйелерге және экономикалық кластерлердің сызықтандырылған жүйелеріне арналған Лагранж көбейткіші қолданылған тиімді басару есебі қарастырылған.

$\Delta(t_0)$ арқылы (6) жүйедегі сәйкес $y(t, u)$ траекторияларын және $u(t) \in U(t), t \in [t_0, \infty)$ шартын қанағаттандыратын барлық мүмкін болатын басқару жиындарын белгілейік.

$\Delta(t_0)$ жиынында объектінің қалып – күйінен және басқарудан тәуелді болатын функционал берілсін:

$$J(u) = \frac{1}{2} \int_{t_0}^{\infty} [y^*(t)Q(y)y(t) + (u(t) + (E - D^{-1}(y)D(k^s))v^s)^* R(u(t) + (E - D^{-1}(y)D(k^s))v^s)] dt, \quad (8)$$

мұндағы $Q(y) = KBD(y)R^{-1}D^*(y)B^*K - KBD(k^s)R^{-1}D^*(k^s)B^*K + Q_1$ – жартылай он анықталған матрица, ал $R, D(y)$ – оң анықталған матрицалар.

$[t_0, \infty)$ уақыт интервалында (6)-шы жүйені бастапқы $y(t_0) = y_0$ қалып күйінен $y(\infty) = 0$ қалауымыздағы тепе – теңдік қалпына келтіретін және (7) екі жақты шектеулерді қанағаттандыратын, сонымен бірге (8) функционалды минимумдайтын қалыптандырушы $u(y, t)$ басқаруды табу қажет.

(6) – (8) тиімді басқару есебі үшін тұйық жүйедегі тепе – теңдік жағдайы Ляпунов бойынша асимптотикалық орнықты болатын және құрылған басқару тиімді болатындай критерий құратын $u(y, t)$ басқару ізделінеді. Ол үшін [9] арнайы түрдегі Лагранж көбейткіштерін қолдануға негізделген әдіс пайдаланылған.

Онтайлы қалыптандыру есебін шешу. Қойылған есептің шешімін анықтау үшін (8)-шы функционалға (6)-шы дифференциалды теңдеулер жүйесін $\lambda = K(t)u$ көбейткішімен бірге сонымен қатар келесі өрнекті

$$\lambda_1^*(t)[\gamma_1 - u(t)] + \lambda_2^*(t)[u(t) - \gamma_2],$$

қосамыз, мұндағы $\lambda_1(t) \geq 0, \lambda_2(t) \geq 0$. Нәтижесінде төмендегідей функционалды аламыз:

$$\begin{aligned} L(y, u) = & \int_{t_0}^{\infty} \left\{ \frac{1}{2} y^* Q(y) y + \frac{1}{2} (u(t) + (E - D^{-1}(y)D(k^s))v^s)^* R(t)(u(t) + \right. \\ & \left. (E - D^{-1}(y)D(k^s))v^s) + (K(t)y)^* (Ay + BD(y)u(t) + B(D(y) - D(k^s))v^s - \dot{y}) + \right. \\ & \left. + \lambda_1^*(t)[\gamma_1 - u(t)] + \lambda_2^*(t)[u(t) - \gamma_2] \right\} dt, \end{aligned} \quad (9)$$

мұндағы $K(t)$ – симметриялы оң анықталған матрица.

Келесі функцияны қарастырайық:

$$V(y, t) = \frac{1}{2} y^* K(t) y, \quad \frac{\partial V}{\partial y} = K(t) y, \quad (10)$$

$$\begin{aligned} M(y, u, t) = & \frac{1}{2} y^* (Q(y) + \dot{K}(t)) y + \frac{1}{2} (u(t) + (E - D^{-1}(y) D(k^s)) v^s)^* R(u(t) + \\ & + (E - D^{-1}(y) D(k^s)) v^s) + (K(t) y)^* (A y + B D(y) u(t) + B (D(y) - D(k^s)) v^s) + \\ & + \lambda_1^*(t) [\gamma_1 - u(t)] + \lambda_2^*(t) [u(t) - \gamma_2]. \end{aligned} \quad (11)$$

Олай болса (9) функционал келесідей түрге ие болады

$$L(y, u) = V(y_0, t_0) + \int_{t_0}^{\infty} M(y, u, t) dt. \quad (12)$$

Ізделінді басқару төмендегі

$$R(u(t) + (E - D^{-1}(y) D(k^s)) v^s) = -D^*(y) B^* K(t) y + (\lambda_1 - \lambda_2), \quad (13)$$

қатынасынан анықталады, мұндағы $K(t)$ матрицасы $t \in [t_0, \infty]$ интервалында төмендегі дифференциалды теңдеуді қанағаттандырады:

$$\dot{K} + K A + A^* K - K B D(k^s) R^{-1} D^*(k^s) B^* K + Q_1 = 0, \quad K(t_0) = K_0, \quad (14)$$

(14) теңдеудің шешімі бар болсын, олай болса жүйенің қозғалыс заңдылығын анықтайтын дифференциалды теңдеу келесі түрде сипатталады:

$$\dot{y} = A_1(y, t) y(t) + B D(y) \varphi(y, t), \quad y(t_0) = y_0. \quad (15)$$

Бұл жерде келесідей белгілеулер қолданылған:

$$\begin{aligned} A_1(y, t) = & A - B D(y) R^{-1} D^*(y) B^* K(t), \quad \varphi(y, t) = R^{-1} [\lambda_1(y, t) - \lambda_2(y, t)], \\ \lambda_1(y, t) = & R \max \{0; \gamma_1 - \omega(y, t)\} \geq 0, \\ \lambda_2(y, t) = & R \max \{0; \omega(y, t) - \gamma_2\} \geq 0, \\ \omega(y, t) = & -(E - D^{-1}(y) D_s) v_s - R^{-1} D^*(y) B^* K(t) y. \end{aligned} \quad (16)$$

(16) – өрнектегі $\lambda_1(t) \geq 0$, $\lambda_2(t) \geq 0$ көбейткіштерін таңдау біртұтастық шартын қамтамасыз ететінін атап өтейік.

$$\lambda_1^*(t) [\gamma_1 - u(t)] = 0, \quad \lambda_2^*(t) [u(t) - \gamma_2] = 0.$$

(6)-(8) есебі арқылы берілген тиімді басқару есебі үшін орнатылған нәтижелерді келесі тұжырым ретінде сипаттаймыз.

Теорема. $[t_0, \infty)$ интервалында $Q(y)$ - жартылай оң анықталған матрица, ал $R(t)$, $D(y)$ – оң анықталған матрица болсын. (6)-шы жүйе t_0 уақытында басқарымды деп тұжырымдайық. Олай болса (6)-(8) есебіндегі $(y(t), u(t))$ жұбының тиімділігі үшін төмендегі шарттардың орындалуы жеткілікті:

1) $y(t)$ траекториясы

$$\dot{y} = A_1(y, t) y(t) + B D(y) \varphi(y, t), \quad y(t_0) = y_0 \quad (17)$$

дифференциалды теңдеуін қанағаттандырады;

2) $u(t)$ басқаруы келесі түрде анықталады:

$$u(y, t) = \omega(y, t) + \varphi(y, t). \quad (18)$$

$K(t)$ матрицасы (14) дифференциалды теңдеуді қанағаттандырады, (7) есебіндегі басқару шарттарының орындалуын қамтамасыз ететіндей етіп $\varphi(y(t), t)$ вектор – функциясы (16) формуласы арқылы анықталады.

Онтайлы тұрақтандыру есебін шешу алгоритмі. (6)-(8) тиімді басқару есебін шешу алгоритмін компьютерде өңдеуге ыңғайлы түрде сипаттаймыз.

1. (14)– дифференциалды теңдеулер жүйесін $[t_0, \infty)$ интервалында $K(t_0) = K_0$ шартымен $K(t)$ матрицасын анықтау үшін интегралдаймыз.

2. (17)– дифференциалды теңдеулер жүйесін $[t_0, \infty)$ интервалында $y(t_0) = y_0$ бастапқы шартымен интегралдаймыз. (17) жүйесін интегралдау барысында $y(t)$ тиімді траектория және $u(t)$ тиімді басқару графигін баспаға шығаруы тиіс.

3. $y(t)$ жүйенің қалып – күйі және $u(t)$ тиімді басқару анықталсын делік, олай болса

$$f_i(y_i) = (y_i + k_i^e)^\alpha,$$

$$v = \frac{\beta_1 A_1 f_1(y_1) + \beta_2 A_2 f_2(y_2)(1 - u_1 - v_1^e)/(u_2 + v_2^e)}{(1 - \beta_0) A_0 f_3(y_3)(1 - u_1 - v_1^e)/(u_3 + v_3^e) + \beta_2 A_2 f_2(y_2)(1 - u_1 - v_1^e)/(u_2 + v_2^e)} \quad (19)$$

өрнегі (5) шартының орындалуын қамтамасыз етеді;

$$s_1 = u_1 + v_1^e, \quad s_2 = (1 - v)(1 - u_1 - v_1^e), \quad s_0 = v(1 - u_1 - v_1^e) \quad (20)$$

теңдеулер жүйесі (3) шартының орындалуын қамтамасыз етеді;

$$\theta_1 = \frac{1}{1 + s_0/(u_3 + v_3^e) + s_2/(u_2 + v_2^e)}, \quad \theta_2 = \frac{(1 - v)(1 - s_1)\theta_1}{(u_2 + v_2^e)}, \quad \theta_0 = \frac{v(1 - s_1)\theta_1}{(u_3 + v_3^e)} \quad (16)$$

теңдеулер жүйесі (4) шартының орындалуын қамтамасыз етеді.

Мысал. Келесі параметрлік шамаларды (1-кесте) қолдану арқылы компьютерде сандық нәтижелер алынды:

Тиімді басқару есебі келесі түрде өрнектелген

$$y(t_0) = (-700, -300, 300)^*, \quad (29)$$

жүйенің қалып күйінің бастапқы $y(t_0)$ шамасы үшін шығарылады. Ал R , Q_1 , K_T матрицалары келесі түрде өрнектеледі:

$$R = \begin{pmatrix} 8100^{-1} & 0 & 0 \\ 0 & 1600^{-1} & 0 \\ 0 & 0 & 1250^{-1} \end{pmatrix}, \quad Q_1 = \begin{pmatrix} 700^{-2} & 0 & 0 \\ 0 & 300^{-2} & 0 \\ 0 & 0 & 300^{-2} \end{pmatrix},$$

$$K_T = \begin{pmatrix} 0.08 * 10^{-4} & 0 & 0 \\ 0 & 0.47 * 10^{-4} & 0 \\ 0 & 0 & 0.51 * 10^{-4} \end{pmatrix}$$

Жүйенің қалып – күйін көрсететін сандық нәтижелер 1(а) суретінде көрсетілген. 1(б) суретінен тиімді басқару анықталған шектеулер арқылы U облысының шекарасынан аспайтыны көрініп тұр. Қарастырылып отырған мысал үшін шектеулер келесі түрде берілген:

$$-0.3476 \leq u_1 \leq 0.4524, \quad -0.1024 \leq u_2 \leq 0.6976, \quad -0.0794 \leq u_3 \leq 0.7205. \quad (38)$$

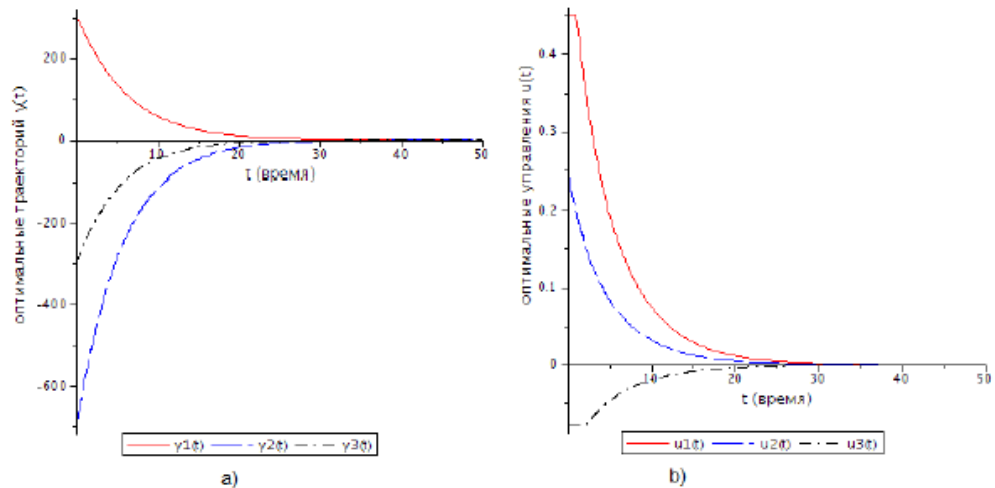
Мұнда $u_1(t)$ басқару компоненттері $[0, t_1]$ уақыт аралығында U облысының шекарасында жатады, содан соң $t \in (t_1, \infty)$ болғанда U облысының ішінде жатады.

(19)-(21) формулаларын қолданып $(\theta_1(t), \theta_2(t), \theta_3(t))$ еңбек және $(s_1(t), s_2(t), s_3(t))$ инвестициялық ресурстарын тиімді үлестіру анықталды. 2-суретте (3)-(5) баланстық қатынасты қанағаттандыратын ресурстардың өзгерісі көрсетілген.

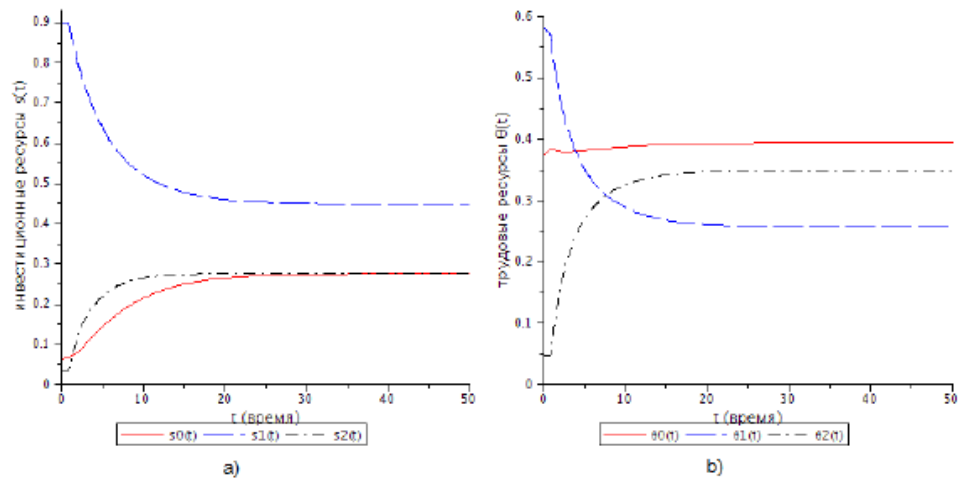
Қорытынды. Оңтайлы тұрақтандыру есебін шешу алгоритмі құрылды және Риккати теңдеуінің негізінде кері байланыс қағидасына негізделген сызықты емес басқару табылды. Ұсынылып отырған тәсілдің ерекшелігі бастапқы сызықты емес жүйені жүйенің қалып – күйінен тәуелді коэффициенттері және басқару бойынша сызықты түрге түрлендіру тәсіліне негізделген өте икемді тәсіл болып табылады. Сонымен қатар, құрылған басқару тиімді және тұйық жүйеде тепе – теңдік жағдайы Ляпунов бойынша асимптотикалық орнықты болады. (19)-(21) басқару параметрлері басқарудағы шектеулер орындалып, (3) – (5) теңдеулеріндегі баланстық қатынастар орындалатындай етіп таңдалды. Сызықты емес жүйелер үшін алынған нәтижелер үш секторлы экономикалық кластерлердің математикалық моделіне арналған басқару параметрлерін құру барысында қолданылады. Қарастырылып отырған мысал үшін баланстық қатынасты қанағаттандыратын еңбек және инвестициялық ресурстардың тиімді үлестірімі анықталды. 1 және 2 суреттерде берілген шектеулерді қанағаттандыратын жүйенің тиімді қалып – күй траекториясы және басқару көрсетілген.

1-кесте. Үшсекторлы экономикалық модель үшін параметрлер мәні

i	α_i	β_i	λ_i	A_i	s_i^*	θ_i^*	k_i^*
0	0.46	0.39	0.05	6.19	0.2763	0.3944	966.4430
1	0.68	0.29	0.05	1.35	0.4476	0.2562	2410.1455
2	0.49	0.52	0.05	2.71	0.2761	0.3494	1090.1238



1-сурет. Траектория $y(t)$ және тиімді басқару $u(t)$ графигі



2-сурет. (3)-(5) баланстық қатынас үшін еңбек және инвестициялық ресурстарының тиімді үлестірім графигі.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Афанасьев А.П., Дзюба С.М., Емельянова И.И. Оптимальное управление с обратной связью одним классом нелинейных систем по квадратичному критерию // Вестник ТГУ. – 2015. – № 20(5). – С. 1024-1033.
- [2] Лобанов С.М., Затылкин В. В., Малонга О. Ш. Построение оптимального управления одним классом нелинейных систем по квадратичному критерию // Вестник ВГУИТ. – 2012. – № 3. – С. 54-58.
- [3] Дмитриев М. Г., Макаров Д. А. Гладкий нелинейный регулятор в слабо нелинейной системе управления с коэффициентами, зависящими от состояния // Труды ИСА РАН. – 2014. – № 64(4). – С. 53-58.
- [4] Афанасьев В. Н., Орлов П. В. Субоптимальное управление нелинейным объектом, линеаризуемым обратной связью // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2011. – № 3. – С. 13-22.
- [5] Kolemeyev, V.A.: Economic-mathematical modeling (in Russian), UNITY, Moscow (2005).
- [6] Aseev, S. M., Besov, K. O., Kryazhinskiy, A.V.: Infinite-horizon optimal control problems in economics. Russian Math. Surveys 67(2), 195-253 (2012).
- [7] Мирзахмедова Г.А. Экономикалық модельдің тиімді стационарлы күйін іздеу есебін шешу // XLII Международная научно-практическая конференция на тему: «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика» в рамках реализации Послания Президента РК Н.Назарбаева «Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции». 2 том. – Алматы, 2018. – с.343-346.
- [8] Murzabekov Z., Milosz M. and Tussupova K. Modeling and optimization of the production cluster // Proceedings of 36th International Conference on Information Systems and Architecture and Technology – ISAT-2015 / Part II, Advances in Intelligent Systems and Computing. – Karpacz, 2016. – P. 99–108.
- [9] Мирзахмедова Г.А. Экономикалық кластерлерді басқару // Вестник КазНУ. -2018. -№3 - с.460-465
- [10] Klamka, J.: Constrained controllability of dynamics systems. International Journal of Applied Mathematics and Computer Science 9(2), 231-244 (1999).
- [11] Aiparov, Sh., Murzabekov, Z.: Analytical solution of a linear quadratic optimal control problem with control value constraints. Computer and Systems Sciences International 53(1), 84-91 (2014).
- [12] Мурзабеков З.Н., Айпанов Ш.А., Мирзахмедова Г.А. Конструирование ограниченного управления для одного класса нелинейных систем с коэффициентами, зависящими от состояния объекта управления // Международная конференция по дифференциальным уравнениям и динамическим системам. – Суздаль, 2018. – с. 149-150
- [13] Murzabekov, Z., Milosz, M. and Tussupova, K.: The optimal control problem with fixed-end trajectories for a three-sector economic model of a cluster. Intelligent Information and Database Systems, ACIIDS 2018, 382–391 (2018).
- [14] Мирзахмедова Г.А. Сызықты емес динамикалық жүйелерге арналған тиімді басқару есептерін зерттеу // Вестник КазНУ. -2017. - №3 – с.29-534
- [15] Мирзахмедова Г.А. Динамикалық жүйелерге арналған тиімді басқарудың сызықты – квадраттық есебі // «Келіктегі инновациялық технологиялар: білім, ғылым, тәжірибе» атты конференция. 1 том. – Алматы, 2017. - 512 - 514 б.

Мурзабеков З.Н., Мирзахмедова Г.А.

Оптимальная стабилизация одной нелинейной системы экономической модели кластера

Резюме. Разработан алгоритм решения задачи оптимальной стабилизации и найдено нелинейное управление, основанное по принципу обратной связи на основе уравнений Риккати. Полученные результаты для нелинейных систем, используются при конструировании управляющих параметров для математической модели трехсекторного экономического кластера. Для рассматриваемого примера определены оптимальное распределение трудовых и инвестиционных ресурсов, которые удовлетворяют балансовым соотношениям.

Ключевые слова: задача оптимального управления, трехсекторный экономический кластер, метод множителей Лагранжа, нелинейная система, квадратичный функционал.

Murzabekov Z.N., Mirzakhmedova G.A.

Optimal stabilization of a nonlinear system of the economic model of a cluster

Summary. An algorithm for solving the problem of optimal stabilization is developed and nonlinear control based on the feedback principle based on the Riccati equations is found. The results obtained for nonlinear systems are used in the construction of control parameters for the mathematical model of a three-sector economic cluster. For the example considered, the optimal distribution of labor and investment resources that satisfy the balance ratios is determined.

Keywords: optimal control problem, three-sector economic cluster, Lagrange multiplier method, nonlinear system, quadratic functional.

СОДЕРЖАНИЕ

Науки о Земле

<i>Ахтаева Н.З., Нурмаханова А.С., Усен К., Жакыпбек Ы., Осмонали Б., Есеналиева М.Б., Молдабаева Э.Ф., Құрал А.Н.</i> ИЗУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО И КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ПОЧВ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	3
<i>Доненбаева Н.С., Нурпеисова М.Б., Кыргызбаева Г.М.</i> УПРАВЛЕНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ.....	7
<i>Қартбаева Қ., Нурпеисова М.Б.</i> РОЛЬ КОСМИЧЕСКОЙ ГЕОДЕЗИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ.....	12
<i>Құлбатырова Б.А., Темірхасов А.М., Ещанова А.К.</i> ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЮЖНО-ТОРГАЙСКОГО БАСЕЙНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКОГО И СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....	15
<i>Даулбаева А.Н.</i> ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДАЛЕННОСТИ АВТОДОРОГ.....	23
<i>Сатбаева Г.С., Тлеуберлина О.Б.</i> СТАНОВЛЕНИЕ ПРЕДМЕТА СОЦИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ СВЯЗИ.....	28
<i>Оразбаев А.Е., Танабекова Г.Б., Мұқанова Г.А., Воронова Н.В., Үмбетбеков А.Т.</i> СРЕДНЕГОДОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СУЛЬФАТОВ, ФОСФАТОВ И ХЛОРИДОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ Г. АЛМАТЫ ЗА 2015 И 2016 ГГ.....	33
<i>Мұқанова Г.А., Воронова Н.В., Үмбетбеков А.Т., Оразбаев А.Е., Сырымов Е.С.</i> ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БАСЕЙНА Р. ИЛИ.....	38
<i>Қашқымбаева Н.М.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ В КАЗАХСТАНЕ.....	44
<i>Қурбаниязов С.К., Буханцов А.Ф., Аймбетова И.О., Абдимуталип Н.А., Исмаилова Н.Г.</i> ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫЕ РАБОТЫ БАРИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИТКАЛГАН В ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ С ЦЕЛЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ БАРИТА В ЛАКОКРАСОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	46
<i>Мұқаев Ж.Т., Озгелдинова Ж.О., Искаков Ж.Н.</i> К ВОПРОСУ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ БАСЕЙНА ОЗЕРА АЛАКОЛЬ.....	55

Технические науки

<i>Баймбетов Д.А., Ускенбаева Р.К., Басири К.</i> АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ КОЛЛАБОРАТИВНЫХ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	60
<i>Гурьянов Г.А., Байсереев С.Р., Абдиев Б.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ РАЗРУШЕНИЯ ПО ВЫСОТЕ ЗАПОЛНЕНИЯ КАМЕРЫ МЕЛКОЩИМИ ШАРАМИ В ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯХ ВИБРАЦИОННОГО ТИПА.....	66
<i>Дүйсебекова К.С., Дузбаев Н.Т., Аманжолова С.Т.</i> АВТОМАТИЧЕСКИЙ СБОР ДАННЫХ ПО МОНИТОРИНГУ КЛИМАТИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕГИОНА.....	73
<i>Абдели Д.Ж., Оздоев С.М., Конторович А.Э., Тлеуберди Н.</i> ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫТЭСНЕНИЯ НЕФТИ АЗОТОМ В ПЛАСТЕ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ.....	81
<i>Аширбаев Н.К., Аширбаева Ж.Н., Иманбетова А.Б., Сабырханова П.Ш., Бейсебаева А.Ж.</i> ВЛИЯНИЕ РАЗРЫВА В ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ УПРУГОГО ТЕЛА.....	86
<i>Даушеева Н.Н., Тажимаева Б.Т.</i> ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕКСТОВОГО ПОИСКА НА ОСНОВЕ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ.....	91
<i>Нурсултанов Е.М., Айтқожаев А.З., Данлыбаева А.К.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА КОМПЛЕКСНОЙ СТАНДАРТИЗАЦИЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	95

<i>Әбдірахман М.Ш., Исбеков К.Б., Асылбекова А.С.</i>	
МОРФОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТИЛЯПИИ, ВЫРАЩЕННОЙ В УЗВ.....	100
<i>Ускенбаева Р.К., Алтаева А.Б.</i>	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МИКРОКЛИМАТНЫЙ КОНТРОЛЬ В УМНОМ ЗДАНИИ.....	105
<i>Ускенбаева Р.К., Алтаева А.Б., Омаров Б.С.</i>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ.....	110
<i>Ускенбаева Р.К., Сатыбалдиева Р.Ж., Бектемысова Г.У., Молдагулова А.Н., Айтим А.</i>	
ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В УНИВЕРСИТЕТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИМЕРА МУИТ.....	117
<i>Муслимов А.П., Шахенова Ж.Н., Нурпеисова Т.Б., Абдигалиева М.С.</i>	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЛЬНОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ НЕЖЕСТКИХ ВАЛОВ.....	123
<i>Шаханов А.Р., Ипалакова М.Т., Басири К.</i>	
МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА.....	127
<i>Кислицин С.Б., Диков А.С., Хромушин И.В., Ларионов А.С., Акаев С.О.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ГЕЛИЯ В КОНСТРУКЦИОННОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ, ИМПЛАНТИРОВАННОЙ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ АЛЬФА- ЧАСТИЦАМИ И ОБЛУЧЕННОЙ НЕЙТРОНАМИ В СРЕДЕ ГЕЛИЯ.....	132
<i>Оспанова Ш.С., Березовская И.Э., Нурмуханова А.З., Нұғыманова А.О., Карымсакова Л.</i>	
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ РАСПЫЛА ЖИДКОЙ СТРУИ ПРИ ВЫСОКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ.....	136
<i>Ниемтқабдылова Н.О., Сакиева З.Ж., Жолмырзаева Р.Н., Дабжанова С.Т.</i>	
ПОЛУЧЕНИЕ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ С ЗАДАННЫМ ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ И КОНСИСТЕНЦИЕЙ.....	142
<i>Шаритов Р.Ж., Алимова К.К.</i>	
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ.....	148
<i>Мурзабеков З.Н., Мирзахмедова Г.А.</i>	
ОПТИМАЛЬНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ ОДНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КЛАСТЕРА.....	152
<i>Отынчиева М., Сугирбекова А., Кожажельдина А., Бахтияр Б., Булатова А.</i>	
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В КАНАЛАХ ЗА ЭКРАННОГО ГАЗОХОДА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МАЛЫМ ВОДОГРЕЙНЫМ КОТЛАМ.....	159
<i>Баймаханов Р.Ш., Шалабаев Н.В., Бектемысова Г.У., Басири К.</i>	
ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В МЕБЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ.....	163
<i>Дәулетқали Ш. Т., Нұрлыбаев Т. А., Курос Басири</i>	
РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В БУДУЩЕМ.....	167
<i>Оспанова Ш.С., Нурмуханова А., Нұғыманова А.О., Рахат Б., Болосханқызы Б.</i>	
КАЧЕСТВО УСЛУГ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ И ПОРЯДОК ИХ СЕРТИФИКАЦИИ.....	170
<i>Жанқулова Л.К., Шорманов С.Т., Шакир М.К.</i>	
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ТРАВМАТИЗМА, НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ СО СМЕРТЕЛЬНЫМ ИСХОДОМ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ЗА 2012-2017ГГ.....	176
<i>Баймбетов Д.А., Ускенбаева Р.К.</i>	
ПЕРСОНАЛИЗАЦИЯ И ПРОФИЛИРОВАНИЕ – ВЕДУЩИЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ.....	181
<i>Кенесбаева А., Нурпеисова М.Б.</i>	
МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ.....	186
<i>Жетписбаева А. Т., Смайлов Н.К., Қусаинова К.Т., Таласбаева Ш.К.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОГОВОЙ МОЩНОСТИ НЕЛИНЕЙНОГО ЭФФЕКТА.....	191
<i>Абай Т., Аманбай М.Н., Шалбаев К.К.</i>	
ГЕНЕРАТОР ВОДОРОДА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА БЕНЗИНА И УМЕНЬШЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	195
<i>Исгиликowa М.Б., Манап К.Р., Серикқызы М.С., Уажанова Р.У.</i>	
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕРТИФИКАТОВ СООТВЕТСТВИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА АККРЕДИТАЦИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	199
<i>Умирбаева А.Б., Нурпеисова М.Б.</i>	
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА.....	203