

АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІНДЕГІ ҮЗБЕЛЕРДІҢ КЕРІ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕРІН ҚҰРУ ӘДІСІ

С. А. Құлмамиров, Б.А.Серімбетов*

Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті,
Астана, Қазақстан,
e-mail: sba_rnmc@mail.ru

Мақалада экспоненциалды функциялар негізінде сандық құрылғылардың шығысындағы дабылдарын сандық дифференциалдау алгоритмдері қарастырылған. Осы алгоритмдерге қойылған негізгі талаптар баяндалған. Басқару теориясында бұл алгоритмдермен кері сандық түрлендіру мәселесін шешуге болатыны көрсетілген. Авторлар жиілік аймақта интерполяциялық полиномдардың туындыларын бағалау негізінде жасаған зерттеулердің сандық дифференциалдау алгоритмдері көрсеткен қорытындылары баяндалған. Қарастырылған алгоритмдердің ең тиімді жақтары таңдалынған.

Кілт сөздері: Автоматты басқару теориясы, сандық дифференциалдау, Стирлинг полиномы, интерполяция, кері сандық түрлендіру, сандық түрлендіргіш

METHOD FOR CONSTRUCTING INVERSE DIFFERENTIAL EQUATIONS OF LINKS IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

S. A. Kulmamirov, B. A. Serimbetov*

K.Kulazhanov named Kazakh University of Technology and Business,
Astana, Kazakhstan,
e-mail: sba_rnmc@mail.ru

In article algorithms of numerical differentiation of output signals of digital devices in a time domain on the basis of exponential functions are considered. The main requirements to algorithms of numerical differentiation for the solution of a problem of the return digital transformation to management theories are formulated. Results of researches of authors of algorithms of numerical differentiation in frequency area on the basis of estimates of derivative interpolation polynomial are stated. The most effective is chosen for the solution of a problem of the return digital transformation algorithm of numerical differentiation.

Keywords: The theory of automatic control, numerical differentiation, polynomial of Stirlingia, interpolation, return digital transformation, digitizer

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ОБРАТНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ЗВЕНЬЕВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

С. А. Кульмамиров, Б. А. Серимбетов*

Казахский университет технологии и бизнеса имени К.Кулажанова,
Астана, Республика Казахстан,
e-mail: sba_rnmc@mail.ru

В статье рассмотрены алгоритмы численного дифференцирования выходных сигналов цифровых устройств во временной области на базе экспоненциальных функций. Сформулированы требования к алгоритмам численного дифференцирования для решения задачи обратного преобразования в теории управления. Изложены результаты исследований авторов при разработке алгоритмов численного дифференцирования в

частотной области на базе оценок производных интерполяционных полиномов. Выбран наиболее эффективный для решения задачи обратного преобразования алгоритм численного дифференцирования. Выявлена взаимосвязь между интервалом дискретизации и полосой пропускания алгоритмов, где они реализуют с достаточной для практики точностью дифференцирующие свойства.

Ключевые слова: Обратное цифровое преобразование, цифровой преобразователь, теория автоматического управления, численное дифференцирование, полином Стирлинга, интерполяция.

Кіріспе. Осы мақалада біз сандық құрылғылардың шығыс сигналдарын сандық саралау алгоритмдерін құру тәсілін қарастырамыз. Құрастырылған алгоритмдер уақыт аймағында ең қарапайым жұмыс істейді, алгоритмнің негізі автоматты басқару теориясындағы (АБТ) экспоненциалды функциялардың әртүрлі қосымшалары болып табылады.

Алгоритмді құру үшін динамикалық басқару жүйесінің буындарында тіркелген сигналдардың сандық дифференциациясының теңдеулеріне талаптар қойылады. Нәтижесінде АБТ қарапайым буындарының сигналдарын кері цифрлық түрлендіру мәселесін шешу жолы ұсынылды. Мақала авторлардың жүргізген зерттеулері ОЖ шығысында тіркелген сигналдарды сандық саралау міндеттерін тұжырымдауға және интерполяциялық көпмүшелердің туындыларымен жиілік аймағындағы жүйенің әре-

кетін бағалауға мүмкіндік берді [1-2].

Зерттеулер сонымен қатар жүйенің параметрлері арасындағы байланыстың болуын көрсетті: сигнал пішінін іріктеу аралығы және құрылған алгоритмнің өткізу қабілеттілігі. Алынған нәтижелер динамикалық басқару жүйесінің бастапқы шарттарына кіріс сигналын бағалаудың инварианттылығын қамтамасыз ететін сипатталған алгоритмнің қасиетін сипаттауға мүмкіндік берді. Бақыланатын сигналдардың туындыларын бағалау үшін интерполяциялық көпмүшелер қолданылды.

Материалдар мен әдістер. Стирлингтің интерполяциялық көпмүшесінің туындысының екі және үш бірінші терминдері бойынша сандық дифференциалдау алгоритмдерін қарастырыңыз [1], оларды келесідей жазуға болады:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\Delta y_0 + \Delta y_{-1}}{2} + \frac{\Delta^3 y_{-1} + \Delta^3 y_{-2}}{2 \cdot 3!} \right) = \frac{-y_2 + 8y_1 - 8y_{-1} + y_{-2}}{12\Delta t} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \hat{y}'(t_0) &= \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\Delta y_0 + \Delta y_{-1}}{2} + \frac{\Delta^3 y_{-1} + \Delta^3 y_{-2}}{2 \cdot 3!} + \frac{\Delta^5 y_{-2} + \Delta^5 y_{-3}}{60} \right) \\ &= \frac{y_3 - 9y_2 + 45y_1 - 45y_{-1} + 9y_{-2} - y_{-3}}{60\Delta t} \end{aligned} \quad (2)$$

Содан кейін (1) түрінде қайта жазуға болады:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\Delta y_0 + \Delta y_{-1}}{2} - \frac{\Delta^3 y_{-1} + \Delta^3 y_{-2}}{2 \cdot 3!} \right). \quad (3)$$

Өрнектің санаушының екінші қосындысын жеңілдетіңіз (3):

$$\Delta^3 y_{-1} + \Delta^3 y_{-2} = \Delta^2 y_0 - \Delta^2 y_{-1} + \Delta^2 y_{-1} - \Delta^2 y_{-2} = \Delta^2 y_0 - \Delta^2 y_{-2}. \quad (4)$$

Алғашқы айырмашылықтар арқылы оң жақ бөлігін (4) елестетіп көрейік:

$$\begin{aligned} \Delta^2 y_0 - \Delta^2 y_{-2} &= \Delta y_1 - \Delta y_0 - \Delta y_{-1} + \Delta y_{-2} = y_2 - y_1 - (y_1 - y_0) - \\ &\quad - (y_0 - y_{-1}) + (y_{-1} - y_{-2}) = y_2 - 2y_1 + 2y_{-1} - y_{-2} \end{aligned} \quad (5)$$

Алынған (5) нәтижені (3) өрнегіне ауыстырайық:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{y_1 - y_0 + y_0 - y_{-1}}{2} - \frac{y_2 - 2y_1 + 2y_{-1} - y_{-2}}{2 \cdot 3!} \right) = \frac{6y_1 - 6y_{-1} - y_2 + 2y_1 - 2y_{-1} + y_{-2}}{12\Delta t} = \frac{-y_2 + 8y_1 - 8y_{-1} + y_{-2}}{12\Delta t} \quad (6)$$

Енді өрнектің туындысын бағалауды қарастырыңыз (2):

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{\Delta y_0 + \Delta y_{-1}}{2} - \frac{\Delta^3 y_{-1} + \Delta^3 y_{-2}}{2 \cdot 3!} + \frac{\Delta^5 y_{-2} + \Delta^5 y_{-3}}{60} \right). \quad (7)$$

Үшінші қосындысының өрнектердің бесінші реттік айырмашылығы (7) келесіні құрайды

$$\{\Delta^5 y_{-2} = \Delta^4 y_{-1} - \Delta^4 y_{-2}\} \{\Delta^4 y_{-1} = \Delta^3 y_0 - \Delta^3 y_{-1}\} \{\Delta^3 y_0 = \Delta^2 y_1 - \Delta^2 y_0\} \{\Delta^2 y_1 = \Delta y_2 - \Delta y_1\} \quad (8)$$

Енді жүйенің соңғы теңдеуін (8) алдыңғы теңдеуге (7) тиісті уақыт нүктелеріне ауыстырайық:

$$\Delta^2 y_1 = y_3 - y_2 - (y_2 - y_1) = y_3 - 2y_2 + y_1. \quad (9)$$

Екінші ретті айырмашылықты $\Delta^2 y_0$ өрнегіндегі сәйкес (9) y индекстерді өзгерту арқылы $\Delta^2 y_1$ есептеуге болады :

$$\Delta^2 y_0 = y_2 - 2y_1 + y_0. \quad (10)$$

(6) және (7) өрнектерін жүйенің үшінші теңдеуіне (8) ауыстырайық:

$$\Delta^3 y_0 = (y_3 - 2y_2 + y_1) - (y_2 - 2y_1 + y_0) = y_3 - 3y_2 + 3y_1 - y_0. \quad (11)$$

Тапсырманы шешудің басқа жағдайын қарастырыңыз. Аргументтің мәні y_{-1} $\Delta^3 y_0$ дейін 3 реттік айырмашылықты есептеп, алынған өрнек пен (11) өрнекті жүйенің екінші теңдеуіне (8) ауыстырайық:

$$\Delta^4 y_{-1} = (y_3 - 3y_2 + 3y_1 - y_0) - (y_2 - 3y_1 + 3y_0 - y_{-1}) = y_3 - 4y_2 + 6y_1 - 4y_0 + y_{-1} \quad (12)$$

Содан кейін (10) ескере отырып, келесідей жазуға болады:

$$\Delta^4 y_{-2} = y_2 - 4y_1 + 6y_0 - 4y_{-1} + y_{-2}. \quad (13)$$

(10) және (11) өрнектерін жүйенің бірінші теңдеуіне (8) ауыстырайық:

$$\Delta^5 y_{-2} = (y_3 - 4y_2 + 6y_1 - 4y_0 + y_{-1}) - (y_2 - 4y_1 + 6y_0 - 4y_{-1} + y_{-2}) = y_3 - 5y_2 + 10y_1 - 10y_0 + 5y_{-1} - y_{-2} \quad (14)$$

y_{-3} аргумент үшін 5 реттік айырмашылық (14) өрнегінен келесідей анықталады:

$$\Delta^5 y_{-3} = y_2 - 5y_1 + 10y_0 - 10y_{-1} + 5y_{-2} - y_{-3}. \quad (15)$$

(14) және (15) өрнектерінің қосындысын қарастырыңыз:

$$\Delta^5 y_{-2} + \Delta^5 y_{-3} = y_3 - 5y_2 + 10y_1 - 10y_0 + 5y_{-1} - y_{-2} + y_2 - 5y_1 + 10y_0 - 10y_{-1} + 5y_{-2} - y_{-3} = y_3 - 4y_2 + 5y_1 - 5y_{-1} + 4y_{-2} - y_{-3} \quad (16)$$

(4) және (14) формулаларын ескере отырып (5) өрнегін қайта жазайық:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{-y_2 + 8y_1 - 8y_{-1} + y_{-2}}{12} + \frac{y_3 - 4y_2 + 5y_1 - 5y_{-1} + 4y_{-2} - y_{-3}}{60} \right). \quad (17)$$

Өрнектің оң жағын (17) ортақ бөлгішке келтірейік:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{-4y_2 + 40y_1 - 40y_{-1} + 5y_{-2} + y_3 - 4y_2 + 5y_1 - 5y_{-1} + 4y_{-2} - y_{-3}}{60} \right)$$

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{y_3 - 9y_2 + 45y_1 - 45y_{-1} + 9y_{-2} - y_{-3}}{60\Delta t}. \quad (18)$$

Енді Ньютонның интерполяциялық полиномының туындысын қарастырайық:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\Delta y_{-1} + \frac{1}{2}\Delta^2 y_{-2} + \frac{1}{3}\Delta^3 y_{-3} + \dots \right). \quad (19)$$

Өрнектің бірінші қосындысы (19):

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} (\Delta y_{-1}) = \frac{y_0 - y_{-1}}{\Delta t}. \quad (20)$$

Өрнек (20) - Ньютонның интерполяциялық полиномын туындысының бірінші терминін қолданатын сандық дифференциалдау алгоритмі [2]. Енді туынды бағалау үшін өрнектің алғашқы екі қосындысын алайық (19):

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\Delta y_{-1} + \frac{1}{2}\Delta^2 y_{-2} \right). \quad (21)$$

Екінші термин (21) сәйкес (10) келесідей жазылуы мүмкін:

$$\Delta^2 y_{-2} = y_0 - 2y_{-1} + y_{-2}. \quad (22)$$

(22) өрнегін (21) туынды бағасына ауыстырайық:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(y_0 - y_{-1} + \frac{y_0 - 2y_{-1} + y_{-2}}{2} \right) = \frac{2y_0 - 2y_{-1} + y_0 - 2y_{-1} + y_{-2}}{2\Delta t}$$

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{3y_0 - 4y_{-1} + y_{-2}}{2\Delta t}. \quad (23)$$

Ньютонның интерполяциялық полиномның туындысының үш шарты бойынша туындыны бағалау келесідей болады:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\Delta y_{-1} + \frac{1}{2}\Delta^2 y_{-2} + \frac{1}{3}\Delta^3 y_{-3} \right). \quad (24)$$

y_{-3} аргумент үшін үшінші ретті айырмашылықты тиісті индекстерді қолдана отырып (9) өрнектен алуға болады:

$$\Delta^3 y_{-3} = y_0 - 3y_{-1} + 3y_{-2} - y_{-3}. \quad (25)$$

(25) және (23) өрнектерді ескере отырып, туындыны бағалау (22) келесідей болады:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{3y_0 - 4y_{-1} + y_{-2}}{2} + \frac{y_0 - 3y_{-1} + 3y_{-2} - y_{-3}}{3} \right) =$$

$$\frac{9y_0 - 12y_{-1} + 3y_{-2} + 2y_0 - 6y_{-1} + 6y_{-2} - 2y_{-3}}{6\Delta t}$$

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{11y_0 - 18y_{-1} + 9y_{-2} - 2y_{-3}}{6\Delta t}. \quad (26)$$

Туындыны Бессель полиномының көмегімен де бағалауға болады [1]. Бессель интерполяциялық полиномының туындысы келесідей болады:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{1}{\Delta t} \left(\Delta y_0 - \frac{\Delta^2 y_0 + \Delta^2 y_{-1}}{4} + \frac{\Delta^3 y_{-1}}{12} - \dots \right). \quad (27)$$

Өрнектің (27) бірінші қосындысы туындыға келесідей баға береді:

$$\hat{y}'(t_0) = \frac{\Delta y_0}{\Delta t} = \frac{y_1 - y_0}{\Delta t}. \quad (28)$$

Өрнектің екінші қосындысын бағалайық (27):

$$\begin{aligned} \Delta^2 y_0 &= y_2 - 2y_1 + y_0 \\ \Delta^2 y_{-1} &= y_1 - 2y_0 + y_{-1} \end{aligned}$$

$$\Delta^2 y_0 + \Delta^2 y_{-1} = (y_2 - 2y_1 + y_0) + (y_1 - 2y_0 + y_{-1}) = y_2 - y_1 - y_0 + y_{-1}. \quad (29)$$

(29) өрнегін (27) ауыстырайық:

$$\begin{aligned} \hat{y}'(t_0) &= \frac{1}{\Delta t} \left(y_1 - y_0 - \frac{y_2 - y_1 - y_0 + y_{-1}}{4} \right) = \frac{4y_1 - 4y_0 - y_2 + y_1 + y_0 - y_{-1}}{4\Delta t} \\ \hat{y}'(t_0) &= \frac{-y_2 + 5y_1 - 3y_0 - y_{-1}}{4\Delta t}. \end{aligned} \quad (30)$$

(27) өрнектің үшінші қосындысы (11) сәйкес келесідей жазуға болады:

$$\Delta^3 y_{-1} = y_2 - 3y_1 + 3y_0 - y_{-1}. \quad (31)$$

Бессель интерполяциялық полиномының үш бірінші қосындысы бойынша туынды бағасын (31) және (32) ескере отырып есептеуге болады:

$$\begin{aligned} \hat{y}'(t_0) &= \frac{1}{\Delta t} \left(\frac{-y_2 + 5y_1 - 3y_0 - y_{-1}}{4} + \frac{y_2 - 3y_1 + 3y_0 - y_{-1}}{12} \right) = \\ &= \frac{-3y_2 + 15y_1 - 9y_0 - 3y_{-1} + y_2 - 3y_1 + 3y_0 - y_{-1}}{12\Delta t} \\ \hat{y}'(t_0) &= \frac{-2y_2 + 12y_1 - 6y_0 - 4y_{-1}}{12\Delta t}. \end{aligned} \quad (32)$$

Нәтижелер және талқылау. Алынған экспоненциалды функцияларға негізделген (32) сандық дифференциалдау алгоритмі сандық құрылғылардың кіріс сигналын қалпына келтіру есептерін шешуге жарамды [3-5].

Осындай алгоритм негізінде 1-ші және 2-ші ретті сандық құрылғылардың кері сандық түрлендіргіштерін алуға болады.

Тиісті типтік түрлендіргіштерді тізбектей қосу,

егер оның сипаттамалық теңдеуінің түбірлері белгілі болса, еркін ретті динамикалық жүйе үшін кері сандық түрлендіргішті жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Осындай типтік алгоритмдер негізінде құрылғының тасымалдау функциясының нөлдерін өтеу үшін кері сандық түрлендіру алгоритмдерін жасауға болады.

Ұсынылған типтік кері сандық түрлендіргіштер-

дің кемшілігі-олар бойынша алынған құрылғының кіріс сигналының бағалары біржақты емес. Кіріс сигналының бағалаудың орын ауыстыруы іріктеу аралығының шамасына байланысты [6,7].

Орын ауыстыруды жою үшін кіріс сигналының бағалаудың бастапқы шарттарына сәйкес келмейтін және инвариантты қамтамасыз ететін бірінші және екінші ретті кері цифрлық түрлендірудің өзгертілген алгоритмдерін шығаруға болады.

Әрі қарай, модификацияланған кері цифрлық түрлендіру алгоритмдерінің кедергіге қарсы талдауын жүргізу қажет. Мүмкін, бұл алгоритмдер Котельников теоремасы бойынша іріктеу аралығын таңдау арқылы құрылғының кірісіне қолданылатын жоғары жиілікті кедергі компоненттерінің әсерін азайту мүмкін. Құрылғының шығысында жұмыс істейтін кедергінің әсерін шығысқа қарапайым жылжымалы орташа процедура бойынша тегістеуді қолдану арқылы азайтуға болады [8-10].

Әдебиеттер

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. - М.: Наука. 1975. - 324 с.
2. Борисова И. Е. Алгоритмы численного дифференцирования, инвариантные к ненулевым начальным условиям. // Доклады международной конференции "Информационные средства и технологии" Международного форума информатизации МФИ-2000. - Т.3. - М.: Станкин, 2000. - стр. 99-102.
3. Борисова И. Е. Обратное цифровое преобразование для восстановления входной информации и идентификации. // Труды X международного научно-технического семинара "Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации", г. Алушта. - М.: Издательство МАИ, 2001. - стр. 108-109.
4. Гаврилова О.А., Гришин В.И., Колосов О.С., Кульмамиров С.А. АРМ РСС. // Тезисы доклада на III Польско-советской научно-технической конференции "Комплексная автоматизация промышленности". - ПНР, Вроцлав.- 1988.- стр.143-146.
5. Гаврилова О.А., Колосов О.С., Кульмамиров С.А. Автоматизация съема и обработки данных при испытаниях электромеханических систем. // Сборник трудов МЭИ, № 211. - М.: Издательство МЭИ.- 1989. - стр.48-62.
6. Колосов О.С., Кульмамиров С. А. Обратная цифровая фильтрация динамических науке, технике и обучении" Международного форума информации. - М.: Издательство МЭИ.- 1992.- стр. 24-26.
7. Колосов О.С. Экспериментальное определение суммы постоянных времени передаточной функции линейной системы. // Межвузовский сборник трудов, № 47. - М.: Издательство МЭИ, 1984. - стр.153-158.
8. Колосов О.С., Кульмамиров С.А. Автоматизация процесса исследования характеристик электромеханических систем управления. // Сборник трудов Казахского политехнического института. - Алма-Ата: КазПТИ.- 1987.- стр. 92-112.
9. Колосов О.С., Кульмамиров С.А. Автоматическое определение параметров АСУ ТП при наличии аддитивной помехи. // Тезисы докладов областной научно-технической конференции. - Павлодар.- 1987.-стр.23-26.
10. Кошоева Б.Б. Структуры и свойства алгоритмов численного дифференцирования реального времени. // Известия КГТУ им. И. Раззакова №24. Материалы Международной конференции «Информационные технологии и математическое моделирование в науке, технике и образовании». Кыргызстан, г.Бишкек, 5-9 октября 2011. - стр.48-54.

References

1. Besekerskiy V.A., Popov E.P. Teorija sistem avtomaticheskogo regulirovaniya. - M.: Nauka. 1975. - 324 s.
2. Borisova I. E. Algoritmy chislenного differencirovaniya, invariantnye k nenulevym nachal'nym usloviyam. // Doklady mezhdunarodnoj konferencii "Informacionnye sredstva i tehnologii" Mezhdunarodnogo foruma informatizacii MFI-2000. - T.3. - M.: Stankin, 2000. - str. 99-102.
3. Borisova I. E. Obratnoe cifrovoe preobrazovanie dlja vosstanovlenija vhodnoj informacii i identifikacii. //

Trudy H mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo seminaru "Sovremennye tehnologii v zadachah upravlenija, avtomatizacii i obrabotki informacii", g. Alushta. - M.: Izdatel'stvo MAI, 2001. - str. 108-109.

4. Gavrilova O.A., Grishin V.I., Kolosov O.S., Kul'mamirov S.A. ARM RSS. //Tezisy doklada na III Pol'sko-sovetskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii "Kompleksnaja avtomatizacija promyshlennosti". - PNR, Vroclav.- 1988.- str.143-146.

5. Gavrilova O.A., Kolosov O.S., Kul'mamirov S.A. Avtomatizacija s#ema i obrabotki dannyh pri ispytaniyah jelektromehaničeskikh sistem. //Sbornik trudov MJeI, № 211. - M.: Izdatel'stvo MJeI.- 1989. - str.48-62.

6. Kolosov O.S., Kul'mamirov S. A. Obratnaja cifrovaja fil'tracija dinamičeskikh nauke, tehnike i obuchenii" Mezhdunarodnogo foruma informacii. - M.: Izdatel'stvo MJeI.- 1992.- str. 24-26.

7.Kolosov O.S. Jeksperimental'noe opredelenie summy postojannyh vremeni peredatočnoj funkcii linejnoj sistemy. // Mezhvuzovskij sbornik trudov, № 47. - M.: Izdatel'stvo MJeI, 1984. - str.153-158.

8. Kolosov O.S., Kul'mamirov S.A. Avtomatizacija processa issledovanija harakteristik jelektromehaničeskikh sistem upravlenija. //Sbornik trudov Kazahskogo politehnicheskogo instituta. - Alma-Ata: KazPTI.- 1987.- str. 92-112.

9. Kolosov O.S., Kul'mamirov S.A. Avtomatičeskoe opredelenie parametrov ASU TP pri nalichii additivnoj pomehi. // Tezisy dokladov oblastnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii. - Pavlodar.- 1987.-str.23-26.

10. Koshoeva B.B. Struktury i svojstva algoritmov čislenno go differencirovanija real'nogo vremeni.//Izvestija KGTU im. I. Razzakova №24. Materialy Mezhdunarodnoj konferencii «Informacionnye tehnologii i matematičeskoe modelirovanie v nauke, tehnike i obrazovanii». Kyrgyzstan, g.Bishkek, 5-9 oktjabrja 2011. - str.48-54.

Авторлар туралы мәліметтер

Кульмамиров С.А. - т. ғ. к., қауым. проф., Халықаралық Ақпараттандыру Академиясының (ХАА) академигі, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: kulmamirov@mail.ru;

Серімбетов Б.А. - т. ғ. к., қауым. проф., Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті Астана, Қазақстан, e-mail: sba_rnmc@mail.ru.

Information about the authors

Kulmamirov S.A. - Candidate of Technical Sciences, ass.prof., Academician of the International Academy of Informatization (MAIN), K.Kulazhanov named Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: kulmamirov@mail.ru;

Serimbetov B. A. - Candidate of Technical Sciences, ass.prof. K.Kulazhanov named Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: sba_rnmc@mail.ru;