

10. Unaibayev, B.Zh. Izyskanie, proektirovanie i stroitel'stvo na zasolennyh gruntah [Exploration, design and construction on saline soils]. - Karaganda: KarSTU, 2001. – 303p. [in Russian].
11. Mustafayev, A.A. Deformacii zasolennyh gruntov v osnovaniyah sooruzhenij [Deformations of saline soils in the bases of structures].-Moscow: Stroyizdat, 1985. – 280 p. [in Russian].
12. Terletskaya, M.N.Kanaly v vodoneustojchivyh gruntah aridnoj zony[Channels in water-resistant soils of the arid zone]. -Moscow: Kolos, 1983. - 96 p. [in Russian].
13. Zatenadskaya, N. P. Zakonomernosti formirovaniya svoystv zasolennyh glin [Regularities of formation of properties of saline clays]. –Moscow: Nauka, 1985. - [?] p. [in Russian].
14. [?]Rastvorenie i vyshchelachivanie gornyh porod [Dissolution and leaching of rocks]. - Moscow: Gosstroizdat, 1957. - 266 p. [in Russian].
15. Petrukhin, V.P. Stroitel'stvo sooruzhenij na zasolennyh gruntah [Construction of structures on saline soils]. - Moscow: Stroyizdat, 1989. – 264p. [in Russian].

FTAMP 50.47.02

Л.Н. Есмаханова¹ (orcid-0000-0002-3308-9676),
Б.Б. Тлемисов² (orcid-0000-0002-0049-6224)

¹PhD дәр, ²магистр

М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қ., Қазақстан

e-mail:¹laura060780@mail.ru, ²tlemissov.b@mail.ru

ДИАГНОСТИКАЛЫҚ ӨЛШЕУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕН АЛЫНҒАН АҚПАРАТТЫ ЕСКЕРЕТІН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ КОНЦЕПЦИЯСЫ

Аннотация. Зерттеу мақсаты– бақылау процесін жақсарту үшін жалын, жану өнімдеріндегі жанғыш бөлшектердің мөлшері және көмір шаңы жеткізілетін құбырдағы шаң мөлшері туралы ақпаратты қолданатын модель жасау. Мақалада қоршаған ортаға шығарындылары төмен көмірдің ұнтағын жағу әдістері қарастырылған. Негізгі назар функцияны жақындату үшін тікелей байланысқан нейрондық желіні пайдалану арқылы іске асырылатын сыртқы кірісі бар сызықты емес авторегрессиялық желіге аударылады. Ғылыми жаңалық эталондық моделі бар адаптивтік басқарудың екі жүйесін жасау және өзара салыстыру болып табылады. Бірінші жүйеде кіріс векторларының өлшемдері қолданылды, екіншісінде - екінші ауа ағынын басқару сигналы және жалынның таңдалған дескрипторлары қолданылды. Нәтижесінде жалынның өзгеруін сипаттайтын параметрлер мен камерадағы пайдаланылған газдың температурасы немесе қайталама фактордағы ауа ағынының мөлшері арасындағы байланыс анықталды.

Тірек сөздер: көмірлі ұнтақ, жану процесі, диагностика, контроллер, басқару, нейронды желілер.

Кіріспе. Алаудың сәулеленуі химиялық және физикалық процестерде өтетін жану процесін сипаттайды. Акустикалық әдіске қосымша болатын диагностиканың оптикалық әдістері ағымдағы жану процесі туралы қосымша

акпаратты алуға мүмкіндік беретін маңызды әдістердің бірі болып табылады. Алаудың спектрінде ауа-отын қатынасын, жылу мен температураның бөліну көлемін анықтауға болады. Оптикалық әдістердің арасында бейнелерді өңдеу негізіндегі әдіс ерекше маңызды. Алау келіп түсетін отын қоспасының жылдамдығы мен алаудың жергілікті таралу жылдамдығы арасындағы динамикалық теңдіктің нәтижесі болып табылады. Камерадағы жалын фронтының орналасуын өзгерту жалынның тербелісі ретінде қарастырылады және баланс нәтижелеріне кедергі жасайды. Бұл жалынның пішіні белгілі бір жағдайларда болатын жану индикаторы болуы мүмкін деп болжауға мүмкіндік береді [1].

Талдау камерадағы жалын мен температураның өзгеруін немесе екінші хладагенттегі ауа ағынының көлемін сипаттайтын параметрлер арасындағы өзара байланысты көрсетеді. Осылайша, егер температура баяу өзгерсе, онда синтез жылдамдықты бақылау үшін пайдаланылуы мүмкін (нақты параметрдің немесе сурет параметрлері тобының ара-қатынасы).

Бастапқы ауа негізінен карбид ұнтағын оттықта қамтамасыз ету үшін пайдаланылады, ал екінші ауа басқару мақсаттары үшін пайдаланылады. Көмір, биомасса қоспасы және ауа ағындары сияқты кіріс параметрлері сынау кезінде бірнеше рет өзгертіліп, жанудың әр түрлі жағдайларында жасалды.

Басқару объектісін толық білмеу салдарынан бейімделу басқаруын пайдалану талап етіледі. Өз кезегінде, объектіні зерттеуге нейрондық желіні жасанды модельдеу арқылы қолжеткізіледі.

Зерттеу әдістері. Сыртқы кірісі бар сызықты емес авторегрессиялық желі (NARX) желінің бірнеше деңгейлерін қамтитын кері байланысы бар қайталанатын динамикалық желі болып табылады. NARX моделі ARX сызықтық моделіне негізделген, ол әдетте уақытша қатарларды моделдеуде қолданылады. NARX моделі үшін анықталатын теңдеу келесі түрде беріледі [1]:

$$y(t) = f(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-n_y), u(t-2), \dots, u(t-n_u)), \quad (1)$$

$$\alpha + \beta = x \quad (2)$$

Тәуелді шығыс сигналының мәні шығыс сигналының алдыңғы мәндері және тәуелсіз кіріс сигналының алдыңғы мәндері бойынша регрессияланады. NARX моделі функцияны аппроксимациялау үшін тікелей байланысы бар нейрондық желіні пайдалана отырып іске асырылуы мүмкін. Аппроксимация үшін екі қабатты сақтандырғыш желі қолданылады. ARX векторлық моделінде кіріс және шығыс деректері көпөлшемді болуы мүмкін.

NARX желісінің шығысын модельденген сызықты емес динамикалық жүйенің шығысын бағалау ретінде қарастыруға болады. Шығыс деректері NARX стандартты архитектурасының бір бөлігі ретінде тікелей байланысы бар нейрондық желінің кіруіне қайтарылады. Мұның екі артықшылығы бар: біріншіден, тікелей байланысты желіге енгізу дәлірек болып табылады; екіншіден, нәтиже беретін желі таза алдын-ала сәулетке ие және статикалық кері таратуды пайдалануға болады.

Ары қарай талдауда пайдаланылатын пайдаланушының архитектурасы эталондық модельмен (MRAC - Model-Referencing Adaptive Control) адаптивтік басқаратын жүйесі болып табылады. Эталондық бақылаумен басқаратын мұндай модельдің екі ішкі жүйесі бар. Бірінші ішкі жүйе–

бақыланатын қондырғының моделі. Екінші ішкі жүйе – контроллер болып табылады.

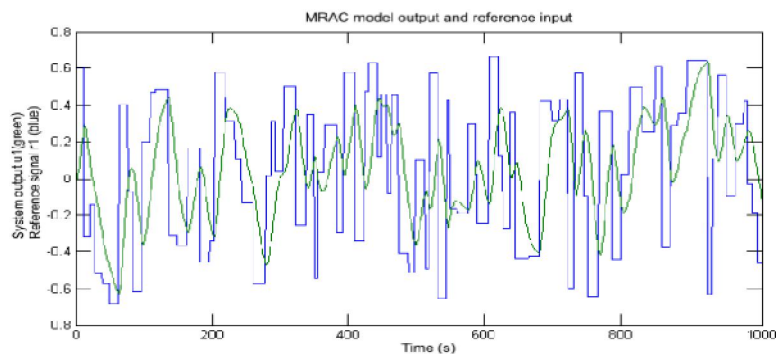
NARX қондырғысының дайындалған моделін ала отырып, MRAC жалпы жүйесін жасап, NARX моделін ішке ендіруге болады, содан кейін тікелей байланысты желіге кері байланыстарды қосуға болады.

Кері байланысты MRAC жүйесі деректерді өндіретін эталондық модель сияқты жұмыс істеуі үшін қондырғының модель желілері MRAC жүйесінің сәйкес орындарына орнатылуы қажет. Содан кейін нөлдің бастапқы енгізілуіне қолжеткізу үшін контроллердің шығыстық желілері нөлге орнатылуы қажет. Аяқталған MRAC желісі 3б-суретінде көрсетілген, мұнда 3-ші және 4-ші (шығыс) деңгейлер қондырғы моделінің ішкі жүйелерін құрайды. 1-ші және 2-ші деңгейлер контроллерді құрайды.

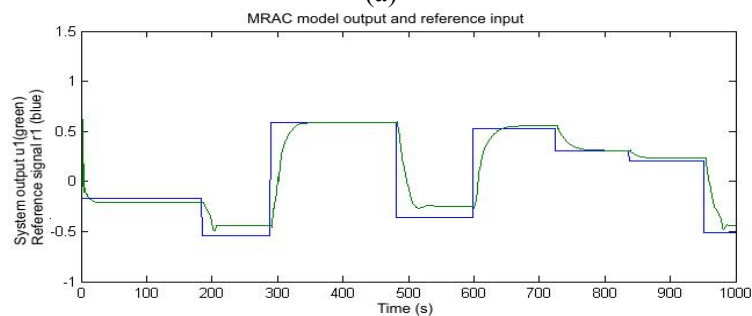
MRAC жүйесін оқыту уақыты зауыттың NARX моделін оқыту уақытысынан ұзағырақ, себебі, желіде периодтық және динамикалық кері таралу пайдаланылады. Желі оқытылғаннан кейін ол MRAC желісіндегі тестілік енгізу көмегімен сыналды.

Екі MRAC жүйесі жасалынып, теңестірілді. Бірінші жүйеде өлшеуге негізделген оптикалық емес кіріс векторларының жиынтықтары пайдаланылды, яғни өлшеудің бірінші нүктесінде жазылған камерадағы газ түтіндерінің температурасын сипаттайтын отынның шығыны мен екінші реттік ауа ағыны сандық түрде сипатталады. Екінші схема екінші реттік ауа ағынын басқаратын сигналды және алауды суреттейтін таңдаулы дескрипторларды пайдаланады [1].

1-суретте жүйенің тіректі кіріске екі жағдайдағы жауабы: классикалық өлшеулері (а) және алауды дескрипторының контурлық ұзындық векторы (б) көрсетілген



(a)



(b)

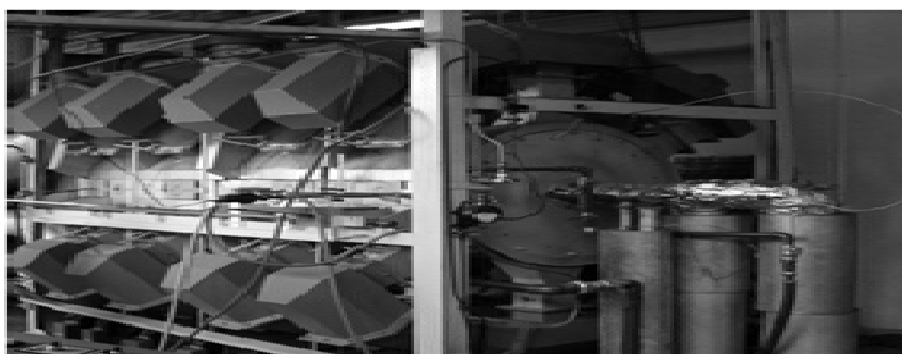
Сурет 1. MRAC жүйесінің кірістік сигналға реакциясы: (а) оптикалық сигналдардан келетін қосымша ақпаратсыз және (б) алауды суреттейтін дескриптор контурының ұзындық векторы

Суреттен көрінетіндей, басқару сигналдары шектелген, жүйе параметрлерінің күрт өзгерістері командалық заңдар амплитудаларының лездік өзгерісімен және басқарылатын жүйенің шығыстарымен байланысты.

Көмір мен биомасса қоспасын жағу сыңақтары 0,5 МВт-ты зертханалық қондырғыда жүргізілді. Зертханалық қондырғы 2-суретте көрсетілгендей ұзындығы 2,5м болатын жағудың 0,7м диаметрлі цилиндрлік камерасынан тұратын көлденең жинақтамасынан құрылған.

Диаметрі 0,1 м-ге жуық төмендегенейдегі NOx (ауаға түсетін зиянды газ) құйынды шілтердің моделі алдыңғы қабырғаға орнатылған. Зертханалық қондырғы барлық қажетті қоректену жүйелерімен жабдықталған; бастапқы және екінші реттік ауа, көмір және мұнай. Ұнтақ тәріздес көмір мен биомассаның қоспасы алдын ала дайындалады және көмір тартқыштың бункеріне лақтырылады.

Жағу сыңағы келесі кезеңдерден тұрады: ең алдымен жағу камерасын майды (мазут) жағу арқылы қыздырады. Температура жеткілікті түрде көтерілген кезде ауалы-отындық қоспа жағу камерасына маймен бірге беріледі. Температураның қажетті деңгейіне қолжеткізген соң майдың берілуі тоқтатылады [2].



Сурет 2. Орнатылған камерасы бар зертханалық қондырғының жалпы түрі

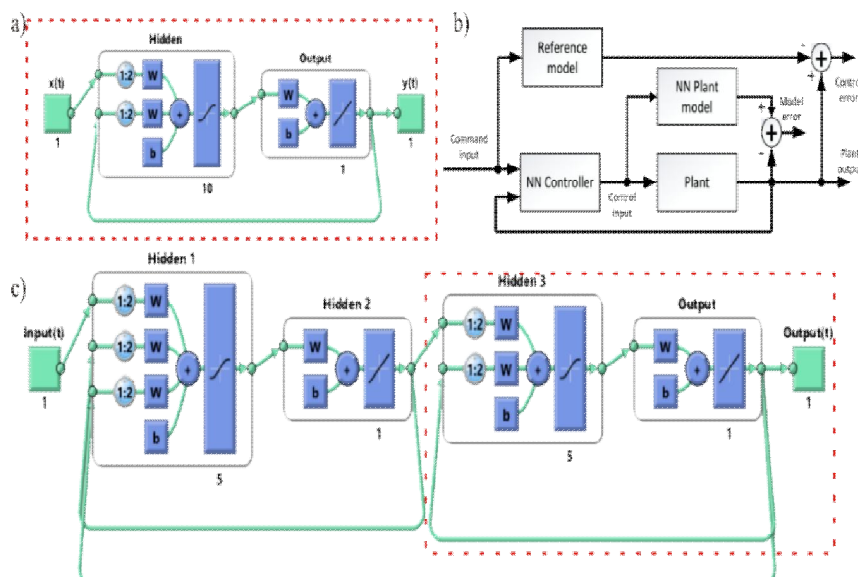
Алау бөлетін сәулелену химиялық реакция мен физикалық процестерде өтетін жану процесін сипаттайды. Диагностиканың акустикадан басқа оптикалық әдістері жану процесі туралы дер кезінде тікелей емес түрде кеңістікті-селективтік қосымша ақпаратты алуға мүмкіндік беретін маңызды әдістерге жатқызады. Көрінетін сәулеленуде жалын спектріне келетін болсақ, ауа-отын арақатынасының құрамын, жылу бөлу санын және температураны анықтауды қосуға болады. Оптикалық әдістер арасында суреттерді өңдеуге негізделген тәсіл әсіресе маңызды болып табылады. Қозғалмайтын және көрінетін жағдайдағы жалын жалынның жергілікті таралу жылдамдығы мен кіріс отын қоспасының жылдамдығы арасындағы динамикалық тепе-теңдіктің нәтижесі болып табылады. Кеңістіктегі жалын фронтының өзгеруі жалын формасының ауытқуы бұл тепе-теңдіктің нәтижелерін бұзады. Бұл жалынның пішіні белгілі бір жағдайларда болатын жану процесінің индикаторы болуы мүмкін деп болжауға мүмкіндік береді [3].

Күрделі басқару жүйелерінің ықтимал проблемасы, мысалы, жағу процесі физико-химиялық шамаларды өлшеу үшін күрделі және толық емес. Ұсынылатын шешімде классикалық әдіс алаудың параметрлері туралы ақпаратпен толықтырылады да, лездік ПЗС (жоғары жылдамдықты камера)-камерасымен тіркеледі.

Зерттеу нәтижелері. Эксперимент нәтижесінде жалынның өзгеруін және камерадағы пайдаланылған газдың температурасын немесе қайталама фактордағы ауа ағынының санын сипаттайтын параметрлер арасындағы байланысты анықтады. Осылайша, егер температура көлемі баяу өзгерсе, инертті сипатқа ие болса, онда контроллердің синтезі параметрмен немесе сурет параметрлерінің тобымен пайдаланылуы мүмкін.

Бастапқы кезде берілетін ауа негізінен жанарғы форсункасына ұнтақ тәріздес көмірді беру үшін пайдаланылады, ал қайталама ауа реттеу үшін қолданылады. Көмір мен биомассаның қоспасы және ауа ағындары сияқты кіріс параметрлері сынау барысында жанудың түрлі жағдайларын жасай отырып, бірнеше рет өзгерді.

Басқару объектісін толық білмеу немесе оның иелігін өзгерту салдарынан бекітілген параметрлері бар жүйенің өнімділігі жеткіліксіз және бейімделген басқаруды пайдалануды талап етеді. Яғни объектінің талап етілетін біліміне жасанды нейрондық желіні модельдеу арқылы қолжеткізіледі.



Сурет 3. Жабдықты орнату кезеңінде пайдаланылатын нейрондық желі құрылымы(а), MRAC желі құрылымы (b) және MRAC басқару схемасы (c)

Зерттеу нәтижелерін талқылау. Бейсызық жүйені адаптивті басқару саласындағы зерттеулер пилотсыз ұшатын аппаратты басқару, сұйықтық ағыны және жану процесі сияқты нақты уақыттың көптеген қосымшаларына негізделген. Бұл қосымшалар сипаттамалардың жоғары өзгерістері мен сапасына қойылатын талаптар кезінде жүйелік бейсызықтарды дәл бағалауға қатысты жалпы проблема бар. Нейрондық адаптивті бақылау заманауи күрделі басқару жүйелеріне өте қызықты тәсіл болып табылады. Бұл әдістер көп өлшемді тұйықталған ілмектер жүйелеріне қолданылуы мүмкін басқару теориясының классикалық әдістерінің алдында артықшылығы бар. Бұл жағдайда, әрбір контроллер тек тұжырымдалған мағынада ғана оңтайлы.

Қорытынды. Жасанды нейрондық желілер парадигмасының пайда болуы көптеген мысалдардан күрделі бейнелерді зерттеу үшін қуатты құрал ретінде нейрондық желілер модельдерін идентификациялау үшін де, белгісіз

бейсызықтары бар динамикалық жүйелерді басқару үшін де кеңінен зерттеуге әкелді.

Көмір бұрынғысынша бүкіл әлемде электр энергиясын өндіруде пайдаланылатын негізгі отын болып табылады және онда ластаушы заттардың шығарындыларын арттыратын қоспалар бар, мысалы, ауа қызуы, рециркуляциясы және түтін газдарының айналымы сияқты жағудың жаңа әдістері әзірленеді. Қазбалы отынның сарқылуы биомасса сияқты жаңартылатын отын түрлерін пайдалануға мәжбүр етеді, онда қазіргі бар электр станцияларында биомасса ұсақталады және көмірмен бір мезгілде жағылады. Алайда, биомассаны бірге жағуды қоса алғанда, шығарындылардың төмен деңгейі бар жағу әдістері теріс әсер етеді: тікелей - процесті реттеу тұрақтылығына/тиімділігіне және жоғары коррозия қондырғыларға жанама әсер етеді. Бұл әсерлерді процесс туралы қосымша ақпаратты пайдалану арқылы азайтуға болады. Жану мониторингінің (диагностиканың) тиісті жүйесі қолданылуы тиіс [4].

Ұнтақ тәрізді отынның тиімділігі бірнеше параметрлерге байланысты. Ұнтақ тәріздес көмірді жағудың жалпы қолданылатын төмен эмиссиялы тәсілдерінде рециркуляциялық құйын пайдаланылады, олар азот термиялық оксидтерінің (NOx) түзілуін азайту үшін жалын арқылы өтетін көмір бөлшектерінің өту жолдарын ұзартады. Ұнтақ тәріздес көмірді жағу тиімді және таза болуы үшін оның негізгі параметрлерін өлшеу қажет. Шығыста алынған ақпарат (пайдаланылған газдардың коллекторы) кідіріп, жуықталады. Жануды диагностикалаудың кейбір тікелей әдістері өнеркәсіптік жағдайларда қымбат болуына байланысты оларды пайдалану мүмкін емес. Жылдам және аз инвазивті оптикалық әдістер технологиялық процесті басқару жүйесінде бейнелерді өңдеуге негізделген ақпаратты пайдалануға мүмкіндік береді.

Сыртқы кірістер желілерінің сызықтық емес авторегрессиясы (NARX) бірнеше желілік деңгейлердің қатысуымен кері байланыстың қайталанатын желілік динамикалық қосылыстары болып табылады. NARX моделі уақыттық қатарды үлгілеуге пайдаланылатын ARX сызықтық модельге негізделген. Модель үшін NARX теңдеуі келесі түрде анықталады:

$$y(t) = f(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-n_y), u(t-1), u(t-2), \dots, u(t-n_u)), \quad (3)$$

NARX моделі нейрондық желіні пайдалану арқылы функцияны аппроксимациялау үшін іске асырылады. Нәтижесінде екі қабатты желі пайдаланылатын желі схемасы За-суретінде көрсетілген. Бұл ARX моделінің кірісі мен шығысы көпөлшемді болатындығын дәлелдейді.

NARX шығыстық желілерін сызықтық емес динамикалық жүйенің шығыстық сигналын бағалайтын модель ретінде қарастыруға болады. NARX стандартты архитектура аясында шығыс сигналы нейрондық желінің кірісіне қайта беріледі. Нақты шығыс сигналы желіні оқыту кезінде қолжетімді болғандықтан нақты шығыс сигналын бағалауға пайдаланылатын тізбекті-параллельдік архитектураны жасауға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Есмаханова, Л.Н. Управление процессом сжигания пылевидного угля с использованием передовых технологий [Текст]: монография / Л.Н. Есмаханова. – Тараз: Тараз университеті, 2019. – 100с.
2. Аскарова, А.С. Трехмерное моделирование процессов образования вредных веществ при сжигании низкосортных углей в камерах сгорания [Текст] / А.С.

Аскарова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов // Известия НАН РК, - 2010. - №6. - С.15-18.

3. Аскарова, А.С. Влияние размеров расчетной сетки на результаты компьютерного моделирования процессов тепломассопереноса в камерах сгорания [Текст] / А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, В.Ю. Максимов, А. Бекмухамет // Материалы 18-ой Всероссийской научной конференции молодых ученых (ВНКСФ-18,). - г. Красноярск: Изд-во Россия, 2012. - С.701-702.

4. Новиков, О.Н. Энергоэкологическая оптимизация сжигания топлива в котлах и печах регулированием соотношения топливо-воздух [Текст] / О.Н. Новиков, Д.Г. Артамонов, А.Л. Шкаровский, М.А. Кочергин, А.Н. Окатьев. – М.: Промышленная энергетика, 2000. - 288с.

Материал редакцияга 15.01.21 түсті

Л.Н. Есмаханова, Б.Б. Тлемисов

Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, УЧИТЫВАЮЩАЯ ИНФОРМАЦИЮ ИЗ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Аннотация. Цель исследования – разработать модель, которая использует информацию о пламени, содержании горючих частей в продуктах сгорания и количестве пыли в трубе, по которой подается угольная пыль. В статье рассматриваются методы сжигания пылевидного угля с низким уровнем выбросов в окружающую среду. Основное внимание уделяется нелинейной авторегрессионной сети с внешними входами, которая реализуется с использованием нейронной сети с прямой связью для аппроксимации функции. Научная новизна заключается в разработке и сопоставлении двух систем адаптивного управления с эталонной моделью. В первой системе использовались измерения входных векторов, во второй - использовался сигнал управления вторичным воздушным потоком и выбранные дескрипторы изображения пламени. В результате выявлена связь между параметрами, описывающими изменение пламени и температурой отработанного газа в камере, или количеством воздушного потока во вторичном факторе.

Ключевые слова: угольная пыль, процесс сжигания, диагностика, контроллер, управление, нейронные сети.

L.N. Yesmakhanova, B.S. Tlemissov

Regional University of Taraz named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan

CONTROL SYSTEM CONCEPT THAT TAKES INTO ACCOUNT INFORMATION FROM DIAGNOSTIC MEASUREMENT SYSTEMS

Abstract. The aim of the study is to develop a model that uses information about the flame, the content of combustible parts in the combustion products, and the amount of dust in the pipe through which coal dust is fed to improve process control. The article discusses methods for burning pulverized coal with a low level of emissions to the environment. The main focus is on a nonlinear autoregressive network with external inputs, which is implemented using a forward-coupled neural network to approximate the function. The scientific novelty consists in the development and comparison of two adaptive control systems with the reference model. The first system used measurements of input vectors, while the second system used a secondary air flow control signal and selected flame image descriptors. As a result, we found a relationship between the

parameters describing the change in the flame and the temperature of the exhaust gas in the chamber, or the amount of air flow in the secondary factor.

Keywords: coal dust, combustion process, diagnostics, controller, control, neural networks.

References

1. Yesmakhanova, L. Upravlenie processom szhiganiya pylevidnogo uglya s ispol'zovaniem peredovyh tekhnologij [Management of the process combustion of pulverized coal using advanced technologies]. – Taraz: Taraz University, 2019 – 100 p. [in Russian].
2. Askarova, A.S.,Bolegenova, S.A., Maksimov, V.Yu. Trekhmernoe modelirovanie processov obrazovaniya vrednyh veshchestv pri szhiganii niskosortnyh uglej v kamerah sgoraniya [Three-Dimensional modeling of the formation of harmful substances in the combustion of low-grade coals in combustion chambers]. –Izvestiya NAS RK, - 2010. - no. 6. - PP. 15-18.[in Russian].
3. Askarova, A.S.,Bolegenova, S.A., Maksimov, V.Yu., Bekmukhamet, A. Vliyanie razmerov raschetnoj setki na rezul'taty komp'yuternogo modelirovaniya processov teplomassoperenosa v kamerah sgoraniya [Influence of the size of the computational grid on the results of computer modeling of heat and mass transfer processes in combustion chambers] /Materialy 18-oy Vserossijskoj nauchnoj konferencii molodyh uchenyh (VNKSF-18,)[Materials of the 18th all-Russian scientific conference of young scientists (VNKSF-18,)]. - Krasnoyarsk: Publishing house Russia, 2012- PP. 701-702.[in Russian].
4. Novikov, O.N.,Artamonov,D.G.,Shkarovsky, A.L., Kochergin, M.A.,Okatiev, A.N. Energoekologicheskaya optimizaciya szhiganiya topliva v kotlah i pechah regulirovaniem sootnosheniya toplivo-vozduh [Energy-Ecological optimization of fuel combustion in boilers and furnaces by regulating the fuel-air ratio] / - Moscow: Industrial power engineering, 2000. –288 p. [in Russian].