

ISSN 1680-080X

Регистрационный №1438-Ж
Основан в 2001 году

№2 (76) 2020
Выходит 4 раза в год

Ғылыми журнал

Қазақ бас сәулет-құрылыс академиясының
ХАБАРШЫСЫ



В Е С Т Н И К

Казахской головной архитектурно-строительной академии

Научный журнал



Бас редакторы
Ә.А. Құсайынов,
ҚазБСҚА президенті,
техника ғылымының
докторы, профессор

Главный редактор
А.А. Кусаинов,
президент КазГАСА,
доктор технических
наук, профессор

Әбдіразақ А.М., Қуандықова Д.Р. Система укрытий для игр на тайловой основе	285
Zhumadilova A.K., Madalievа E.B., Zhigitiva S.Z., Nuralieva A. Preparation of NPK fertilizers in laboratory conditions and its chemical analysis	290
Zhumadilova A. Characteristics of barrel «milk» and methods of its neutralization and disposal.....	295
Калыбекова Ж.А. Методологические проблемы преподавания математики в технических университетах	299
Кобенкулова Ж.Т., Рысбаева А.К. 3D визуализация – жоба шешімдерінің сапасын жақсартуға арналған заманауи технология	304
Қазыхан Р., Ташев А. Ақырлы элемент әдісінің негізгі түсінігі.....	308
Омаров А.Т., Онгенбаева Ж.Ж., Ибраева Ж.Б., Камал Р., Қойшыбай С. Восприятие студенчеством дистанционного обучения в период карантина на примере Международного университета информационных технологий.....	311
Такенова Ж.С. Некоторые аспекты внедрения инклюзивного образования в высших учебных заведениях.....	320
Тасболатұлы Н., Алимхан К., Дузбаев Т.Т. Сызықтық емес жүйелерді глобалды практикалық басқару мәселелері үшін бағдарламалық кешен құру.....	328
Ташимбетова А.Т., Секенова А.У., Ахметкалиева Г.А. Учет кластерной модели в уравнениях состояния газов	335

Н. Тасболатұлы^{1,2}, К. Алимхан³, Т.Т. Дузбаев^{1,2}

(¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті),

(²Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, ^{1,2}Алматы, Қазақстан)

(³Л.Н. Гумилёв атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан)

СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ЖҮЙЕЛЕРДІ ГЛОБАЛДЫ ПРАКТИКАЛЫҚ БАСҚАРУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ҮШІН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ КЕШЕН ҚҰРУ

Аннотация. Мақалада анықталмаған сызықтық емес жүйелерді күй кері байланыс жәрдемінде тұрақтандыру, басқару және бақылау есептерінің шешімін компьютерде моделдеу мәселелері қарастырылады. Сызықтық емес жүйелермен қоса, уақыты кешіккен сызықтық емес жүйелерді берілген тірек сигнал ізіне түсіру басқаруын табудың алгоритмі құрылып, компьютерде моделденеді. Сонымен қатар, қарастырылған есептерге негізінде құрылған бағдарламалық кешенге сипаттама беріледі.

Түйін сөздер: басқару теориясы, глобалды практикалық бақылау, кері байланыс әдісі, Ляпуновтың жүйелерді басқару әдістері, бағдарламалық кешен, Matlab GUI, Рунге-Кутта әдісі.

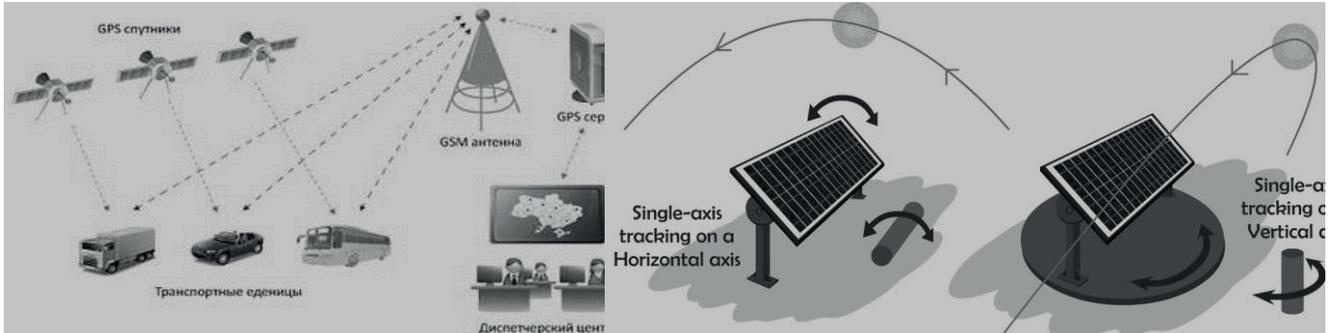
Басқару теориясының ең негізгі салаларының бірі бақылау (ізіне түсу) жүйелерін автоматты басқару мәселелері болып табылады. Қазіргі таңда автоматты басқару жүйелері тұрмыста, өндірісте, әскери салаларда кең қолданысқа ие. Мысалы, автопилоттар, торпедалар мен зымырандарды бақылау, химия өнеркәсібіндегі температураны басқару, ядролық реактордағы сіңіргіш стержендердің позицияларын реттеу, кондиционерлердегі температураны бақылап отыру, өндірістегі робот-манипуляторлар қозғалысын басқару, автоматты фрезерлік станоктарда электр жетегін басқару және т.б. көптеген мысалдар автоматты басқару жүйесіне мысал бола алады. Автоматты басқару жүйелерінің кең қолданысқа ие болуы басқару жүйелерін зерттеуге деген қызығушылықты одан әрі арттырып отыр. Басқару жүйелерін жіті меңгеру арқылы көптеген күрделі жүйелерді моделдеуге болады. Сызықтық емес жүйелер басқару теориясының маңызды саласы болып саналады. Бұл мақалада сызықтық емес жүйелердің бір тобына жататын p -нормал формадағы сызықтық емес жүйелерді басқару және бақылау проблемалары қарастырылып, оларға бағдарламалық кешен құрылды. Атап айтқанда, p -нормал формадағы сызықтық емес жүйе шығысын бақылау есебі, күй шамасын бақылау есебі, p -нормал формадағы уақыты кешіккен сызықтық емес жүйе күй шамасын бақылау есептеріне мысалдар келтіріліп, ол мысалдар компьютерде моделденді және бір бағдарламалық кешенге біріктірілді. Бағдарламалық кешен құруда MATLAB GUI (Graphical User Interface – пайдаланушының графикалық интерфейсі) бағдарламалау ортасы қолданылды.

Сызықтық емес жүйелерді күй шамасы көмегімен басқару немесе шығыс шамасы көмегімен басқару (яғни, шығыс айнымалы немесе күй векторының туындыларын өлшеусіз) көптеген жұмыстарда, соның ішінде әйгілі авторлардың еңбектерінде жарық көрді. Жүйелердің орнықтылық проблемалары мен

оларды басқаруды және бақылауды математикалық моделдеудің теориялық нәтижелері А.М. Ляпунов, Л.С. Понтрягин, Я.Н. Ройтенберг, Е.А. Барбашин, Н.Н. Красовский, Н.Г. Четаев, И.Г. Малкин сынды кеңестік ғалымдардың классикалық жұмыстарына негізделеді. Ізіне түсу (бақылау) мәселесімен айналысқан ғалымдар (сызықтық жүйелер үшін): E.J. Davison, B.A. Francis, (сызықтық емес жүйелер үшін): J. Hepburn & W.A. Wonham, V. Anantharam & C.A. Desoer, A. Isidori & C.I. Byrnes [1]-[3]. Шығыс шамасын практикалық бақылау мәселесімен айналысқан ғалымдар (күй кері байланыс арқылы): S. Celikovsky & J. Huang, W. Lin & C. Qian, C. Qian & W. Lin [4]-[6]; динамикалық шығыс кері байланыс арқылы (тұрақтандыру мәселесі): B. Yang & W. Lin, C. Lin, J. Polendo & C. Qian [7]-[9]; динамикалық кері байланыс арқылы ізіне түсу мәселесімен аналанысқан ғалымдар Q. Gong & C. Qian, K. Alimhan & H. Inaba, K. Alimhan N. & Otsuka [9]-[14] және т.б.

Сызықтық емес жүйелерді глобалды практикалық бақылау мәселесі

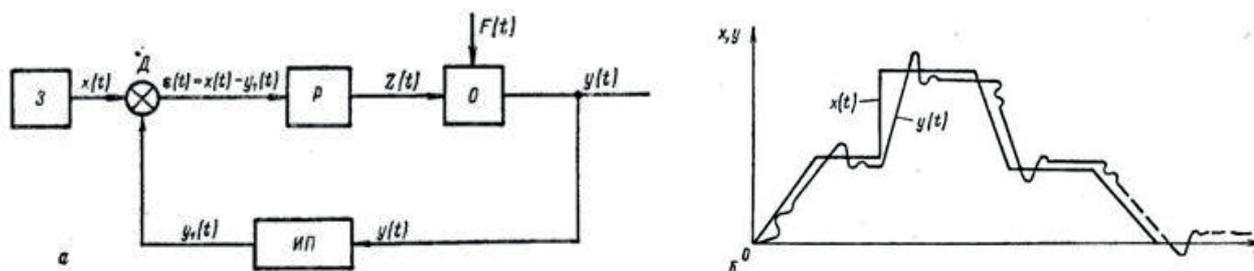
Анықталмаған сызықтық емес жүйелерге глобалды практикалық бақылауды жүзеге асыратын басқаруды табу Ляпуновтың тура әдісі жәрдеміне жүзеге асырылады. Ал уақыт кешігуі бар сызықтық емес жүйелерді бақылау үшін басқаруды табуда Ляпунов-Красовский функционалынан пайдаланатын боламыз. Алдымен жалпылама бақылау жүйелерінің есептерінің қойылуына назар аударайық. Бақылау жүйелеріндегі ең негізгі әдіс кері байланыс әдісі болып табылады. 1-суретте бақылау жүйелеріне бірнеше мысалдар келтірілген.



1-сурет. GPS жүйесі арқылы автокөліктерді бақылау және көлденең/тік ось бойынша күн сәулесін бақылау жүйелері

Төмендегі суретте бақылау жүйесінің үлгі блок-схемасы көрсетілген.

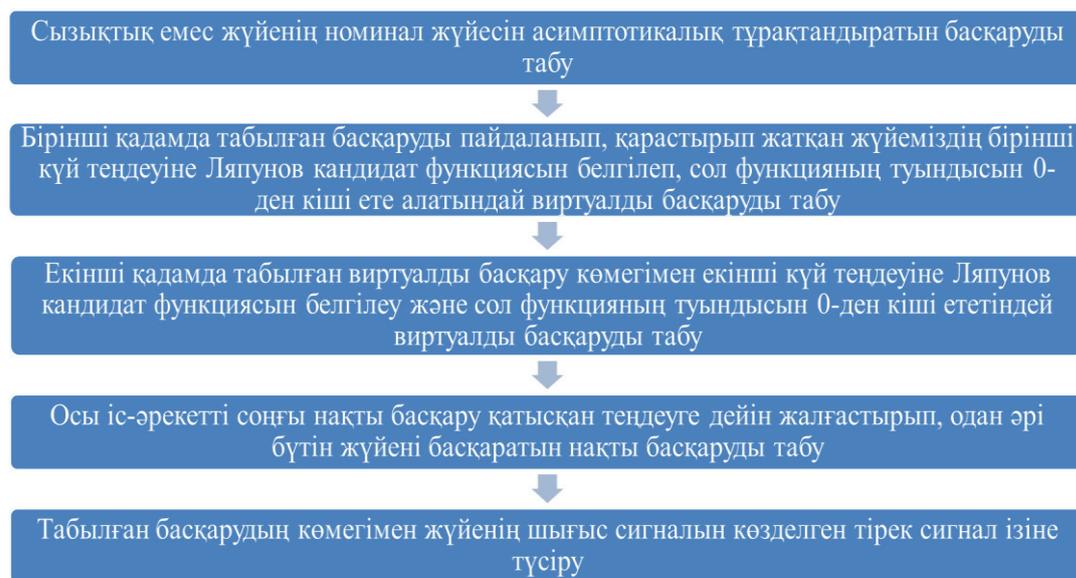
Мұндағы бақылау жүйесінің негізгі элементі – Д сәйкессіздік датчигі, ол жүйенің ағымдағы күйі мен тірек сигнал арасындағы сәйкессіздікті (қателікті) анықтайды. $y(t)$ шығыс сигналы ИП өлшеу-түрлендіргіш элементімен өлшенеді және сәйкессіздік датчигі талап еткендей түрге келтіріледі. Сәйкессіздік датчигі түрлендірілген шығыс сигналы мен тірек сигнал арасындағы қателікті есептеп, оны P контроллерге береді. Контроллер сәйкессіздікті жоюға тырысады. Сонымен қатар басқару объектісіне $F(t)$ сыртқы бұзылулар немесе жүйенің бейімделуінен туындаған шуылдар әсер етуі мүмкін.



2-сурет. Бақылау жүйесінің кіріс сигналы мен шығыс сигналының арасындағы бұрыштық ығысудың өзгеруінің блок-схемасы және диаграммасы:
 3 – кіріс сигналы, D – сәйкессіздікті өлшеу датчигі, P – реттегіш,
 O – басқару объектісі, ИП – өлшеу және түрлендіру элементі.

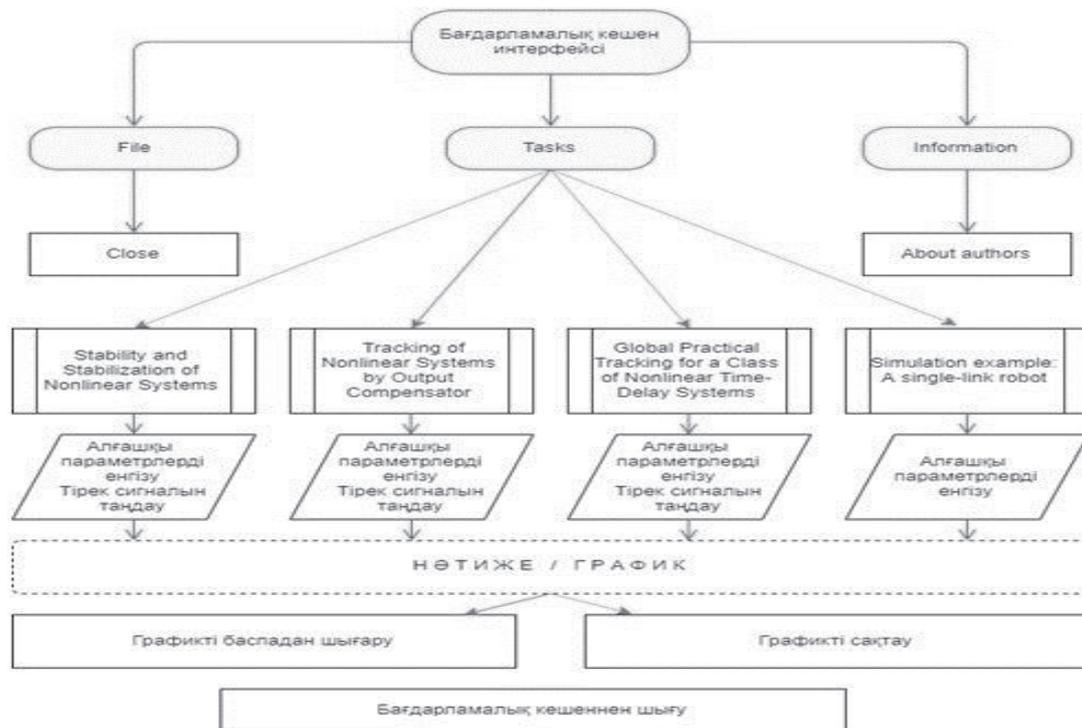
Сызықтық емес жүйелерді глобалды практикалық бақылау алгоритмі

Сызықтық емес жүйелерді, соның ішінде, біз қарастыратын p -нормал формадағы сызықтық емес жүйелерді глобалды практикалық бақылау басқаруын табу алгоритмінің схемасы төменде келтірілген:

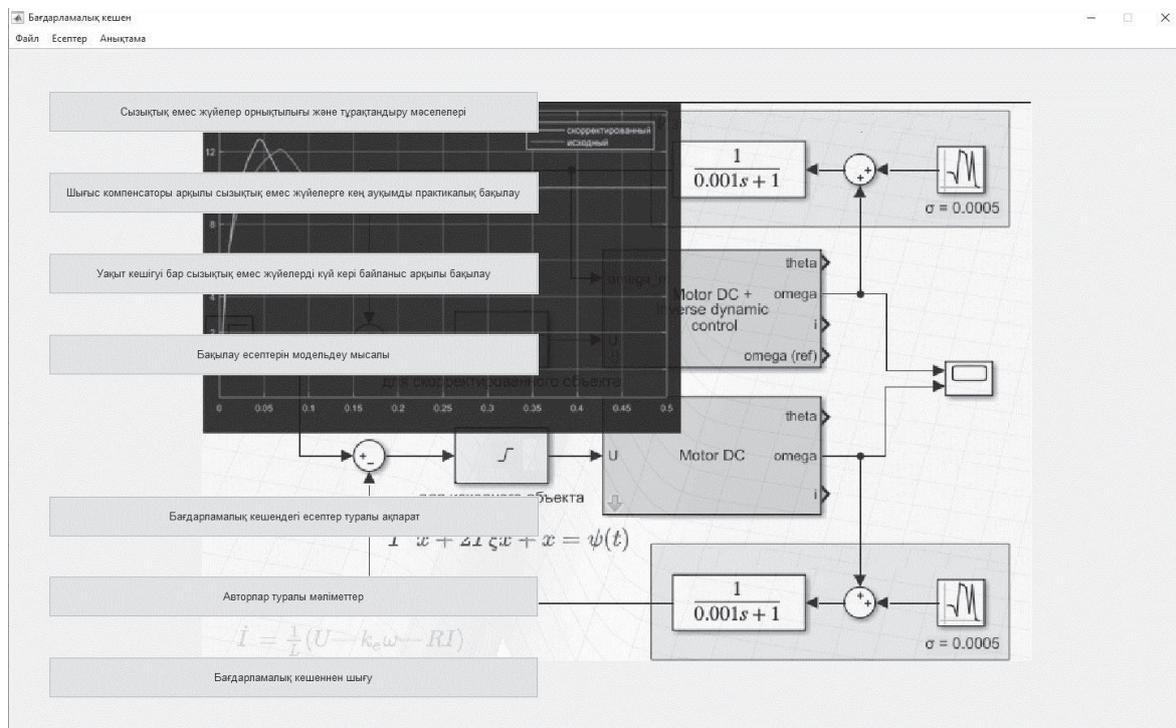


Сызықтық емес жүйелерді бақылау есептеріне бағдарламалық кешен құру

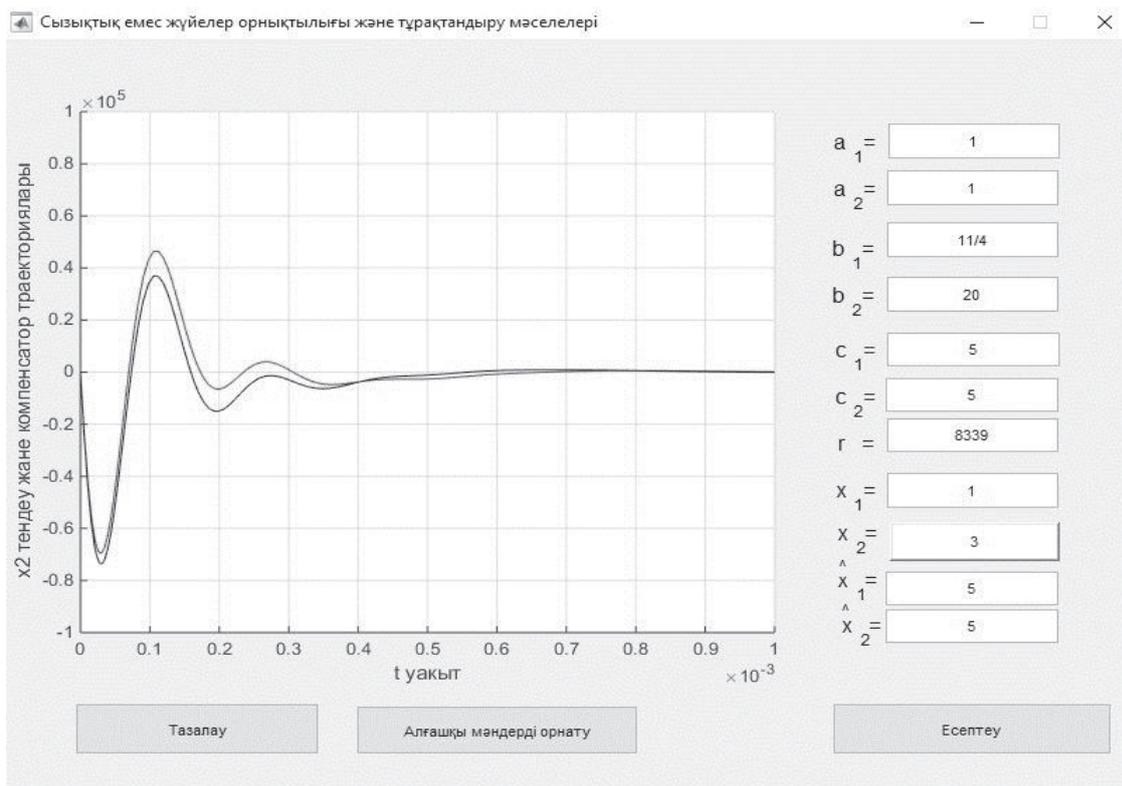
Бағдарламалық кешен құру мақсатында таңдалған Matlab GUI бағдарламалау ортасында жұмыс жасау өте қарапайым және баршаға түсінікті графикалық интерфейске ие. Басқару элементтері (батырмалар, ашылмалы тізімдер және т.б.) тінтуірдің көмегімен орналастырылады, содан кейін қолданушы осы басқару элементтеріне кірген кезде пайда болатын оқиғалар бағдарламаланады. Бағдарлама бір негізгі терезеден және төрт қосымша терезелерден тұрады. MatLab-тың бірқатар функциялары файлды ашу және сақтау, басып шығару, қаріпті таңдау, деректерді енгізу терезесі және т.б. үшін жергілікті қосымшаларда қолдануға болатын стандартты диалогтық терезелерін құруға арналған [18].



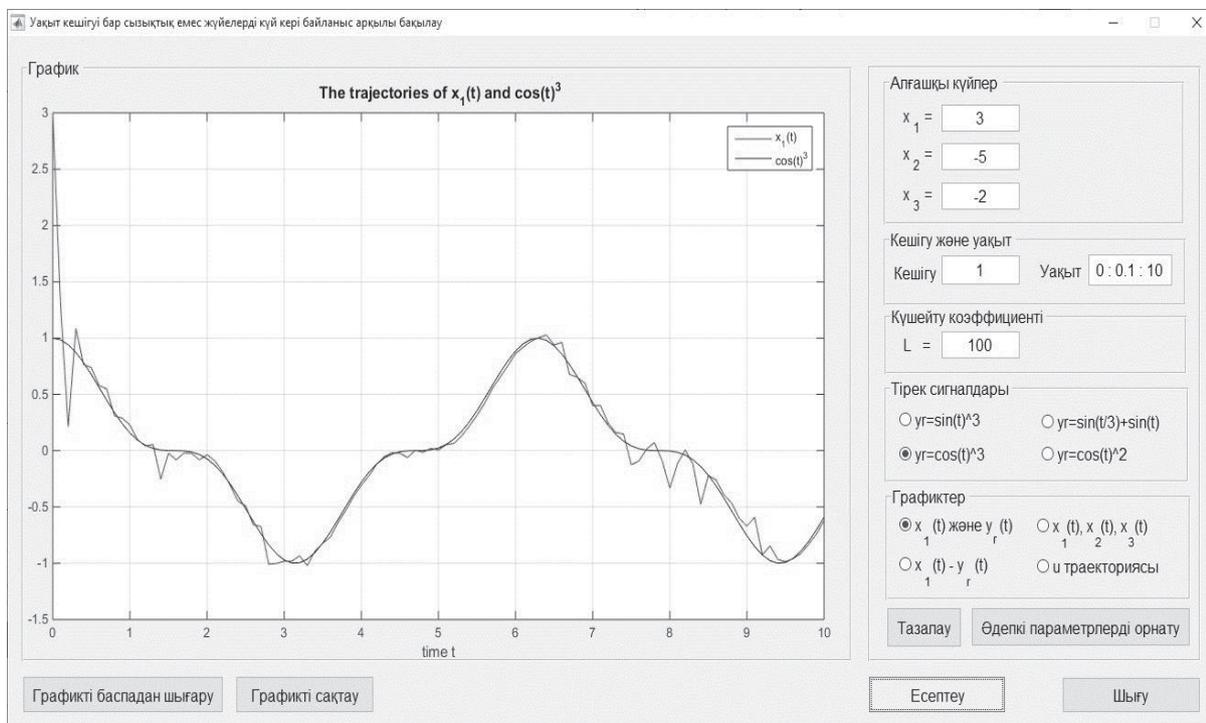
3-сурет. Бағдарламалық кешеннің draw.io Desktop ортасында құрылған жұмыс істеу процесінің схемасы



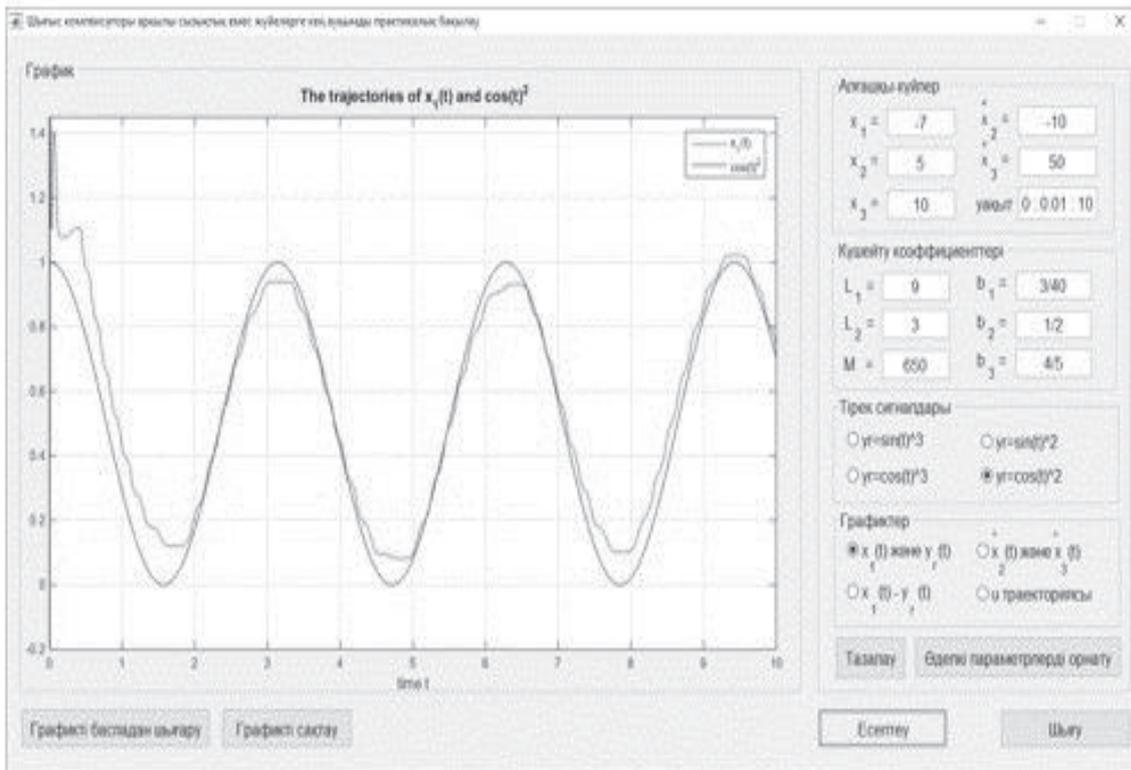
4-сурет. Бағдарламалық кешен интерфейсі



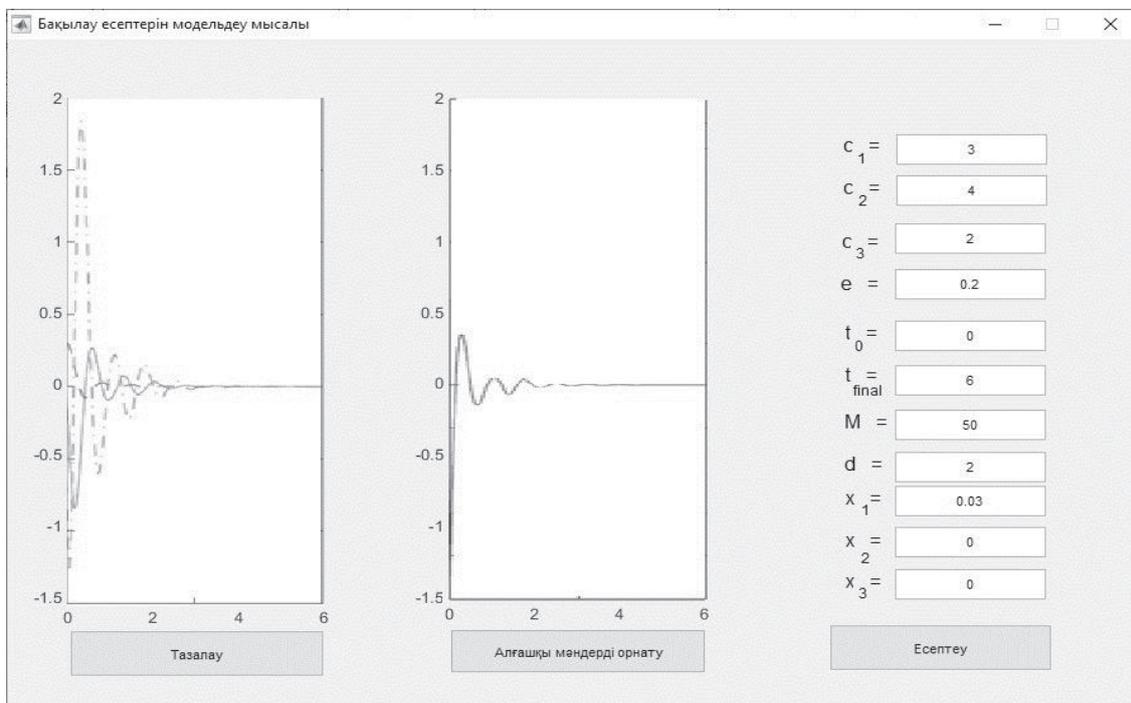
5-сурет. Сызықтық емес жүйелерді шығыс кері байланысы жәрдемінде тұрақтандыру есебінің графикалық интерфейсі



6-сурет. Уақыты кешіккен сызықтық емес жүйелерді бақылау есебінің графикалық интерфейсі



7-сурет. Сызықтық емес жүйелерді шығыс кері байланыс жәрдеміңде бақылау есебінің графикалық интерфейсі



8-сурет. Бір буынды робот манипулятор қозғалысын тұрақтандыру есебінің графикалық интерфейсі

Қорытынды

Мақалада сызықтық емес жүйелерді глобалды практикалық бақылау есептерінің теориялық зерттеу нәтижесінде қол жеткізген жетістіктерді компьютерде моделдеу мәселелері қарастырылды. Компьютерде моделдеу Matlab қосымшасы арқылы жүзеге асырылды. Көптеген жүйелерді басқару, бақылау есептерінің шешімі Рунге-Кутта сандық әдісін қолдануға негізделеді. Сандық есептеулерде сызықтық емес жай дифференциалдық жүйелер үшін Matlab қосымшасының – ode23, ode45 функцияларынан, уақыты кешіккен сызықтық емес жүйелер үшін – dde23 функциялары қолданылды. Бағдарламалық кешенге біріктірілген мысалдарда уақыты кешіккен сызықтық емес жүйелерге арналған мысалдар зерттелді. Сандық шешімнің нәтижелері теориялық эксперимент нәтижелерінің дұрыстығын көрсетеді.

Әдебиет:

1. Hepburn J., Wonham W.A. *Error feedback and internal model on differentiable manifolds // IEEE Trans. Automat. Control.* – 1984. – Vol. 29 (5). – P. 397-403.
2. Anantharam V., Desoer C.A. *Tracking and disturbance rejection of MIMO non-linear systems with a PI or PS controller // Proclamation of the 24th IEEE Conference Decision and Control, 1985.* – P. 1367-1368.
3. Byrnes C.I., Isidori A. *Output regulation of non-linear system: An overview // Int. J. Robust Non-linear Control.* – 2000. – Vol. 10 (5). – P. 323-337.
4. Čelikovský S., Huang J. *Continuous feedback practical output regulation for a class of non-linear systems having non-stabilizable linearization // Proc.38th IEEE Conf. Decision and Control.* – 1999. – Phoenix, AZ. – P. 4796-4801.
5. Lin W., Qian C. *Adding one power integrator: a tool for global stabilization of high-order lower triangular systems // Syst. Control Lett.* 2000. – N. 39 (5). – P. 339-351.
6. Qian C., Lin W. *Practical output tracking of nonlinear systems with uncontrollable unstable linearization // IEEE Trans. Autom. Control,* 2002. – N. 47 (1). – P. 21-36.
7. Yang B., Lin W. *Robust output feedback stabilization of uncertain non-linear systems with uncontrollable and unobservable linearization // IEEE Trans. Automat. Contr.* – 2005. – Vol. 50. – P. 619-630.
8. Lin C. *Global output control for a class of inherently higher-order nonlinear time-delay systems based on homogeneous domination approach // Discrete Dynamics in Nature and Society.* – 2013. – Article ID 180717, 6 pages.
9. Polendo J., Qian C. *A generalized homogeneous domination approach for global stabilization of inherently nonlinear systems via output feedback // Int. J. of Robust and Nonlinear Control.* – 2007. – Vol. 7, N. 7. – P. 605-629.
10. Alimhan K., Inaba H. *Practical output tracking by smooth output compensator for uncertain nonlinear systems with unstabilisable and undetectable linearization // Int. J. of Modelling, Identification and Control.* – 2008. – N. 5. – P. 1-13.
11. Alimhan K., Inaba H. *Robust practical output tracking by output compensator for a class of uncertain inherently nonlinear systems // Int. J. of Modelling, Identification and Control.* – 2008. – N. 4. – P. 304-314.
12. Alimhan K., Otsuka N., Kalimoldayev M.N., Tasbolat N. *Practical output tracking for a class of uncertain nonlinear time-delay systems via state feedback // MATEC Web of Conferences, Volume 189, 10027 (2018), 2nd International Conference on Material Engineering and Advanced Manufacturing Technology (MEAMT 2018).* – Beijing, China, 2018. – 8 p.
13. Alimhan K., Otsuka N., Kalimoldayev M.N., Tasbolatuly N. *Output Tracking by State Feedback for High-Order Nonlinear Systems with Time-Delay // Journal of Theoretical and Applied Information Technology.* – 2019. – Vol. 97, No. 3. – P. 942-956.

В данной статье рассматриваются проблемы компьютерного моделирования решений задач стабилизации, управления и контроля нелинейных систем с помощью обратной связи по состоянию. Был разработан алгоритм нахождения управления для нелинейных систем с задержкой времени, включая нелинейные системы следящего заданным опорным сигналом. Кроме того, был создан программный комплекс для рассматриваемых задач.

Ключевые слова: теория управления, глобальное практическое управление, метод обратной связи, методы управления системами Ляпунова, программное обеспечение, среда графического интерфейса пользователя MatLab GUI, метод Рунге-Кутты.

This article discusses the problems of computer modeling of solutions to the problems of stabilization, control and tracking for nonlinear systems by state feedback. An algorithm was developed for finding control for nonlinear systems with a time delay, including nonlinear systems of a follower with a given reference signal. In addition, a program complex was created for the tasks under consideration.

Key words: control theory, global practical tracking, feedback method, Lyapunov's method, MatLab GUI software, Runge-Kutta methods.

УДК 533.15: 536.7

А.Т. Ташимбетова¹, А.У. Секенова², Г.А. Ахметкалиева³

¹к.ф.-м.н., доктор PhD, ассоц. профессор КазГАСА,

²магистр, ассистент профессора КазГАСА,

³ассистент-преподаватель кафедры ЕНД КазАТК им. М. Тынышпаева)

УЧЕТ КЛАСТЕРНОЙ МОДЕЛИ В УРАВНЕНИЯХ СОСТОЯНИЯ ГАЗОВ

Аннотация. Свойства газовых и парогазовых смесей традиционно являются предметом исследований теплофизики, так как во многих технологиях в качестве рабочего тела, реагентов, теплоносителей и т.п. используются вещества в этом агрегатном состоянии. Большое разнообразие макропараметров (температуры, давления, состава смеси, скорости движения газа) требует надежных схем расчетов равновесных и неравновесных свойств, учитывающих реальные свойства газов.

Ключевые слова: кластеры, межмолекулярное взаимодействие, реальные газы, коэффициент вязкости.

Основная трудность применения кластерной модели газов состоит в определении кластерного состава. В конечном счете, особенности равновесных свойств реальных газов в этой модели определяется кластерным составом. Кластерный состав можно количественно характеризовать двумя способами [1-5]. В первом способе числовая доля (концентрация) кластеров определенного размера, т.е. содержащих g молекул, вводится относительно числовой плотности кластеров всех размеров: