

6D070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша
философия докторы (PhD) дәрежесіне үміткер
МҰСАБЕКОВ НАЗАРБЕК РАСУЛБЕКҰЛЫНЫҢ
«МЫС БАЛҚЫТУ ӨНДІРІСІНІҢ КҮРДЕЛІ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ
КЕШЕНІН БАСҚАРУДЫҢ ГИБРИДТІ ЖҮЙЕСІНІҢ СИНТЕЗІ»
тақырыбы бойынша диссертациялық жұмысқа
АҢДАТПА

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Интеллектуалды технологиялар сияқты күрделі технологиялық кешендерді басқарудың заманауи әдістерінің кең таралуы мен жылдам дамуы осы әдістерді басқару жүйелерін құруда практикалық қолдану туралы жарияланымдардың едәуір өсуіне әкелді. Атап айтқанда, түсті және қара металлургия, мұнай-химия, энергетика және т.б. салаларында бұл әдістер минералды ресурстарды неғұрлым ұтымды пайдалануға, жылу мен электр энергиясын үнемдеуге, азайтуға мүмкіндік береді. Қоршаған ортаны қорғау мәселелері - өндірістен түсетін экономикалық табысты арттыру. Сульфидті полиметалл шикізатын балқытудың ең перспективалы пирометаллургиялық процестерінің бірі металл сульфидтерін тотығу кезінде бөлінетін жылуды тиімді пайдалануды қамтамасыз ететін және осылайша зарядты балқыту үшін отын шығынын азайтатын «автогенді» процестер класына жататын «Ванюков балқыту» кешенді технологиялық кешені болып табылады [1, 2].

Қазіргі уақытта Ванюковтың «сұйық ваннада» балқыту пештері Қазақстандағы «Қазақмыс» корпорациясының Балқаш мыс балқыту зауытында, сондай-ақ «Норильск никель» ГМК ААҚ және Ресейдегі Орта Орал мыс балқыту зауытында тұрақты жұмыс істейді. Бұл технологияның түсті және қара металлургияда үлкен перспективалары бар. ISR-дің басқа аутогендік әдістерге қарағанда негізгі артықшылықтары: процестің үздіксіздігі, шикізатты (8% ылғалдылыққа дейін) және жіңішке зарядты балқыту мүмкіндігі, жоғары нақты өнімділік, шаңды кетірудің төмендігі, балқытудағы физикалық және химиялық процестердің жоғары тиімділігі, шлакта құнды компоненттердің аз мөлшері, «бай» күңгірт және қалдық газдарды алу мүмкіндігі (күкірт диоксиді үшін), пайда болған жылуды пайдалану және т.б.

Ванюков пешінде мыс концентраттарын балқыту технологиялық кешені (ТК ПВ) келесі кезеңдер мен қондырғыларды қамтиды: зарядты дайындау (стек зарядтау резервуары), конвейер желілері, шикізатты тиеуге арналған бункерлер мен қоректендіргіштері бар Ванюков пеші, балқыту өнімдерін өндіруге арналған «сифондар», шлак үшін электр шөгінді резервуары, қалдық жылу қазанығы, күкірт бар газдарды шығаруға және оларды күкірт қышқылы өндірісіне жеткізуге арналған газ арналары. Күңгірт түрлендіргіш бөліміне кіріп, көпіршікті мыс шығарады, ал электр шөгінді резервуарынан шыққан шлак қоқыс полигонына жіберіледі.

Балқаш мыс балқыту зауытындағы (БМЗ) ТК ТК процестік басқарудың автоматтандырылған жүйесі (ТПП) өткен ғасырдың 80-ші жылдарының

соңында алғашқы ИСЖ өндірістік кешенінің құрылысымен және іске қосуымен бір мезгілде әзірленіп, енгізілді. Жүйе қазіргі заманғы (сол кездегі) автоматтандырудың техникалық құралдарында және үшінші буын басқару компьютерлерінде (СМ-2М және ТВСО) енгізілді. Содан кейін бұл жүйе екінші ВБ кешені үшін қайталанды. Қазіргі уақытта БМЗ-да дәстүрлі үш деңгейлі құрылымы бар заманауи микропроцессорлық технологияға негізделген ИСЖ металлургиялық кешенінің процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйесі бар. Төменгі («өрістік») деңгейіне әртүрлі басқару және өлшеу құрылғылары мен жабу және басқару клапандары кіреді. Орта технологиялық деңгей қалқансыз басқару және басқару жүйесі ретінде жүзеге асырылады. Жоғарғы (оператор) деңгейі SCADA жүйесі негізінде жүзеге асырылады. ИСЖ процесін басқаруды оператор (ауысым бригадирі) басқару-өлшеу құрылғыларының ағымдағы көрсеткіштерін (температура, ағындар, қысымдар, вакуумдар және басқа да айнымалылар, бірліктер мен материал ағындары, қозғалтқыштар мен өшіру жабдықтарының орналасуы), айтарлықтай кідіріспен келетін химиялық талдау нәтижелерін, сондай-ақ визуалды деректерді тәжірибеге, интуицияға және субъективті талдауға негізделген технологиялық нұсқауларға сәйкес жүзеге асырады. Техникалық қызмет көрсету персоналының бақылаулары (балку деңгейі, ағынды және тасымалдау жүйесінің, бункерлердің, құбырлардың, газ құбырларының және басқа да жабдықтардың жағдайы). Пайда болған өндірістік жағдайлардың алуан түрлілігі, персоналдың әртүрлі біліктілігі, стохастикалық, көп өлшемді, стационарлық емес нысандар класына жататын ВБ ТК-нің күрделілігі қолданыстағы автоматтандыру жүйесінің жағдайында кешеннің сапалы бақылауын жүргізуге мүмкіндік бермейді, бұл технологиялық көрсеткіштердің көрсетілген көрсеткіштерден ауытқуына, жабдықтың істен шығуына, өнімсіз тоқтауларға, сондай-ақ төтенше жағдайлардың пайда болуына әкеледі [3, 4, 5].

Өндірістің үздіксіз сипаты және жабдықтың жұмыс режимдеріне технологиялық шектеулер кешеннің басқару жүйесіне іргелес кезеңдердің жүктемелерін үйлестіру және жекелеген процестердің және тұтастай алғанда кешеннің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету тұрғысынан қатаң талаптар қояды.

Автогендік процестерді дамыту өндіріске техникалық құралдар мен автоматтандыру жүйелерін белсенді енгізу және ғылыми зерттеулерде математикалық модельдеу әдістерін қолдану кезеңінде жүзеге асырылды. «Ванюков балқытқышын» енгізу барысында физикалық-химиялық зерттеулермен және ТК жобалық параметрлері мен жұмыс параметрлерін, соның ішінде ілеспе жабдықтарды әзірлеумен қатар, жаңа технологияны дамытумен бір мезгілде әзірленген процестің математикалық модельдерін құру және оларды басқару жүйелерінде қолдану бойынша жұмыстар жүргізілді. Мұндай жұмыстар Норильск және Балқаш тау-кен металлургия комбинаттарының мыс зауыттарында жүргізілді [3-8].

Автоматтандыру жүйелерін құру бойынша барлық жұмыстарда өрттен қорғау процесін тиімді басқару мақсатында математикалық модельдерді

қолдану жоспарланған, бірақ бірқатар объективті себептерге, негізінен автоматтандырудың техникалық құралдарының төмен деңгейіне және сол буындағы кеңестік басқару компьютерлерінің шектеулі мүмкіндіктеріне байланысты, бұл мақсаттар жүзеге асырылмады.

Соңғы жылдары технологияларды басқару саласындағы сарапшылардың тәжірибесі мен білімін формализациялайтын интеллектуалды технологиялар мен жүйелер кеңінен таралды. Атап айтқанда, Б.А. Сүлейменов [9] еңбегінде интеллектуалды технологиялардың артықшылықтары мен оларды әртүрлі химиялық және металлургиялық процестерді басқару үшін қолдану туралы шолу және егжей-тегжейлі сипаттама берілген.

Жұмыстарға автогендік балқыту процестерін басқару үшін интеллектуалды технологияларды қолданудың әртүрлі аспектілері арналған, соның ішінде Ванюков балқыту [9 - 12].

Диссертацияның өзектілігі:

Диссертацияның өзектілігі өндірістің тиімділігі мен бәсекеге қабілеттілігін арттыруға әкелетін келесі міндеттерді шешумен байланысты:

1. Жекелеген емес, күрделі процестерді басқару: жұмыс жеке процесс үшін емес, мыс балқытудың өзара байланысты технологиялық кешені, соның ішінде араластыру, балқыту және қалдық газдардың жылуын қалпына келтіруді қамтитын басқару жүйесін әзірлеуге арналған.

2. Байланысты салалардың талаптарын ескере отырып: бақылау жүйесі мыс балқыту цехының және күкірт қышқылы цехының конвертер бөлімінің талаптарын ескереді.

3. Математикалық және интеллектуалды модельдерді пайдалану: сараптамалық пікірлерді қалыптастыру, шешім қабылдаудың ақпараттық базасын кеңейту және болжамды модельдер мен «виртуалды» сенсорларды қолдана отырып, басқару жүйесін құру.

4. Технологиялық кешенді басқару міндеті жеке процестерге тапсырмаларды тағайындай отырып, жоғары деңгейлі оңтайландыру критерийлерін қолдана отырып, басқару мүмкіндіктерін кеңейтеді.

Диссертацияның мақсаты:

Мыс балқыту өндірісі үшін тиімді гибриді басқару жүйесін синтездеу, бұл негізгі процестер бойынша міндеттерді ескеретін жоғары деңгейлі оңтайландыру критерийіне көшуге мүмкіндік береді.

Жұмыстың негізгі идеясы:

Интеллектуалды және гибриді технологиялар негізінде алгоритмдер мен басқару модельдерін әзірлеу, процесс операторларының тәжірибесі мен түйсігін және нақты уақыт режимінде алынған деректерді ескеретін жинақталған білім.

Артықшылықтары:

- басқару жүйесін дамыту уақытын қысқарту;
- Басқару жүйесінің дәлдігі мен тиімділігін арттыру.

Зерттеудің мақсаттары:

1. Мыс балқыту өндірісінің технологиялық кешенінің техникалық жағдайын бағалау және аналитикалық шолу негізінде гибридті басқару жүйесін құру тұжырымдамасын қалыптастыру.

2. Ванюков балқыту комбинатының (ПВ) гибридті басқару жүйесін күрделі технологиялық кешен ретінде синтездеу негізін теориялық негіздеу.

3. Мыс балқыту технологиялық кешені үшін гибридті басқару жүйесінің математикалық моделінің құрылымын әзірлеу.

4. Мыс балқыту технологиялық кешенінің үлкен деректерін талдау және өңдеуге негізделген модельдер мен басқару алгоритмдерін синтездеу.

5. Гибридті басқару жүйесінің прототипін тестілеу және сезімталдық, тұрақтылық, айқындық және оның жеткіліктілігін бағалау үшін зерттеу.

Зерттеу объектісі:

Аталған зерттеу нысаны Балқаш мыс балқыту зауытында мыс концентраттарын балқытудың кешенді технологиялық кешені болып табылады.

Зерттеу әдістері:

Қойылған міндеттерді шешу үшін жұмыста математикалық модельдеу, технологиялық процестерді оңтайландыру, сәйкестендіру әдістері мен статистикалық динамика әдістері қолданылады.

Модельдеу құралдары ретінде қазіргі заманғы MATLAB қолданба пакеттері пайдаланылды: Fuzzy Logic Toolbox және System Identification Toolbox және Comsol Multiphysics.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

Диссертацияда бірегей сипаттамаларымен ерекшеленетін келесі ғылыми ережелер әзірленіп, ұсынылды:

1. Алғаш рет жеке процесті емес, өзара байланысты технологиялық кешенді, оның ішінде өзара байланысты технологиялық кешенді, оның ішінде байланысты салалардың талаптарын ескере отырып, басқару мәселесі қаралды.

2. Ережелер базасын қалыптастыру үшін үлкен деректер мен білімді жинау мен өңдеуді біріктіретін гибридті тәсіл мен PI басқару алгоритмі әзірленді.

Қорғауға келесі ғылыми ережелер ұсынылады:

- объектілерді басқару процесінің гибридті модельдерін әзірлеу әдістері мен құралдары;

- балқыту өнімінің шөгінді аймағында және балқыту өнімінің шөгінді аймағында болып жатқан процестерді сипаттайтын математикалық модельдің құрылымы;

- Өнеркәсіптік контроллерді Matlab моделі параметрлерін модельдеу және статистикалық бағалау үшін ортамен біріктіру құралдары;

- Балқаш мыс балқыту зауытының өнеркәсіптік жағдайында алынған эксперименттік деректер мен интеллектуалды басқару алгоритмдерін сынақтан өткізу;

Агрессивті ортада кешеннің жылу режимін бағалау үшін Comsol Multiphysics бағдарламасында жүзеге асырылған модель.

Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы:

Ванюков пешінде сульфидті шикізатты балқыту процесі түсті металлургиядағы ең озық процестердің бірі болып табылады. Алайда, оның әлемдік тәжірибеде кеңінен қолданылуы өте шектеулі, бұл негізінен тиімді автоматты басқару жүйесінің болмауымен байланысты. Қазақстанда «Қазмырыш» ЖШС металлургиялық кешені үшін австралиялық Xstrata компаниясының лицензиясы бойынша тағы бір автогендік процесс ISASMELT™ таңдалды, оның автоматтандыру жүйесі «дайын» негізінде жеткізіледі және процесті дәстүрлі бақылау мен реттеуден басқа, математикалық модельдер негізінде ең жақсы режимдерді таңдауды қамтамасыз ететін бірқатар есептеу модульдерін қамтиды.

Ұсынылған әдістер мен құралдар:

- күрделі технологиялық процестердің кең спектрі үшін интеллектуалды және гибридті басқару жүйелерін құру мүмкіндіктерін ашу;
- Ванюков балқыту аясында бұл әдісті отандық және шетелдік түсті металлургия кәсіпорындарында енгізуге ықпал етеді.

Әзірленген ВБ басқару жүйесі:

- технологиялық процестің тиімділігін қамтамасыз ету;
- оны жүзеге асыру шығындарын азайту;
- зиянды шығарындылардың көлемін азайту;
- Бұл айтарлықтай экономикалық және экологиялық әсерге әкеледі.

Алынған нәтижелер:

- күрделі технологиялық процестерді оңтайлы басқару үшін интеллектуалды және гибридті жүйелерді дамытудың сенімді (тәжірибеде дәлелденген) құралын құруға;
- Қазақстан мен әлем экономикасының түрлі салаларындағы түрлі технологиялық нысандар үшін ұқсас жүйелерді құру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Күтілетін экономикалық тиімді бағалау: кәсіпорынның өндірістік жағдайында ұсынылған басқару алгоритмдерін сынағаннан кейін ғана мүмкін болады.

Ғылыми нәтижелерді алуға автордың жеке қатысуы төмендегідей:

- зерттеу міндеттерін қою және оларды жүзеге асыру жолдары;
- Бақылау объектісін тексеру, басқару процестерін модельдеу үшін тәжірибелі оператор-технологтардың сараптамалық пікірлерін жинау;
- эксперименттік деректерді өңдеудің корреляциялық талдауын жүргізу және ISR пешінің қосымша аймағында және балқыту өнімдерінің стратификациялық аймағында (шөгінді аймақта) болып жатқан процестерді сипаттайтын математикалық модель құрылымын әзірлеу
- әзірленген басқару модельдерін сезімталдық, тұрақтылық, айқындық бойынша зерттеу жүргізу және олардың жеткіліктілік дәрежесін бағалау;
- кешеннің жылу режимін бағалауға мүмкіндік беретін Comsol Multiphysics бағдарламалық платформасын пайдалана отырып жүзеге асырылатын агрессивті ортадағы температураны басқару құрылғысының физикалық моделін әзірлеу;

- Балқаш мыс балқыту зауытында өнеркәсіптік жағдайларда интеллектуалды басқару алгоритмдерін тестілеу.

Жұмысты бағалау. Жұмыстың негізгі ережелері мен нәтижелері отандық және шетелдік ғылыми конференцияларда: «Ғылым, технология және білім берудегі есептеу және ақпараттық технологиялар» халықаралық ғылыми конференциясында (CITech-2015, Алматы-Новосибирск: ҚазҰУ, 2015); «Қазақстанның жаңа экономикалық саясатын жүзеге асырудағы жас ғалымдардың рөлі мен орны» (Алматы: ҚазҰТУ, 2016 ж.), «Любелские цифровые науки и бизнес» конференциясы шетелдік ғылыми конференциясында баяндалды және талқыланды. WD 2016» (Люблин, 2016); "XXI ғасырдағы еуропалық ғылым - 2016" халықаралық ғылыми конференциясы; «Экологиялық инженерия V: экологиялық инженерияның бесінші конгресінің материалдары» (Люблин, 2016 ж.).

Жарияланымдар. Зерттеудің негізгі нәтижелері 13 жарияланымдарда, оның ішінде халықаралық ғылыми конференцияларда 8 мақала, оның ішінде 4 шетелдік конференцияларда (Люблин, Польша), инженерлік-техникалық журналда 1 мақала, Қазақстан Республикасы Жоғары білім министрлігінің Ғылым мен жоғары білім беру сапасын қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда 3 мақала және Scopus/Web of Science деректер базасына енгізілген халықаралық рецензияланатын ғылыми журналдарда 2 мақала жарияланды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі: Диссертация кіріспеден, негізгі мазмұнының төрт тарауынан, негізгі тұжырымдар мен нәтижелердің бөлімінен, 63 атаудан және 5 қосымшадан алынған дереккөздер тізімінен тұрады. Диссертация 124 беттен, 50 суреттен және 10 кестеден тұрады.

Жұмыстың бірінші бөлімінде мыс балқыту технологиялық кешенінің техникалық жағдайының жалпы сипаттамасы берілген, оның ішінде Ванюков балқыту процесінің бақылау нысаны ретінде сипаттамасы берілген. Гибридті басқару жүйелері туралы жалпы ақпарат және металлургиялық процестер үшін гибридті басқару жүйелерін құрудағы интеллектуалды технологиялардың артықшылықтары мен кемшіліктері сипатталған. Қазіргі таңда осы жүйенің автоматтандыру жүйесі қарастырылады. Сонымен қатар, бөлімде ғылыми-зерттеудің мақсаты мен негізгі міндеттері, сондай-ақ ғылыми-зерттеу жұмысының жалпы әдістемесі анықталады.

Екінші бөлімде гибридті басқару жүйесін құрудың жалпы тұжырымдамасы, химиялық реакциялар кинетикасы математикалық моделінің сипаттамасы және гидродинамикалық модельдің сипаттамасы ұсынылады. Сонымен қатар, «Ванюков балқыту» технологиялық процесін басқаруды таңдауды негіздеу үшін әртүрлі металлургиялық процестер үшін қолданыстағы басқару жүйелерінің салыстырмалы талдауы берілген.

Үшінші бөлімде технологиялық режимнің математикалық сипаттамасы ұсынылады, технологиялық және жылу режимдерінің модельдерінің құрылымын қоса алғанда, технологиялық кешеннің математикалық моделін әзірлейді. Содан кейін балқыту процесінің жылулық және материалдық режимдерін басқару үшін компьютерлік модельді іске асыру сипатталады.

Осыдан кейін гибриді басқару жүйесін синтездеу мәселесі тұжырымдалады. Ванюковтың балқыту кешені. Бұл бөлімде негізгі математикалық теңдеулерден бастап, арнайы басқару алгоритмдеріне дейін бәрін қамтиды.

Төртінші бөлімде Балқаш мыс балқыту зауытының жағдайында Ванюков пешінің технологиялық кешенінің үлкен деректері алынды, талдау жүргізілді және олардың негізінде математикалық модельдің параметрлік сәйкестендірілуі жүргізілді.

Бесінші бөлімде гибриді басқару жүйесінің прототипі сынақтан өтіп, өнеркәсіптік зерттеу жүргізіледі. Comsol Multiphysics бағдарламасындағы эксперименттік әдіс негізінде Ванюков пешіндегі жылу режимін бақылау жүйесі әзірленді. Содан кейін Ванюков пешіндегі жылу режимінің математикалық сипаттамасы ұсынылады. Әрі қарай, модельді іске асыру үшін бағдарламалық жасақтама таңдалады және физикалық модельде жылу беру модельделеді. Жұмыс тәсілдері. Параметрлер нейрондық желі арқылы алдын ала болжалады. Қорытындылай келе, реттегіштерді қолдана отырып, пештің жылу режимінің тұрақтылығын анықтау үшін зерттеу жүргізіледі.

Диссертацияның қорытындысында ұсынылған әзірлемелер мен зерттеулердің нәтижелері бойынша жұмыстың негізгі тұжырымдары тұжырымдалады.

Диссертацияның қосымшаларында эксперименттік деректер, Comsol Multiphysics-те модельдеу нәтижелері, шампотты кірпіштерді әртүрлі температура жағдайларында қыздыру бойынша тәжірибе нәтижелері, зерттеу нәтижелерін тәжірибеде қолдануды растайтын құжаттама, диссертациялық зерттеулерге қатысты ғылыми-тәжірибелік жұмыстарды орындау туралы куәлік және диссертацияның ғылыми нәтижелерін іске асыру актісі ұсынылған.