

**6D070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығының
PhD докторанты Токтасынова Нигина Ришатовнаның
«Фосфат кендерін агломерациялау үшін процестерді басқару
жүйелерін модельдеу және зерттеу» тақырыбындағы диссертациялық
жұмысқа
АҢДАТПА**

Жұмыстың өзектілігі. ТМД елдерінің аумағында фосфорлы өнімдерді шығарудан үздік компания болып табылатын «Казфосфат» ЖШС Қазақстан Республикасының фосфорлы өнеркәсібін көрсетеді. Компанияның өнімдері Шығыс және Батыс Еуропа, ТМД елдері, Қытай, сонымен қатар ішкі нарыққа жеткізіледі. Кәсіпорынның маңызды өнімдерінің бірі- сары фосфорды өндірудің бастапқы сатысы агломерация процесі болып табылады.

Агломерация бейсызықты процесс, сондықтан ақырғы өнімнің сапасын шынайы уақыт режимінде басқару күрделі тапсырма болып саналады. Іс жүзінде процессті басқару кешігумен болады: оператор дайын өнім алғаннан кейін ғана процесстің параметрларын өлшейді, қайта өңдеу үшін бастапқы сатыға қайтарылуы тиіс, ол қайтару- агломераттың пайда болуына алып келеді. Бұл жағдай, қайта өңделетін қайтарулардың санының артуына алып келеді. Бұл жағдайда шығындар аз болғанымен, қайтару процеске ауытқу және біріктіруге қосымша шығындарға алып келеді. Осыған байланысты өнімнің сапасын жақсарту үшін, объектің математикалық моделін жасау есебінен шығындар азаятын процессті зерттеу керек. Сонымен бірге, агломерат алынбас бұрын процессті басқару оңтайлы мәселе болып табылады, оны агломашинаның соңына жетпей біріктіру сатысында өнімнің сапасын болжау есебінен шешуге болады, ол басқару бойынша шешімді ертерек қабылдауға мүмкіндік береді.

Жұмыстың мақсаты фосфоритті кеннің агломерация процесін моделдеу және басқару құрылымын жасау болып табылады. Осыған байланысты моделдеудің бағытын, моделдің құрылымын анықтау, физикалық құбылыстардың жасалған математикалық моделдерін сипаттау, баламалылық пен дәлдікке тексеру қажет. Алынған бастапқы мәліметтер негізінде ақырғы өнімнің сапасын шынайы уақыт режимінде болжауға мүмкіндік беретін динамикалық болжамды моделді жасау қажет. Динамикалық болжамды моделді жасау үшін бар моделдерді анализдеу, оның негізгі параметрларын анықтау, пайдаланылатын мәліметтер тұрғысынан оңтайлы модель құрастыру, дәлдігін есептеу және болжамды модель негізінде басқару жүйесінің құрылымын ұсыну қажет.

Жұмыстың негізгі идеясы. Кеуек материалдардағы жылуалмасу теориясына негізделіп, агломерация процесіне зерттеулер жүргізу үшін біріктіру кезінде болатын және болжау жүйесін жасау үшін біріктіру температурасының қисықтарын алу үшін, физика-химиялық айналулар негізінде математикалық модель жасау. Бастапқы сұрыптаудың аз мөлшері мен бірнеше айнымалы негізінде агломераттың бірігу нүктесінің оңтайлы

динамикалық моделін жасау және болжам негізінде басқару құрылымын ұсыну.

Зерттеу мәселелері. Диссертациялық жұмысты орындау барысында докторант келесі мәселелерді қойды:

– агломерация процессінің математикалық моделдерін анализдеу: негізгі бағыттарын, моделдеу әдістерін, пайдаланылған физика-химиялық процесстер мен моделдеу мәселелерін. Математикалық моделдердің маңыздылығы басым белгілерін анықтау;

– агломерация процессінің математикалық моделін жасау және баламалылыққа тексеру: негізгі физика-химиялық процесстерді, моделдеу ортасын сипаттау, зерттеу нәтижелерін көрсету;

– бірігу нүктесінің болжамды моделдерін анализдеу: болжамға қолданатын негізгі алгоритмдерді анықтау, артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтау, болжам жасау үшін оңтайлы алгоритмді таңдау;

– бірігу нүктесін болжамының динамикалық математикалық моделін жасау: бар моделдерді баламалылық пен дәлдікке тексеру, оқыту үшін, сонымен қатар оңтайлылықты табу алгоритмдерін қолдану үшін бастапқы сұрыптаудың оңтайлы мөлшерін таңдау арқылы моделдердің дәлдігін арттыру;

– болжамды модель негізінде басқару жүйесінің құрылымын жасау және нәтижелерін көрсету.

Зерттеу объектісі. Фосфоритті кеннің агломерация процессі зерттеу объектісі болып табылады.

Зерттеу әдістері. Қойылған мәселелер теоретикалық және практикалық зерттеулерді өткізудің **әдістерімен** шешілді. Қойылған мәселелерді шешу барысында қатты және газтәріздес орталарда жылу тасымалдау, кеуек материалдағы жылуалмасу заңдары, газдың қозғалыс заңдары, отынның жану теңдеулері, корреляция әдістері, сұр жүйелер теориясының әр түрлі алгоритмдері, «бөлшектер тобын» оңтайландыру алгоритмдері, сонымен қатар агломерация процессінің теориясы мен негізгі принциптері қолданылды.

Жұмыстың ғылыми жаңалылығы. Зерттеудің ғылыми жаңалылығы келесіде:

– қатты және газтәріздес орталардағы классикалық жылуалмасудың орнына кеуек материалдардағы жылуалмасу физикасы негізінде фосфоритті кен агломерациясының моделі құрастырылды;

– жаңа оңтайлы болжамды сұр модель жасалды;

– жасалған оңтайлы болжамды сұр модель негізінде агломераттың бірігу нүктесінің болжамын алудың алгоритмі ұсынылды;

– болжамның жасалған динамикалық моделі бар агломерация процессінің басқару құрылымы ұсынылды.

Қорғауға келесі ғылыми қағидалар шығарылады:

1) кеуек орталарда жылуалмасудың физикалық заңдарын қолданып, COMSOL Multiphysics ортасында жасалған математикалық модель, ол шихта ішіндегі температура өзгергенде, қысым, отынның құрамы, су мен процесстің

басқа параметрлары өзгергенде агломерация процессін зерттеуге, сонымен қатар шынайы жағдайлар мен жұмыс режимін есепке ала отырып, параметрлік анализдеу мен процесті оңтайландыруға мүмкіндік береді;

2) әсер ететін параметрларды анықтау, бастапқы сұрыптау көлемі мен осы моделді жасаудан тұратын, $GMC(1,n)$ тұқыртуының үздіксіз интегралды сұр моделі мен «бөлшектер тобы» оңтайландыру әдісі негізінде жасалған $OGMC(1,n)$ оңтайлы сұр болжамды моделінің жасалған қадамдық алгоритмі;

3) жалғыз әсер ететін параметр-газдың жылдамдығын қолданып жасалған фосфоритті кеннің бірігу нүктесінің динамикалық сұр болжамды моделі;

4) динамикалық болжамды модель негізіндегі басқару құрылымы.

Келтірілген зерттеулер нәтижелерінің практикалық маңызы.

Физика-химиялық айналулар негізінде жасалған математикалық моделдің практикалық маңызы келесіде:

– агломерация процессін зерттеуде: құрамның өзгеруі, параметрлік анализ бен оңтайландыру есептерун шешу, соңғы өнімді жақсарту үшін математикалық эксперименттер жасау;

– агломерация процесстерін және кеуек материалдарда жылуалмасудың физикалық заңдарын қолданудың оқыту платформасы (жаттықтырғыш) ретінде математикалық моделді пайдалануда.

Сұр жүйелер теориясы негізінде жасалған болжамды моделдің практикалық маңызы келесіде:

– агломераттың бірігу нүктесінің мәнін болжау және болжам негізінде басқару әсерін синтездеуде;

– «сұр экспоненттік заң» сипаты бар кез келген процесс үшін болжамның математикалық моделін құру алгоритмін пайдалануда.

Ғылыми нәтижелерді алуда **автордың нақты жеке қатысуы** бар:

– зерттеу мәселелері мен оларды жүзеге асыру әдістерін қоюда;

– кеуек материалдарда жылуалмасудың физикалық процесстері арқылы динамикасын сипаттайтын математикалық моделді жасау мен құрастыруда;

– сұр жүйелер теориясы негізінде оңтайлы динамикалық болжамды моделді жасау мен құрастыруда;

– болжамның динамикалық моделі негізінде басқару жүйесінің құрылымын жасауда.

Жұмысты апробациялау. Зерттеудің негізгі нәтижелері Халықаралық конференцияларда баяндалды және талқыланды: «Макроэкономикалық анализ бен экономикалық саясаттың математикалық әдістері мен ақпаратты технологиялары», 2017 жылы Алматы қ. өтті, Қазақстан; The 16th International Scientific Conference Information Technologies and Management», 2018 жылы Рига қ. өтті, Латвия; «Integration of the Scientific Community to the Global Challenges of Our Time», 2019 жылы Саппоро қ. өтті, Жапония; «International Conference on Control, Automation and Diagnosis (ICCAD)», 2019 жылы Гренобль қаласында өтті, Франция.

Басылымдар. Зерттеу нәтижелері бойынша 9 жұмыс жарияланды. Оның ішінде, халықаралық конференцияларда 4 тезис баяндама, оның біреуі IEEE технологиясын дамыту бойынша әлемдегі ең үлкен кәсіби техникалық ұйым болып табылады, 3 жұмыс ЖАК тізімінің журналдарында, Scopus халықаралық дәйексөз базасына кіретін шетелдік басылымда 1 мақала және JCR-ға (journal citation reports) кіретін журналда 1 мақала жарияланды.

Диссертацияның құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, бес бөлімнен, қортынды мен қосымшалардан, 92 атауы бар библиографиялық тізімнен тұрады және 123 беті, 55 суреті мен 10 кестесі бар.

Бірінші бөлімде агломерация технологиялық процессінің басқару объектісі ретінде ерекшеліктері қарастырылды және агломерация процессінің моделдеу үшін бағыт анықталды. Бөлімде агломерация процессінің түрлі моделдеріне шолу жасалған, олардың ерекше сипаттары, артықшылықтары мен кемшіліктері шығарылған. Моделдердің салыстырмалы анализі негізінде агломерация процессінің моделінің кейінгі түрі, негізгі параметрлері мен процесстің айнымалылары, жорамалдары мен шектеулері анықталды.

Екінші бөлімде моделдеу объектісі көрсетілген, агломераттың бірігу процессін сипаттаймын негізгі теңдеулері берілген, моделдің қасиеттері мен параметрлары анықталды. Бастапқы шихтадан агломерат алу үшін өтетін процесстердің физикалық қасиеттері сипатталған. Сонымен қатар процесстің моделі жасалды және моделдеу нәтижелері келтірілген.

Үшінші бөлім болжамды моделдер мен оларды пайдаланудың заманауи жағдайын бағалауға арналған, бар моделдер және оларды жасау әдістері талданды. Өткізілген талдау негізінде бірігу моделі ретінде сұр жүйелер теориясы таңдалды.

Төртінші бөлім болжамды моделдің негізгі айнымалыларын анықтаудан бастап, оңтайлы сұр модель жасауға дейін бірігу нүктесін болжаудың математикалық моделін жасауға арналды. Бөлімшелерде сұр жүйелердің әр түрлі моделдері, сонымен бірге фосфоритті кенде агломерация процессі үшін қолдануы келтірілген. Нәтижесінде, сұр жүйелер теориясы негізінде агломераттың бірігу нүктесін болжаудың математикалық моделі жасалды, ол мәліметтердің ақ сұрыптауы негізінде жоғары дәлдікпен нәтиже алуға мүмкінді береді.

Бесінші бөлім агломераттың бірігу нүктесіне жету мақсатымен шынайы уақыт режимінде процесстің айнымалыларын өзгертуге мүмкіндік беретін, болжамның динамикалық моделі негізінде басқару жүйесінің құрылымын сипаттауға арналған.

Диссертацияның **қортындысында** келтірілген зерттеулер нәтижелері бойынша жұмыстың негізгі қортындылары тұжырымдалды.

Қосымшада агломерациялық цехтың бастапқы мәліметтері жайлы ақпарат келтірілген, болжамды моделдер жасау үшін және практикалық мақсатта жұмыс нәтижелерін қолдану үшін алгоритмдер көрсетілген.