

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ. И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамы

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы

Триполифосфат натрий алу үрдісін басқару жүйесін құру

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M07101 – Автоматтандыру және роботтандыру

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ. И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамы

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

ӘОЖ: 66.011:681.511.5 (043)

Қолжазба құқығында

Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы
Дайындау бағыты

Триполифосфат натрий алу үрдісін басқару жүйесін құру
7M07101 – Автоматтандыру және роботтандыру

Ғылыми жетекші
техн. ғыл. канд. қауым. проф.

Орынбет М.М.
(қолы)

«19» маусым 2025 ж.

Рецензент

техн. ғыл. канд. доцент

Туманов И.Е.
(қолы)

«19» маусым 2025 ж.

Норма бақылаушы

техн. ғыл. магистрі

Манатов Қ. А.
(қолы)

«19» маусым 2025 ж.



КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

АЖБ кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

Сарсенбаев Н.С.

(подпись)

«19» 06 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ. И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамы

Автоматтандыру және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

7M07101 – Автоматтандыру және роботтандыру



БЕКІТЕМІН

АжБ кафедра меңгерушісі

Техн. ғыл. канд.

Сарсенбаев Н.С.

«19» 06 2025 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант Ұласқан А.Ө.

Тақырыбы «Триполифосфат натрий алу үрдісін басқару жүйесін құру»

Жаутиков Б. 2023 жылғы «04» желтоқсан № 548-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі «21» 06 2025 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: Натрий триполифосфатын (НТФН) алу процесіне арналған басқару жүйесін жобалау, оны өндірістік жағдайларда оңтайландыру.

Магистрлік диссертацияда әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

- а) технологиялық бөліктің сипаттамасы;
- ә) автоматты басқару жүйесінің құрылымдық схемасын әзірлеу;
- б) процесті басқару жүйесін автоматтандырудың функционалдық схемасын әзірлеу;
- в) есептеу бөлігі;
- г) басқару бағдарламасын әзірлеу.

График материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

ТПФН алу үрдісін басқару жүйесіндегі функционалдық схемасы

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

- 1 Триполифосфат натрийдің қолдану қасиеттері. Техникалық сипаттама // Химия Z. – 2012. – 3-басылым. – 62-73б.
- 2 Макара А., Взорек З. Концентрленген фосфор қышқылынан триполифосфат натрийді бір сатылы әдіспен алу // Химия. – 2009. – № 4. – 370-379б.
- 3 Banach M., Kowalski Z., Wzorek Z., Gorazda K. A chemical method of the production of "heavy" sodium tripolyphosphate with the high content of Form I or Form II // Polish Journal of Chemical Technology. – 2009. – 11-20p.

Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Технологиялық бөлім Натрий триполифосфатын өндіру технологиясы	13.02.2024 ж.	
Технологиялық бөлім Натрий триполифосфаты өндірісінің энергия тиімділігін арттыруға арналған технологиялық процестерді интеграциялау	07.03.2024 ж.	
Технологиялық бөлім Натрий триполифосфатын өндіру технологиясын басқарудың функционалды схемасын әзірлеу	23.11.2024 ж.	
Есептеу бөлімі Кептіру үрдісінің автоматты реттеу жүйесін талдау	14.12.2024 ж.	
Есептеу бөлімі Кептіргіш мұнараға автоматты реттеу жүйесін құру бағдарламасын әзірлеу	19.02.2025 ж.	

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен норма бақылаушысының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Орынбет М.М. техн. ғыл. канд. қауым. проф.	19.06.2025	
Есептік бөлім	Орынбет М.М. техн. ғыл. канд. қауым. проф.	19.06.2025	
Норма бақылаушы	Манатов Қ. А. техн. ғыл. магистрі	20.06.2025	

Ғылыми жетекші

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Күні

Қолы
Қолы

Орынбет М.М.

Ұласқан А.Ө.

«10» 12 2023 ж.

АНДАТПА

Бұл жобаның негізгі мақсаты – натрий триполифосфатын (НТФН) алу процесіне арналған басқару жүйесін жобалау, ол өндірістік жағдайларды оңтайландырып, өнім сапасын арттырып және шығындарды төмендетуге бағытталған. Басқару жүйесі өнімнің сапалық сипаттамаларын жақсартуға, сондай-ақ өндіріс барысын тиімді бақылауға және реттеуге мүмкіндік береді.

Жоба аясында кептіру және қыздыру пешін пайдалана отырып, НТФН өндірудің технологиялық сұлбасы қарастырылды, сондай-ақ осы үдерістің құрылымдық ерекшеліктері мен жұмыс істеу принциптері зерделенді. Материалдық баланс есептеліп, оның негізінде жоғары тиімділікке қол жеткізетін ықтимал және тиімді біріктірілген технологиялық тәсіл таңдалды.

Жасалған басқару жүйесі өндірістік шығындарды төмендетуге ықпал етеді және оны НТФН өндірісіне қажетті түрлі салаларда тиімді пайдалануға болады деп болжануда.

АННОТАЦИЯ

Основной целью данного проекта является разработка системы управления процессом получения триполифосфата натрия (НТФН), которая направлена на оптимизацию условий производства, повышение качества продукции и снижение затрат. Система управления позволяет улучшать качественные характеристики выпускаемой продукции, а также эффективно контролировать и регулировать ход производства.

В рамках проекта была рассмотрена технологическая схема производства НТФН с использованием сушильно-нагревательной печи, а также изучены конструктивные особенности и принципы работы этого процесса. Был рассчитан материальный баланс, и на его основе выбран вероятный и эффективный комбинированный технологический подход, который позволил бы достичь высокой эффективности.

Предполагается, что созданная система управления будет способствовать снижению производственных затрат и может быть эффективно использована в различных отраслях промышленности, необходимых для производства НТФН.

ABSTRACT

The main goal of this project is to design a control system for the process of obtaining sodium tripolyphosphate (NTFN), which aims to optimize production conditions, improve product quality and reduce costs. The management system allows you to improve the quality characteristics of products, as well as effectively monitor and regulate the course of production.

Within the framework of the project, the technological scheme for the production of NTFN using a drying and heating furnace was considered, as well as the structural features and principles of operation of this process were studied. The material balance was calculated, and on its basis a probable and effective combined technological approach was selected, which would achieve high efficiency.

It is assumed that the created management system will contribute to reducing production costs and can be effectively used in various industries necessary for the production of NTFN.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе

1 Технологиялық бөлім

1.1	Натрий триполифосфатын өндіру технологиясы	8
1.2	Натрий триполифосфатының өндірісі	10
1.3	Триполифосфат натрийдің физика және химиялық қасиеттері	11
1.4	Триполифосфат натрий өндірісінің технологиясының сипаттамасы. Қолдану аймағы	12
1.5	Натрий триполифосфаты өндірісінің энергия тиімділігін арттыруға арналған технологиялық процестерді интеграциялау	15
1.6	Натрий триполифосфаты өндірісінің технологиялық сипаттамасын құру	16

2 Арнайы бөлім

2.1	Кептіру үрдісінің басқару объектісі ретіндегі сипаттамасы	22
2.2	Зерттеу есебінің қойылымы	23
2.3	ТПФН алу үрдісін басқару жүйесіндегі функционалдық схема	25
2.4	Қадамдық ПИ тәсілін қолданып қондырғыны жетілдіру	27
2.5	Процесті модельдеу кезеңі	30
2.6	Мүмкін болатын жақсартуларды бағалау	37
2.7	Есептің қойылымы бойынша кептіргіш мұнараға автоматты реттеу жүйесін құру	38
2.8	Кептіргіш мұнараға құрылған автоматты реттеу жүйесінің синтезі	39
2.9	Кептіру үрдісінің математикалық моделін құру	46
2.8	ТПФН кептіру және қыздыру үрдісіне ТҰАБЖ құру	49
2.10	ТҰАБЖ техникалық қамтамасыздандыру	53
2.11	Экономикалық тиімділік және энергияны үнемдеу	55

Қорытынды

Қысқартылған сөздер тізімі

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

КІРІСПЕ

Натрий-триполифосфаты ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) - тамақ, химия және фармацевтика салаларын қоса алғанда, әртүрлі салаларда кеңінен қолданылатын маңызды химиялық қосылыс.

Натрий триполифосфатын алу процесін басқару жүйесін әзірлеу осы процестің тиімділігін оңтайландыру және арттыру үшін үлкен маңызға ие. Бұл тапсырманың маңыздылығы натрий триполифосфатын алу процесінің белгілі бір қиындықтарға ие болуымен және температура, қысым, реактивтердің қатынасы және т.б. сияқты әртүрлі параметрлерді бақылауды және реттеуді қажет ететіндігімен түсіндіріледі.

Диссертацияның мақсаты - өндірістің оңтайлы жағдайларын, өнімнің сапасын жақсартуды және шығындарды азайтуды қамтамасыз ететін натрий триполифосфатын алу процесін басқару жүйесін әзірлеу.

Бұл диссертацияның өзектілігі - қазіргі уақытта технологиялық процестерді автоматтандыруды қолдану өзекті мәселе болып табылады. Қазақстан да автоматтандыру үрдісінсіз өткен жоқ және автоматтандыру еліміздің одан әрі дамуы үшін маңызды рөл атқарады. Өнімнің сапасын арттыру мақсатында натрий триполифосфатын алу процесін тиімді бақылауға және реттеуге мүмкіндік беретін басқару жүйесін құру.

Бұл жұмысты орындау барысында міндеттер: Кептіру-қыздыру пешін қолдана отырып, натрий триполифосфатын өндірудің технологиялық схемасы, сондай-ақ осы процестің құрылғысы мен жұмыс принципі зерттелді. Материалдық балансты есептеу орындалды. Есептеулердің нәтижелері бойынша жоғары тиімділікке қол жеткізуге мүмкіндік беретін перспективалы және тиімді біріктірілген әдіс схемасы таңдалды.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді шешу қажет:

- натрий триполифосфатын алудың қолданыстағы әдістері мен технологияларын талдау;
- натрий триполифосфатын алу процесіне әсер ететін негізгі факторларды зерттеу және анықтау;
- натрий триполифосфатын алу процесінің математикалық моделін жасау;
- математикалық модельге және негізгі факторларды есепке алуға негізделген басқару алгоритмін әзірлеу;
- басқару жүйесін іске асыру үшін бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу;
- әзірленген басқару жүйесінің тиімділігін тексеру үшін эксперименттер жүргізу.

Бұл жұмыстың нәтижелерін натрий триполифосфатын алу қажет болатын әртүрлі салаларда қолдануға болады деп күтілуде. Басқару жүйесін әзірлеу шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

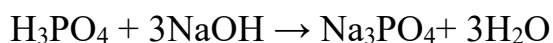
1 Технологиялық бөлім

1.1 Натрий триполифосфатын өндіру технологиясы

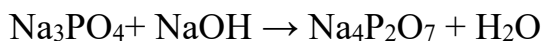
Натрий үшполифосфаты (натрий үшполифосфаты) өндіру технологиясы химия өнеркәсібіндегі маңызды процесс болып табылады. Натрий триполифосфаты – тамақ өңдеу, кір жуу және металлургия өнеркәсібі сияқты көптеген қосымшаларда қолданылатын бейорганикалық қосылыс.

Натрий триполифосфатын өндіру процесі әдетте бірнеше қадамдарды қамтиды:

Натрий фосфатын дайындау: Бастапқы компоненттер фосфор қышқылы (H_3PO_4) және натрий гидроксиді (NaOH). Бұл реагенттер реакторда реакцияға түсіп, натрий фосфаты (Na_3PO_4) және су (H_2O) түзеді.



Бейтараптандыру процесі: натрий фосфаты өндірілгеннен кейін оның ерітіндісі натрий гидроксиді (NaOH) сияқты сілтіні қосу арқылы бейтараптандырылады. Бұл негізгі натрий фосфатының түзілуіне әкеледі.



Триполифосфатты тұндыру: нәтижесінде алынған негізгі натрий фосфаты ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) натрий триполифосфатын алу үшін одан әрі өңделеді. Негізгі фосфат ерітіндісі қызады және артық су булану арқылы жойылады. Нәтижесінде натрий триполифосфатының қатты тұнбасы түзіледі.



Балку температурасы 622 °C құрайды, таза күйде балку температурасына дейін жеткілікті тұрақты, температураны ары қарай арттырғанда мета және пирофосфатқа ыдырайды[1].

Триполифосфат натрий суда да жақсы ериді. 20°C температура, 100 мл суда 50 г-ға дейін ериді.

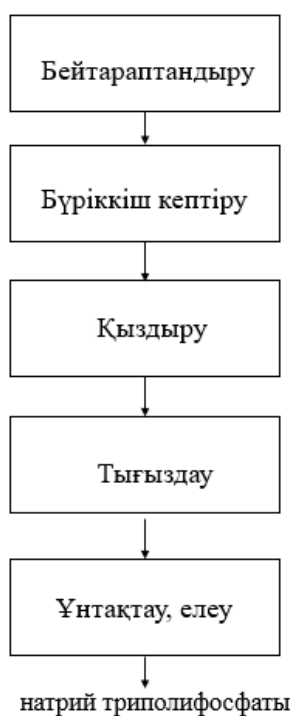
Кесте 1.1 - Триполифосфат натрийдің ерігіштік қасиетінің арту кестесі

T°C	25	50	75
100г судағы ерітіндінің ерігіштігі, грамм	16,68	17,18	23,25

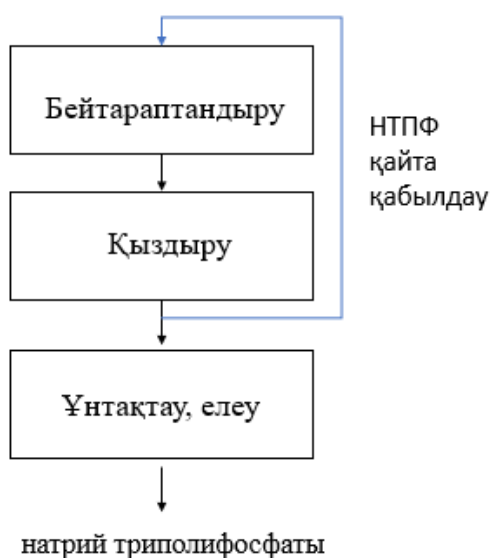
Натрий триполифосфаты зауытындағы өндіріс технологиясына тоқталатын болсақ:

Натрий триполифосфатының өндірісі – зауытта жүзеге асырылатын күрделі химиялық процесс.

Өнеркәсіптік масштабта натрий триполифосфаты бір немесе екі сатылы әдіспен натрий ортофосфатының ерітінділерінен жасалады. Бірінші нұсқада кептіру және қыздыру бір құрылғыда, көбінесе өнімді қайта өңдейтін айналмалы пеште жүзеге асырылады (1.1-сурет). Екі сатылы нұсқада кептіру бүріккіш кептіргіште, ал күйдіру айналмалы пеште жүреді (1.2-сурет).



1.1 - сурет - Классикалық бүріккіш кептіру әдісімен ТПФН алу схемасы



1.2 - сурет - ТПФН құрғақ бір сатылы жолмен алу схемасы

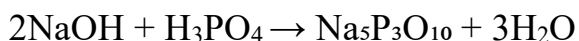
Натрий триполифосфатын өндірудің бүкіл процесі жоғары сапалы өнімдерді қамтамасыз ету және қоршаған ортаға ықтимал жағымсыз әсерлерді азайту үшін қатаң қауіпсіздік пен нормативтік талаптарды сақтауды талап етеді.

1.2 Натрий триполифосфатының өндірісі

Натрий триполифосфаты ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) тамақ өңдеу, кір жуу, жуғыш заттар, ыдыс жууға арналған жуғыш заттар, шыны, керамика және басқа материалдар сияқты әртүрлі салаларда кеңінен қолданылатын химиялық зат.

Шикізат және реакциялар

Натрий үшполифосфатының өндірісі бастапқы материал ретінде фосфор қышқылын (H_3PO_4) және натрий гидроксидін (NaOH) пайдалануға негізделген. Фосфор қышқылы мен натрий гидроксиді арасындағы реакция натрий триполифосфатының түзілуіне әкеледі:



Өндіріс процесі

Натрий триполифосфатын өндіру процесін бірнеше негізгі кезеңдерге бөлуге болады:

1. Реакция қоспасын дайындау: Фосфор қышқылы мен натрий гидроксиді реакторда белгілі пропорцияда араласады. Әдетте, натрий гидроксидінің артық мөлшері фосфор қышқылының толық конверсиясын қамтамасыз ету үшін қолданылады.

2. Реакция: Қоспа белгілі бір температураға дейін қызады және механикалық араластыру арқылы сұйық күйде ұсталады. Фосфор қышқылы мен натрий гидроксиді арасында химиялық реакция жүреді, нәтижесінде натрий триполифосфаты түзіледі.

3. Салқындату және кристалдану: Қоспаны салқындату арқылы реакция аяқталғаннан кейін алынған натрий үшполифосфаты ерітіндіден кристалдар түрінде шығады.

4. Бөлу және кептіру: Алынған натрий үшполифосфаты кристалдары ерітіндіден бөлініп, артық ылғалды кетіру үшін кептіру процесіне ұшырайды.

Сапа және бақылау

Натрий триполифосфатын өндіру процесінде өнімнің сапасын бақылау маңызды аспект болып табылады. Бұл негізгі заттың құрамын талдауды, қоспалар мен ластаушы заттарды анықтауды, сондай-ақ физика-химиялық және микробиологиялық сынақтарды қамтиды. Сапаны бақылау өнімнің белгіленген стандарттар мен қауіпсіздік талаптарына сәйкестігін қамтамасыз етеді.

Натрий триполифосфатының өндірісі фосфор қышқылы мен натрий гидроксиді арасындағы реакцияға негізделген. Бұл процесс реакциялық қоспаны дайындауды, химиялық реакцияны, салқындату мен кристалдануды, алынған өнімді бөлуді және кептіруді қамтиды. Сапаны бақылау өнімнің талаптар мен

стандарттарға сәйкестігін қамтамасыз ету үшін өндірістің маңызды бөлігі болып табылады.

1.3 Триполифосфат натрийдің физика және химиялық қасиеттері

Натрий триполифосфаты ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), сондай-ақ пентатрий триполифосфаты ретінде белгілі, өнеркәсіпте және тамақ өңдеуде кеңінен қолданылатын химиялық қосылыс. Оның әртүрлі физикалық-химиялық қасиеттері бар, бұл оны әртүрлі қолданбаларда пайдалы етеді.

Натрий триполифосфатының ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) физика-химиялық қасиеттері оның әртүрлі жағдайларда және қолданудағы әрекетін анықтайды. Бұл қасиеттерді дұрыс пайдалану және оның әртүрлі процестердегі рөлін түсіну үшін білу маңызды. Төменде натрий триполифосфатының кейбір физикалық-химиялық қасиеттері туралы толығырақ ақпарат берілген:

1) Ерігіштік

Натрий триполифосфатының суда ерігіштігі жоғары. Бөлме температурасында 10 г/мл дейін оңай ерітіледі. Бұл оны суда еритін компоненттерді жылдам және толық ерітуді қажет ететін процестерде пайдалану үшін тиімді етеді;

2) Химиялық тұрақтылық

Натрий триполифосфаты көптеген жағдайларда химиялық тұрақты. Ол сілтілі ерітінділерде тұрақты және жоғары термиялық тұрақтылыққа ие. Бірақ қышқылдық жағдайда немесе жоғары температурада ол тотығу дәрежесі төмен фосфаттарға ыдырауы мүмкін;

3) pH

Натрий триполифосфаты – сілтілі қосылыс. Сондықтан оның ерітінділері жоғары pH-ға ие, әдетте 1% ерітіндіде шамамен 11. Бұл қасиет оны жуғыш ұнтақты өндіру немесе тағамды тұрақтандыру сияқты pH бақылануы немесе сақталуы қажет процестерде пайдалы етеді;

4) Кешендердің түзілуі

Натрий үшполифосфаты әртүрлі металл иондарымен, соның ішінде кальций, магний және темір иондарымен комплекстер түзеді. Бұл оны өнеркәсіптік жүйелердегі майсыздандыру және көбіктену сияқты қатты шөгінділер мен тұнбалы тұздарды кетіру процестерінде қолдануға мүмкіндік береді. Күрделі қасиеттерді тағамдарды тұрақтандыру және ингредиенттердің тұнбаға түсуін немесе араласпауын болдырмау үшін де пайдалануға болады;

5) Фосфор көзі

Натрий триполифосфаты - биологиялық процестерде маңызды фосфаттың жақсы көзі. Фосфор - өсімдіктердің өсуі мен дамуы үшін, сондай-ақ организмнің қалыпты жұмыс істеуі үшін маңызды элемент. Тамақ өнеркәсібінде натрий триполифосфатын тағам өнімдерінің құрылымы мен құрылымын жақсарту үшін қоспа ретінде пайдалануға болады;

6) Пішіні мен сыртқы түрі

Натрий триполифосфаты әдетте ұнтақ немесе түйіршік түрінде болатын түссіз немесе ақ кристалдар түрінде көрінеді. Оның өте жоғары тығыздығы шамамен 2,5 г/см³.

Натрий триполифосфатының әртүрлі физикалық-химиялық қасиеттері бар, бұл оны әртүрлі өнеркәсіптік және тағамдық қолдануда пайдалы етеді. Бұл қасиеттерді түсіну оны қажетті процестер мен талаптарға сәйкес тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Натрий триполифосфатының қасиеттері өзгертілуі немесе басқа компоненттермен өзара әрекеттесуі мүмкін екенін ескеру маңызды, сондықтан нақты процестер мен қолданбаларда қолданар алдында әрқашан сынақтан өткізу ұсынылады.

1.4 Триполифосфат натрий өндірісінің технологиясының сипаттамасы. Қолдану аймағы

Натрий триполифосфаты (STPP) - $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, конденсацияланған бейорганикалық фосфаттар тобына жататын қатты бейорганикалық қосылыс. «Конденсацияланған бейорганикалық фосфаттар» деген жалпы термин фосфор қосылыстарына қолданылады, онда PO_4 топтарының әртүрлі сандары оттегі көпірлерімен байланысады. Конденсацияланған бейорганикалық фосфаттарды үш классқа жіктеуге болады: циклдік, сызықтық және айқаспалы конденсацияланған фосфаттар. Сызықтық конденсацияланған фосфаттар, сонымен қатар полифосфаттар деп те аталады, жалпы элементтік құрамға ие $[\text{PnO}_{3n+1}](n+2)$ және олардың ең маңыздылары 1-кестеде келтірілген.

Натрий триполифосфатының тұрақты формасы бар гексагидратталған тұз. Сәйкестік және физикалық / химиялық сәйкестік натрий триполифосфатының байланыстары 2-кестеде келтірілген.

STPP кәдімгі және ықшам кірлерде кеңінен қолданылады (жуғыш заттар, ыдыс жууға арналған автоматты жуғыш заттар, дәретхана және бетті тазартқыштар, мұнда ол бірқатар функцияларды қамтамасыз етеді) соның ішінде:

- беттік белсенді заттардың тиімді жұмыс істеуіне мүмкіндік беретін "судың кермектігін" секвестрлеу,
- рН буферлеу,
- кірді эмульсиялау және тұндырудың алдын алу,
- майдың гидролизі,
- еритін-дисперсті кір бөлшектері.

Жалпы айтқанда, STPP-ді жуғыш заттарда қолдануды тек көптеген химиялық заттармен алмастыруға болады, өйткені оның барлық функцияларын алмастыратын ешкім ұсынбайды. 2000 жылы Еуропада тұрмыстық тазалау құралдарында қолданылған STPP мөлшері шамамен 300 000 тоннаны құрайды деп есептеледі, өйткені оны жуғыш заттарда қолдануға байланысты тұрмыстық экологиялық қауіпте тұтыну топырақта, ауада немесе ағынды суларды тазарту қондырғыларында көрсетілген[11].

Натрий триполифосфатын өндіруге арналған шикізат фосфор рудасынан

фосфат мәндерін H_3PO_4 фосфат қышқылы түрінде қалпына келтіру арқылы алынады. Бұл процесте фосфат жынысы күкірт қышқылымен H_2SO_4 -пен жалғыз немесе жуғыш заттармен бірге қышқылданады. Еуропаның әртүрлі елдері арасында айтарлықтай өзгереді. Айта кету керек, кейбір елдерде STPP - ді жуғыш заттарда қолдану тек ыдыс-аяқты автоматты түрде жууға арналған өнімдерде шоғырланған, ал басқа елдерде кір жуғыш заттарда қолдану басым болып табылады. Америка құрама штаттарының азық - түлік және дәрі-дәрмек басқармасы STPP-ді "жалпы қауіпсіз деп танылған" тізімге енгізді, оны жуғыш заттарда қолдануға байланысты экологиялық қауіп топырақта, ауада немесе ағынды суларды тазарту қондырғыларында көрсетілмеген.

Натрий триполифосфаты I Фаза (немесе I Форма) және II Фаза (немесе II Форма) деп аталатын екі негізгі кристалды формада болады. I фазалық материал технологиялық процестің температурасы 450°C -тан жоғары болған жағдайда түзіледі, ал II Фазалық материал 450°C -тан төмен температурада түзіледі. Іс жүзінде STPP-ның соңғы өнімі, оның құрамына сәйкес, Келесідей аталады: Төмен мерзімді (I Форма-өнімнің негізгі құрамдас бөлігі), орта Мерзімді (I Форма мен II Форма өнімде шамамен бірдей пайызды құрайды) және жоғары мерзімді (II Форма-өнімнің негізгі құрамдас бөлігі). Өнімнің бағасы II Форманың пайызына тура пропорционал. STPP Типтік құрамына натрий пиррофосфаты, натрий ортофосфаты және натрий метафосфатының болуына байланысты 4% қоспа кіреді.

2-ші дымқыл өндіріс маршрутына негізделген STP-ға арналған өндірістік зауыт негізінен мыналардан тұрады:

- фосфор қышқылы ортофосфат ерітіндісіне бейтараптандырылатын бейтараптандыру бөлігі (Ылғалды технологиялық бөлік);
- қыздыру бөлігі (Құрғақ технологиялық бөлік), мұнда кептіру және күйдіру арқылы ерітінді натрий триполифосфатына айналады;
- натрий триполифосфатын өндіруге арналған шикізат фосфор рудасынан фосфат мәндерін H_3PO_4 фосфор қышқылы түрінде қалпына келтіру арқылы алынады. Бұл процесте фосфат жынысы H_2SO_4 күкірт қышқылымен жалғыз немесе фосфор қышқылымен бірге қышқылданады. Бұл операцияның нәтижесі кальций сульфаты ретінде кальций мәндерін қамтитын тұнбаның түзілуі және «дымқыл қышқыл» деп аталатын таза емес фосфор қышқылының қалпына келуі болып табылады. Алынған дымқыл қышқыл ластанған [2];
- технологиялық қоспалар күкірт қышқылы және технологиялық су сияқты фосфор қышқылын өндіруде қолданылатын реагенттерден алынады;
- фосфат жынысындағы алюминий тотығы (Al_3^+), темір (Fe_3^+), магний (Mg_2^+), кальций (Ca_2^+), калий (K^+), стронций (Sr_2^+), хлоридтер (Cl^-) және фтор (F^-) сияқты жалпы қоспалар;
- фосфат кеніндегі мышьяк, кадмий, сынап, уран, мыс, мырыш және қорғасын сияқты қарапайым микроэлементтер.

Мұндай дымқыл қышқыл натрий триполифосфатын өндіруде қолдануға жарамсыз, өйткені еритін катиондық/аниондық қоспалардың болуы және фтордың ластануы, нәтижесінде соңғы өнім пайда болады.

Натрий триполифосфатын өндіру технологиясы бірнеше негізгі кезеңдерді қамтиды:

1) Шикізатты дайындау

Натрий триполифосфаты өндірісінің шикізаты – құрамында кальций фосфаттары бар фосфат кені. Алдымен кенді ұсақтап, қоспалардан тазартады. Содан кейін ол флотациядан өтеді, ол кальций фосфаттарын руданың қалған бөлігінен бөледі. Алынған тазартылған фосфат кені одан әрі өңдеуге қабылданады;

2) Фосфат кенін өңдеу

Тазартылған фосфат кені кальций фосфаттарын фосфор қышқылына және натрий фосфатына бөлу үшін бірқатар химиялық реакциялардан өтеді. Кенді алдымен күкірт қышқылымен араластырып, кальций фосфат дигидратын түзеді. Содан кейін алынған қоспа аммиак содасымен әрекеттеседі, бұл аммоний фосфатының пайда болуына әкеледі;

3) Түрлендіру процесі

Алынған аммоний фосфаты натрий үшполифосфатына айналады. Бұл процесте аммоний фосфаты жоғары температурада қызады, ол аммиакты бөліп, натрий триполифосфатын шығарады. Бұл процесс пеште де, арнайы түрлендіргіштерде де болуы мүмкін;

4) Тазалау және кептіру

Алынған натрий триполифосфаты конверсия процесі кезінде пайда болуы мүмкін қоспалар мен қоспаларды жою үшін тазартылады. Содан кейін кептіру артық ылғалды кетіру және ұнтақ немесе түйіршіктер түрінде дайын өнімді алу үшін жүргізіледі.

Қолдану саласы

Натрий триполифосфаты әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады, соның ішінде:

1) Өндірістік химия

Натрий триполифосфаты кір жуғыш ұнтақтарды, жуғыш заттарды, тазалау құралдарын өндіруде, сонымен қатар керамика, шыны және эмаль өндірісінде компонент ретінде қолданылады;

2) Тамақ өнеркәсібі

Натрий триполифосфаты тамақ өнеркәсібінде E451 тағамдық қоспасы ретінде қолданылады. Оны ет, балық, сүт өнімдері және балмұздақ сияқты тағамдардың құрылымын тұрақтандыру және жақсарту үшін пайдалануға болады;

3) Дәнекерлеу технологиясы және металлургия

Натрий триполифосфаты металдардың тотығуын және қажетсіз оксидтердің пайда болуын болдырмау үшін дәнекерлеу процестерінде қолданылады. Оны металлургия өнеркәсібінде металдарды өңдеуден бұрын олардың бетінен оксидтерден тазарту үшін де қолдануға болады;

4) Суды өңдеу

Натрий триполифосфаты суды тазарту жүйелерінде судың кермектігіне байланысты қақтардың пайда болуын және қақтың пайда болуын болдырмау үшін

қолданылады. Ол кальций мен магний иондарының концентрациясын тұрақтандырып, олардың шөгінділерінің пайда болуына жол бермейді;

5) Жуғыш және жуғыш заттарды өндіру

Натрий триполифосфаты әртүрлі жуғыш заттар мен жуғыш заттарды, мысалы, ыдыс жуғыш машиналар мен кір жуғыш заттарды өндіруде қолданылады. Ол ылғалдануды, көбіктің тозаңдануын және кірді кетіруді жақсартатын қасиеттерге ие.

Осылайша, натрий триполифосфаты өзінің бірегей физика-химиялық қасиеттеріне байланысты әртүрлі салаларда және салаларда кең қолдану аясына ие.

1.5 Натрий триполифосфаты өндірісінің энергия тиімділігін арттыруға арналған технологиялық процестерді интеграциялау

Энергия жүйесінің тиімділігін арттыру әр түрлі әрекеттер мен тәсілдерді қамтиды. Бұл операцияларды тұтастай алғанда өндіріс процедураларын өзгерту және басқару элементтерін, қондырғылардың жұмысын және жүйелік интеграцияны жетілдіру міндеттерімен сипаттауға болады. Өнеркәсіптік зауыттардың энергия тиімділігін арттыруға бағытталған күш-жігерде маңызды рөл атқаратын әдістердің бірі - технологиялық процестерді интеграциялау (ПИ). ПИ-ді «жүйеге бағытталған және интеграцияланған әдістермен, модельдермен және құралдармен өндірістік процестерді жобалау, пайдалану және басқару» ретінде кеңінен анықтауға болады. Мұндай анықтама ПИ әдістерін дұрыс қолдану бір жағынан термодинамика, химиялық реакциялар, процестерді басқару, қондырғылардың жұмысы туралы іргелі білімді, ал екінші жағынан оңтайландыру әдістері мен техникалық мақсаттарды түсіну мен тәжірибені қамтитынын меңзейді. Химия өнеркәсібіндегі ірі жобалар энергияны үнемдеуге сирек түрткі болады. Егер энергия жобалау жобасының соңына дейін ескерілмесе, оны үнемдеу мүмкіндіктері азаяды.

Таңдаудағы шектеулер (энергия тұтынуға әсер ететін жобалардың басқа бөліктерінің бекітілгендігінен туындайды) ПИ тапсырмасын жалпы түрде орындайтын процедураға мүмкіндік бермейді. Оның орнына, химия өнеркәсібі жағдайында, энергия шығынын азайту зерттелген кезде, ПИ үшін оңтайлы мақсаттар көбінесе субъективті шешім болып табылады[6].

Химия өнеркәсібіндегі ең күрделі процестердің бірі болып табылатын натрий триполифосфаты өндірісінің энергия тиімділігін арттыруға арналған PI тапсырмасы алдыңғы параграфтарда сипатталған көптеген біліктіліктерге ие.

Бұл жоба технологиялық процестер мен қондырғылардың конфигурациясын егжей-тегжейлі сипаттауға, сондай-ақ энергия тиімділігін арттыру үшін қолданылатын ПИ әдістері мен бағдарламалық құралдарын түсіндіруге арналады.

1.6 Натрий триполифосфаты өндірісінің технологиялық сипаттамасын құру

Бұл жобада анықтамалық нысан Тараз қаласындағы химиялық өнімдерді шығаратын ең ірі зауыт "ЖЖФЗ" натрий триполифосфатын өндіру болып табылады. Бұл компанияның өндірістік зауыты негізінен екі бөліктен тұрады:

- шикізат негізінен химиялық реакциялармен өңделетін ылғалды технологиялық бөлік және
- алдыңғы бөліктегі жартылай фабрикатты термиялық өңдеуге негізделген құрғақ (соңғы) технологиялық бөлік.

Өндіріс технологиясы бірнеше негізгі сатыдан тұрады:

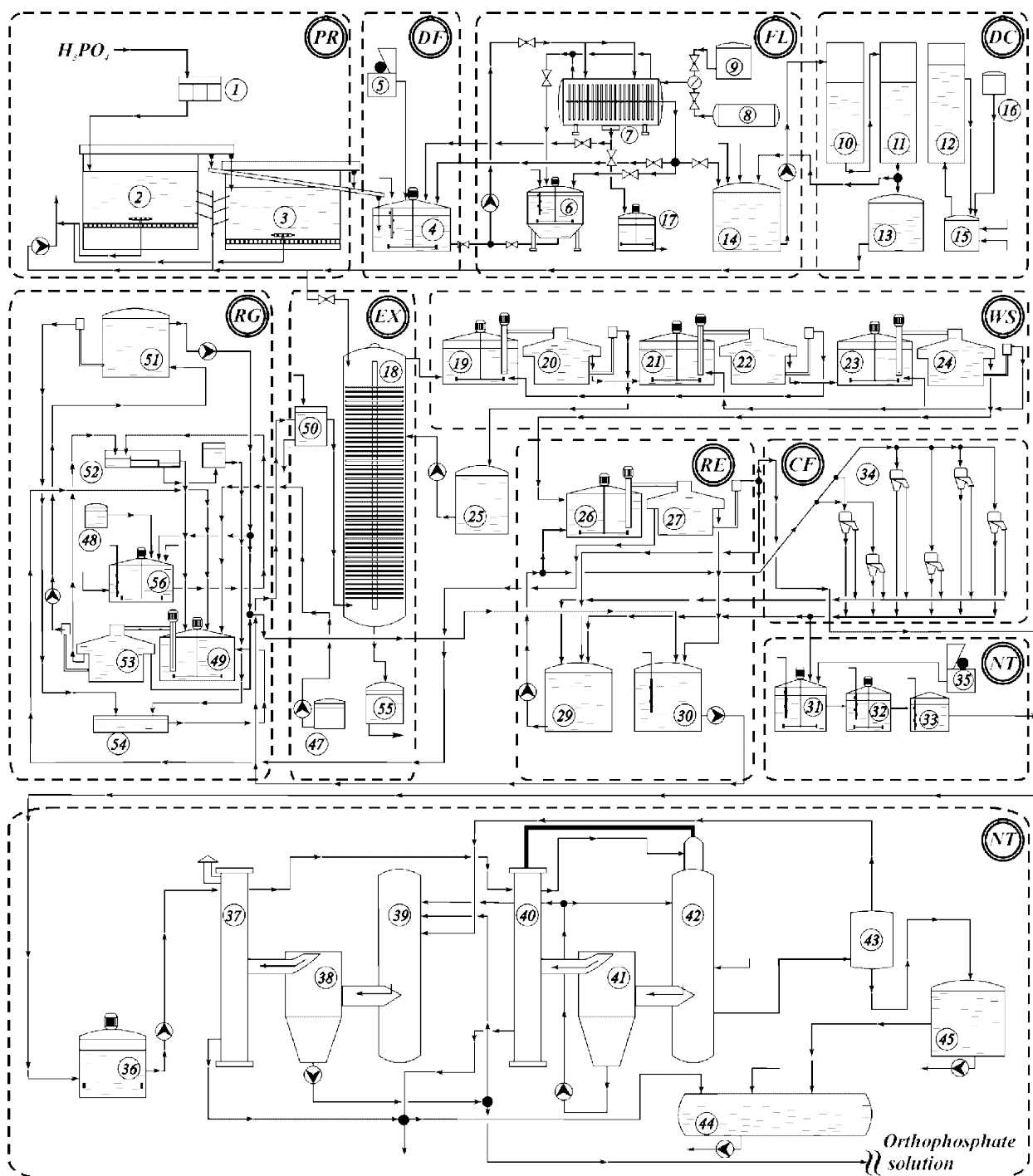
Бірінші саты — шикізатты дайындау, мұнда фосфор қышқылы (H_3PO_4) және натрий карбонаты (Na_2CO_3) немесе натрий гидроксиді (NaOH) қажетті мөлшерде өлшеніп, араластырылады. Екінші саты — нейтрализация, бұл кезеңде реагенттер арасындағы бейтараптану реакциясы жүреді де, натрий ортофосфаты және пирофосфаттар түзіледі. Үшінші кезең — қыздыру және конденсация, мұнда алынған қоспа $300\text{--}500^\circ\text{C}$ аралығында қыздырылып, поликонденсация арқылы триполифосфатқа айналады. Бұл кезде су бөлінеді, ал нәтижесінде I және II кристалды формаларда өнім түзіледі. Төртінші саты — салқындату және түйіршіктеу, бұл процесте балқытылған масса салқындатылып, ұсақталады немесе түйіршіктеледі. Соңғы кезең — кептіру және буып-түю, мұнда өнім кептіріліп, қажетті ылғалдылыққа жеткізіледі де, арнайы қаптамаларға салынады.

Өндірісте қолданылатын жабдықтар қатарына реакторлар, ротациялық пештер, барабанды салқындатқыштар, кептіргіш мұнаралар, автоматтандырылған басқару жүйелері (PLC, HMI) жатады.

Технологиялық процесс нақты температуралық және pH жағдайларын сақтау арқылы басқарылып, энергия үнемділігі мен экологиялық қауіпсіздігі ескеріледі. Автоматтандыру өнім сапасын тұрақты ұстап тұруға және өндіріс тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Ылғалды технологиялық зауыт (1.3-сурет) мыналардан тұрады:

- PR - Бастапқы өңдеу кезеңі
- EX - Экстракция кезеңі
- EV - Булану сатысының сатысы
- DF - Дефторлау сатысы
- WS - Жуу кезеңі
- CF - Центрифугалау сатысы
- FL - Сүзу кезеңі
- DC - Түссіздену кезеңі
- RE - экстракция кезеңі
- NT - Бейтараптандыру сатысы

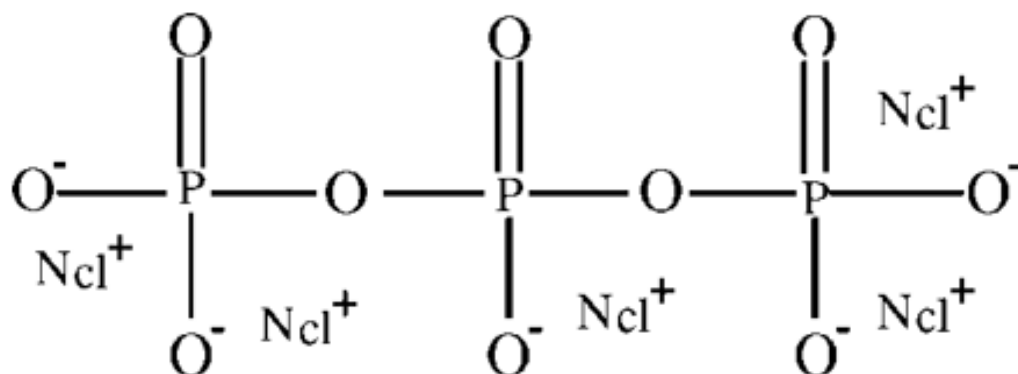


1.3 - сурет - Ылғалды технологиялық қондырғының схемасы

Бастапқы өңдеу кезеңі - мұнда ылғалды қышқыл жауын-шашын арқылы технологиялық қоспаларды кетіру үшін сақтау цистерналарына енгізіледі. Бұл операцияда түзілетін тұнбаның негізгі үлесі кальций сульфаты дигидраты (гипс) $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ болып табылады. Тұнбаны қоюлату процесі орталықтан тепкіш сорғыларды қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Дефлюоризация сатысы - еритін фторидтерді (мысалы, гидрофтор қышқылы HF немесе натрий фториді NaF , ылғалды қышқылда фторосиликат қышқылы H_2SiF_6 түрінде болады) бөлуге арналған операция. Натрий карбонатын Na_2CO_3 қосу

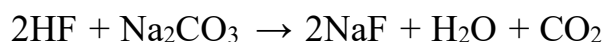
арқылы дымқыл қышқылдан 2CO_3 , ол фтормен әрекеттеседі.



1.4 - сурет - Дефлюоризация сатысы моделі

Кесте 1.2 - Ылғалды технологиялық зауыттағы триполифосфат натрийдің қасиеттері

Макромолекулалық сипаттамасы	Қатты, бейорганикалық
Физикалық күй / бөлшектердің мөлшері	Аздап гигроскопиялық түйіршіктер
Молекулалық салмағы	367,86 (г/моль)
Балқу температурасы	620 1с 1 Температурада Ыдырайды



Бұл реакциялардың нәтижесі натрий фторосиликаты Na_2SiF_6 және натрий фториді NaF -тан тұрады, ол ерітіндіде тұнбаға түседі және ылғалды қышқылдың фторид концентрациясын айтарлықтай төмендетеді.

Сүзу сатысы - қышқылдан қалдық ластаушы заттарды сүзгіден өткізу арқылы (целлюлоза талшығымен сіңдірілген) кетіру операциясы. Бұл өндіріс қадамы қышқылдан Na_2SiF_6 және NaF толық жойылуын қамтамасыз етеді.

Деколоризация сатысы - белсенді көмір қабатынан өту арқылы қышқылдан органикалық қосылысты кетіруге арналған адсорбция процесі. Адсорбат регенерация сатысында NaOH ерітіндісін қолдану арқылы десорбцияланады.

Экстракция сатысы - бұл кезеңде қышқыл экстракция бағанының жоғарғы жағына енгізіледі және органикалық экстракция ерітіндісімен (суда ерімейтін) қарсы ағынмен алынады. Экстракция бағанасы ылғалды қышқыл мен органикалық экстракциялық ерітінді (алкилфосфат, три-н-бутилфосфат $(\text{C}_4\text{H}_9)_3\text{PO}_4$ (ТВР) тұратын) арасындағы сұйықтықтың сұйықтыққа тиімді жанасуына мүмкіндік береді.). ТБП фазалардың бөлінуін жақсарту үшін суда ерігіштігі шектеулі органикалық еріткішпен (төмен қайнайтын мұнай көмірсутектері-керосин) сұйылтылған. Процестің экстракция сатысында сулы

қышқылда болатын фосфор пентоксиді P_2O_5 мәндері органикалық сығындыға салынып, нәтижесінде алынған рафинатта минералды қоспалардың негізгі бөлігі қалады. Раффинат-тыңайтқыш өндіруде қолдануға болатын сулы ерітінді. Экстракция сатысы әдетте 50-55 $^{\circ}C$ температурада жүзеге асырылады.

Жуу кезеңі - араластырғыштарға су қосу арқылы ТВР (H_2SO_4 , H_2SiF_6 және Fe тұзы) құрамындағы еритін қоспаларды кетіру үшін қолданылатын операция.

Реэкстракция сатысы - бейтараптандыру (натрий дигидрогенфосфаты NaH_2PO_4 қосу) және жауын-шашын арқылы ТБП-ны қышқылдан бөлу процесі. Бұл фазада дымқыл қышқыл бастапқы тұзға айналады. Графиннің жоғарғы жағынан жарық фазасының (ТБП) 87%-ы сақтау ыдысына түседі, ал қалған бөлігі регенерация сатысына өтеді. Екінші жағынан, графиннің түбінен қатты фазаның 20%-ы орталықтан тепкіш сепараторларға түседі (центрифугалау сатысы) қалдық ТБП-ны осы қосылыстан бөлу үшін. Осы фазаның қалған 80%-ы қайта шығару сатысына оралады[3].

Бейтараптандыру сатысы - $Na:p$ моль қатынасы бар натрий ортофосфатының ерітіндісін алу үшін NaH_2PO_4 натрий карбонаты Na_2CO_3 -пен араластыру операциясы.

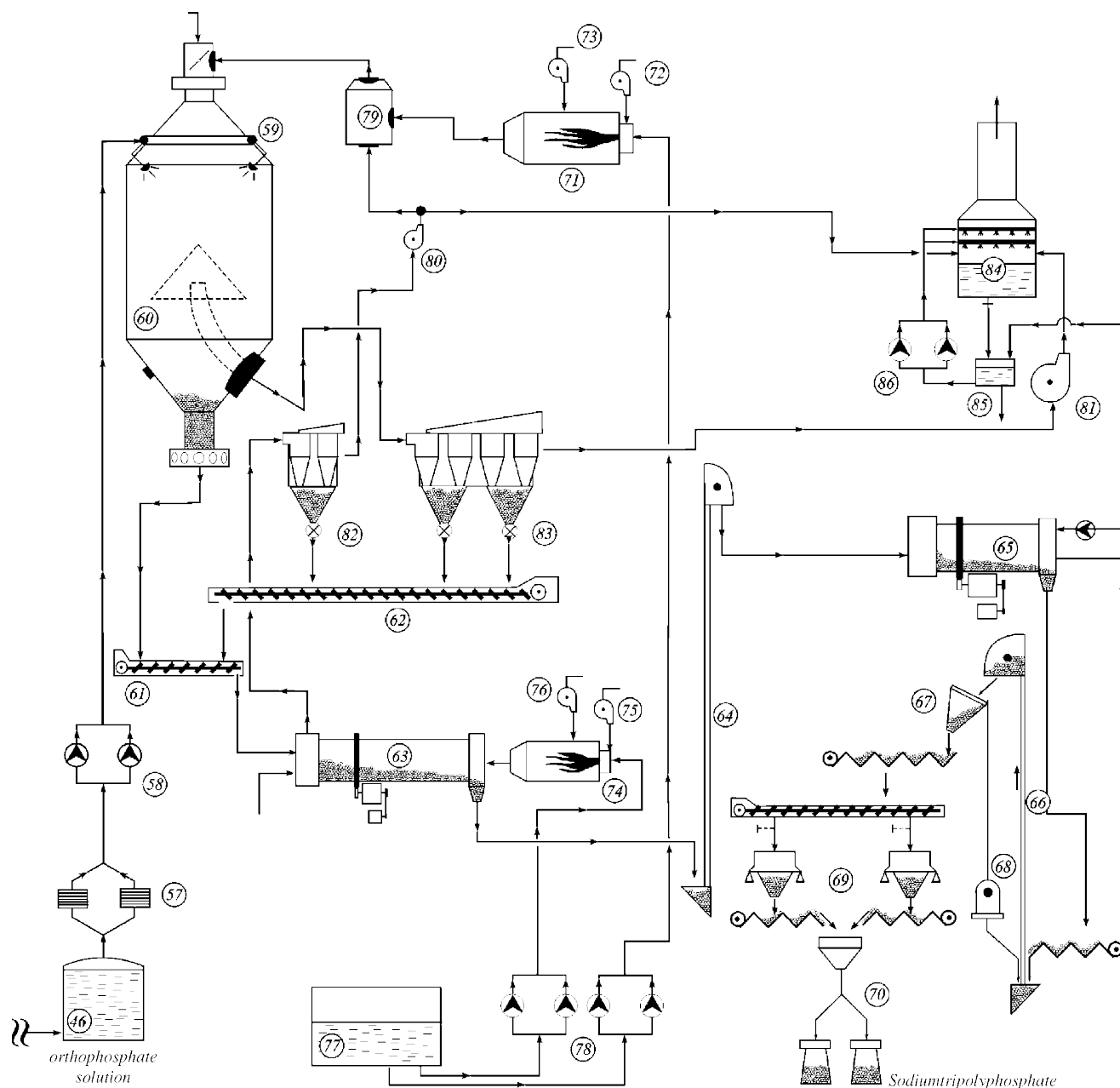
Бұл реакция келесі түрде ұсынылған:



Бейтараптандыру нәтижесі - шамамен 1:2 моль қатынасында натрий ортофосфаты мен натрий ортофосфаты бар ортофосфат ерітіндісі деп аталатын сулы қоспаның түзілуі.

Булану кезеңі - мұнда ортофосфат ерітіндісіндегі тұз концентрациясы 43% - дан 50% - ға дейін көтеріледі. "Макияж сұйықтығы" деп те аталатын ортофосфат ерітіндісі процестің қыздыру бөлігіне сілтемені көрсететін сақтау ыдысында сақталады.

Құрғақ технологиялық зауыт (1.5-сурет) мыналардан тұрады:



1.5 - сурет - Құрғақ технологиялық бөліктің технологиялық схемасы

Кептіру кезеңі - ортофосфат ерітіндісі алдымен бүріккіш кептіргіште кептіріледі. Жемді атомизациялау кептіргіштің жоғарғы жағындағы бірнеше саптамаларда жүзеге асырылады, онда ерітінді жоғары қысымды айналмалы сорғылар (pE100 штангалары) арқылы енгізіледі. Ұсақ атомдалған күйдегі ерітінді араластыру камераларынан рециркуляцияланған және жаңа түтін газдарының қоспасы ретінде кептіргіште қолданылатын ауыр май жағатын қондырғыдан ыстық (түтін) газдардың параллель төмен қарай ағынымен қызады. Кептіруден кейін ортофосфат ерітіндісі ортофосфат ұнтағына айналады (қоспасы $2\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$).

Сусыздандыру (кальцийлеу) сатысы - натрий ортофосфаты қоспасынан натрий триполифосфаты өндірілетін жер. Бүріккіш кептіргіштен ылғалданған

материал реакция жасау үшін айналмалы пеште (кальцинаторда) күйдіріледі:



Шамамен 300-ден 600-ге дейінгі диапазондағы температурада 1с. температура соңғы STPP өнімінде қажетті I Және/немесе II формадағы мазмұнды алу үшін таңдалады. Кальцинатордағы қыздырғыш заттар - бұл басқа ауыр мұнай қондырғысының түтін газы.

Салқындату кезеңі - мұнда өнім қатты заттарға арналған рекуперативті сумен салқындатылатын айналмалы құбырлы салқындатқышта салқындатылады.

Өнімнің соңғы сатысы - алдыңғы сатыдан шыққан өнім, әдетте, агломерацияланған күйде болады. Агломераттар ұсақтау және скрининг арқылы қажетті өлшем диапазонына немесе таралуына дейін өлшенеді (түйіршіктердің мөлшері шамамен $f = 1$ мм). Түтін газы кез-келген бүріккіштен шығатын ағындар кептіргіш немесе кальцинатор ағындарда ұсталған кез келген орто/натрий триполифосфат ұнтағының негізгі бөлігін кетіру үшін қатты қалпына келтіру аймағынан (центрифугалық сепараторлардың циклондық батареясы) өтеді. Содан кейін мұндай өңделген ағындар түтін газын тазартатын сұйық скраб ерітіндісі бар скруббер арқылы өтеді. Скруббер сонымен қатар орталықтан тепкіш сепараторларда ұсталмаған натрий триполифосфатының соңғы ұнтағының қалған мөлшерін алады.

2 Арнайы бөлім

2.1 Кептіру үрдісінің басқару объектісі ретіндегі сипаттамасы

Қазіргі кезде ЖЖФЗ-дағы ортофосфор қышқылын кептіруді басқару тәжірибе негізінде және бақылау-өлшегіш аспаптарының (БӨА) көрсетілімдерін (қысым және ауа, оттегі және газбен жабдықтау жүйесіндегі шығындар және суытатын агент температурасы мен шығындары және т.б) субъективті талдау, көзбен бақылау мәліметтері, үлкен кешігу уақытымен түсетін химиялық талдаулар нәтижесі және технологиялық процестің әрбір күйі туралы қызмет көрсететін тұлғалардың басқа көрсетілімдер беретіні, сонымен бірге материалды және жылу балансын алдын ала есептеу негізінде келіп түскетін нәтижелер негізінде ауысым ұстасымен немесе оператормен іске асады[4].

Тұндырғыштағы температура, ерітіндінің және скруббердің шығысындағы газ өтетін желідегі газ және газ өтетін желідегі басқа нүктелеріндегі температура, газ өтетін желінің түрлі нүктелерінен қалдық газдар қысым, жүктелетін заттың ылғалдылығын бақылау, қысыммен берілетін ортофосфат рН деңгейін өлшеу, сонымен бірге кептіргіш мұнарасындағы сиретілуді реттеу үрдісінің маңызды режимді параметрлерін тұрақтандыру жүйесі, газ өтетін желі торабының түрлі нүктесіндегі қалдық газдар санын реттеу, шығынды реттеу сияқты бірнеше айнымалыларды автоматты бақылау жүйесі бар.

Басқару объектісі – натрий ортофосфатын кептіру үшін өнеркәсіптік қондырғы.



2.1-сурет–Триполифосфат натрийді өндіру үрдісін басқару жүйесінің құрылымы

X1 – келіп түсетін ортофасфат натрийінің t -сы $80-90^0$;

X2 – табиғи газ шығыны;

X3 –ауа шығыны;

X4 –қысым 9-15МПа;

Y1 – ортофосфатнатрийінің ылғалдылығы;

Y2 – ортофосфат натрийінің t-сы.

Кіріс және шығыс айнымалыларын анализдеу оларды келесі параметрлерге классификациялауға мүмкіндік береді:

Басқарылатын кіріс параметрлері – X2, X3;

Басқарылмайтын параметрлер – X1, X4;

Реттелетін параметрлер – X2, X3, Y1, Y2;

Реттелмейтін параметрлер – X1, X4.

Кептіргіш мұнара – төменгі жағы конусқа ауысатын тік цилиндрлік аппарат болып келеді. Мұнараның жоғарғы бөлігі жарылғыш клапанмен және екі жылу ағыны: біріншісі – турбокальцинатордан келетін, екіншісі – жоғарғы от жағатын оттықта табиғи газдың жануы нәтижесінде пайда болатын екі ағынды араластыратын екі араластырғыш қалқалармен жабдықталған.

Ең алдымен, кептіру және қыздыру бөлімшесіндегі ешбір қондарығыдаәлі күнге дейін үрдісті оптималды басқару жүйесі жоқ, бұл берілген процестердің адекватты математикалық моделдің жоқтығымен тығыз байланысты екенін атап өткен дұрыс[2].

Ортофосфаттар кептіргіш мұнарасындағы материалдың қайта өңдеуүрдісін талдау нәтижесінде басқару объектісін келесідей мінездемесі бар өзара тығыз байланысқан технологиялық үрдіс ретінде қарастырмыз деп қорытындылауға болады:

- объектіі үздіксіз класына жатқызуға болады (фосфордың үздіксіз берілуі), негізгі түрленудің үздіксіздігі (материалдардың қыздыру, балқыту, тотығу, қалпына келтіру, масса және жылу алмасу) және үздіксіз фосфор шығарылымы;

- кіріс және шығыс айнымалыларының санының көптігімен сипатталатын технологиялық процестің көп;

- мәліметтің толықсыздығы (бақыланбайтын параметрлердің бар болуы, сонымен бірге объекте және өлшеу каналдарында кешігулердің болуы, соңында бөгеуіл дәрежесінің жоғары болуы және т.б).

2.2 Зерттеу есебінің қойылымы

Бұл зерттеу жұмысының мақсаты – триполифосфат натрий (ТПФН) өндіру процесінің кептіру және қыздыру кезеңіне арналған технологиялық үрдісті жетілдіру үшін тиімді автоматтандырылған басқару жүйесін (ТҰАБЖ) құру. Бұл жүйені жобалау арқылы өндіріс сапасын арттыру, энергияны үнемдеу, технологиялық процестің тұрақтылығын қамтамасыз ету және адам еңбегін оңтайландыру.

Жобада қарастырылған басқару жүйесі температура мен ылғалдылықты нақты уақыт режимінде реттеуге, өнімнің сапалық қасиеттерін бірқалыпты

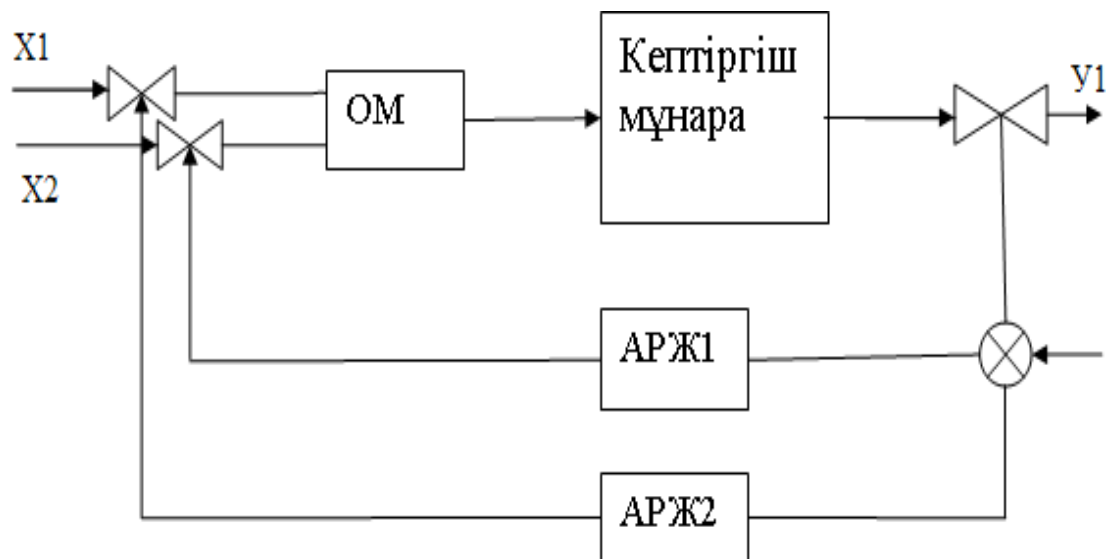
ұстауға және оператордың араласуын азайтуға мүмкіндік береді. Simulink ортасында жүргізілген модельдеу арқылы жүйенің өтпелі сипаттамалары, орнығу уақыты, шығынның динамикасы және қателік деңгейлері зерттелді. Қадамдық ПИ тәсілі жүйенің икемділігін арттырып, басқару дәлдігін жақсартады.

Сонымен қатар, зерттеу барысында жүйенің техникалық қамтамасыздандыру элементтері, байланыс арналары, интерфейстер, диагностикалық мүмкіндіктері және сенімділік деңгейі толық қарастырылады. SCADA жүйесі арқылы мәліметтерді архивтеу мен визуализация жүргізіліп, өндірістегі тәуекелдер мен ақаулардың алдын алу шаралары енгізілді.

Зерттеу нәтижесінде ұсынылған автоматтандырылған басқару жүйесі ТПФН өндірудің кептіру және қыздыру процесін заманауи талаптарға сай ұйымдастыруға, өнімнің жоғары сапасын қамтамасыз етуге, өндірістік шығындарды азайтуға және энергияны үнемдеуге ықпал етеді. Жобаның тәжірибелік құндылығы – оны нақты өндірістік нысандарда оңай енгізуге болатындығы және қолданушыға ыңғайлы интерфейс арқылы тиімді басқару мүмкіндігін ұсындым.

Триполифосфат натрий өндіру үрдісіне кептіргіш мұнараға оптималды басқару жүйесін енгізгенде ТПФН сапасы 10-15%-ға артады. Және үрдіс отынның минимальді шығынымен және дайын өнімнің төменгі шығынымен жүзеге асады.

Есеп қойылымы бойынша басқарудың құрылымдық сұлбасы келесідей түрде болады (2.2-сурет).



2.2-сурет–Басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Кептіргіш мұнараға 80°-90° С температурамен (X1) және 9-14 МПа қысыммен (X4) ортофосфат натрий келіп түседі. Мұнарада ортофосфат табиғи газдың (X2) жануы арқылы 300°-480°С-та қыздырылады. Кептірілген ортофосфаттың ылғалдылығы (Y1) 1%-ке дейін болуы керек. Кептірілген ортофосфат 100° С температурамен (Y2) кальцинацияға жіберіледі.

Осылайша, үрдісті оптималды басқару есебінің қойылымы мына түрде болады: «Температура мен қысымды басқара отырып, ортофосфат натрий сапасын жоғарылату және шығынын төмендету» [6].

2.3 ТПФН алу үрдісін басқару жүйесіндегі функционалдық схема

ТПФН (триполифосфат натрий) алу процесін автоматтандыруда функционалдық схема өндірістік жабдықтар мен басқару элементтері арасындағы өзара байланысты толық қамтитын құрылым болып табылады. Бұл схема триполифосфат натрий өндіру технологиясын тиімді бақылау және реттеу үшін барлық негізгі элементтердің өзара әрекетін сипаттайды. Процестің негізгі кезеңдеріне фосфор қышқылы мен сода секілді шикізатты беруді ұйымдастыру, олардың химиялық реакциясы нәтижесінде триполифосфат натрий алу, алынған затты кептіру, қыздыру және соңғы өнімді сақтау жатады. Әрбір кезеңде нақты технологиялық параметрлерді (температура, қысым, деңгей, шығын, ылғалдылық) өлшеуге арналған сенсорлар мен датчиктер орнатылады. Бұл датчиктерден алынған сигналдар программаланатын логикалық контроллерге (ПЛК) беріледі, ол өз кезегінде ПИ немесе ПИД алгоритмдерін пайдаланып, деректерді өңдейді және қажетті басқарушы әрекеттерді атқарушы құрылғыларға жібереді.

Атқарушы механизмдер ретінде реттегіш клапандар, қыздырғыштар, араластырғыштар және сораптар қолданылады. Барлық басқару процесі адамның араласуынсыз автоматты түрде жүзеге асады, бірақ сонымен қатар адам-машина интерфейсі (НМИ) арқылы оператор жүйені бақылап, қажет жағдайда параметрлерді өзгерте алады. Бұл интерфейс визуалды басқару панелін қамтып, бүкіл жүйе жұмысы туралы нақты ақпарат ұсынады. Жүйенің қауіпсіздігін және сенімділігін арттыру үшін мәліметтер SCADA жүйесіне архивтеліп, барлық технологиялық параметрлердің динамикасы тіркеледі. Осылайша, ТПФН алу процесіне арналған автоматтандырылған басқару жүйесінің функционалдық схемасы өндіріс тиімділігі мен өнім сапасын арттыруға бағытталған заманауи шешім ретінде қарастырылады.

Триполифосфат натрий (ТПФН) алу үрдісін басқару жүйесін жобалау барысында функционалдық схема технологиялық процесстерді, бақылау және басқару элементтерін, ақпараттық ағындарды көрсететін маңызды құрал болып табылады. Төменде ТПФН алу үрдісінің автоматтандырылған басқару жүйесіне арналған типтік функционалды схеманың сипаттамасы берілген:

Негізгі элементтер

Технологиялық объектілер:

- шикізат қоймасы - натрий карбонаты (Na_2CO_3), ортофосфор қышқылы (H_3PO_4);
- реактор - негізгі химиялық реакция жүретін орын;
- араластыру құрылғысы - реагенттердің біртекті араласуын қамтамасыз етеді;
- қыздыру жүйесі (жылу алмастырғыш немесе электр қыздырғыш) -

реакция температурасы реттеледі;

- буландыру құрылғысы - су мөлшерін азайтып, өнім концентрациясын арттырады;

- сүзгілеу және кептіру құрылғылары - соңғы өнімді бөліп алу;

- өлшеу құралдары;

- температура датчигі (Т) - реактор мен қыздыру жүйесінде;

- қысым датчигі (Р) - қауіпсіздік және процесс бақылауы үшін;

- деңгей датчигі (L) - сұйықтық деңгейін бақылау;

- ағын датчигі (F) - реагенттердің шығынын өлшеу;

- рН-датчигі - қышқылдық деңгейін бақылау үшін.

Басқару органдары:

- сорғылар және клапандар (Р, V) - реагенттерді беру және өнімді шығару;

- жылытқышты басқару блогы - қажетті температураны ұстап тұру;

- араластырғыш қозғалтқышы - араластыру қарқындылығын реттеу.

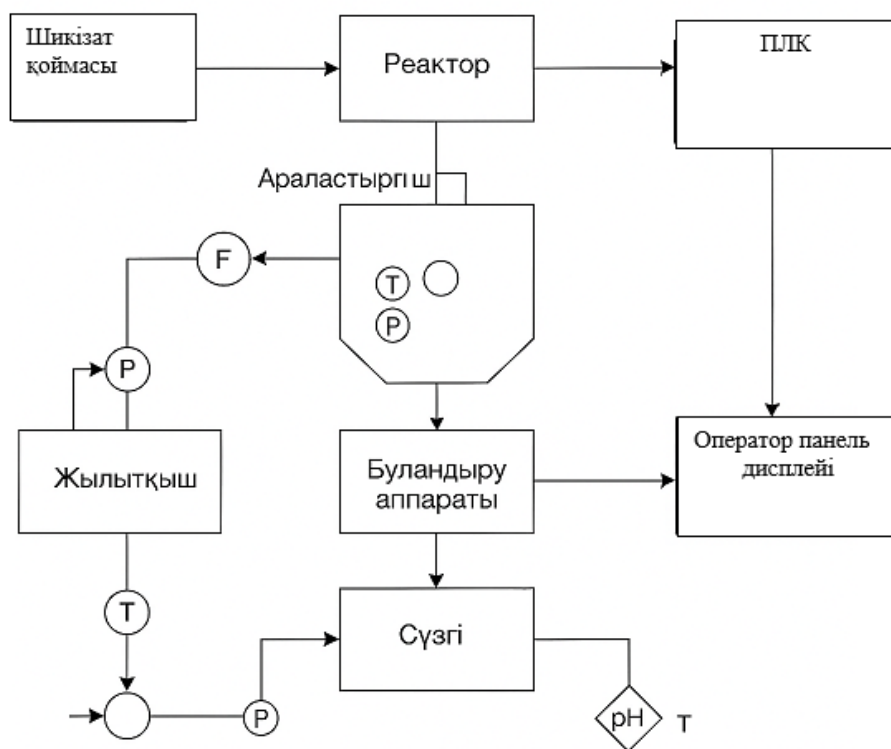
Басқару жүйесі:

- ПЛК (программаланатын логикалық контроллер) немесе ДК-негізіндегі SCADA - өлшеу нәтижелерін өңдейді және орындаушы механизмдерге басқару сигналдарын жібереді;

- оператор панелі / дисплей - процесті бақылау және параметрлерді енгізу.

Функционалдық схеманың құрылымы

Сызба келесі функционалдық блоктарды қамтиды:



2.3-сурет–ТПФН алу үрдісін басқару жүйесіндегі функционалдық схемасы

Басқару және байланыс
Барлық өлшеу құралдары мен датчиктер ПЛК-ға қосылған.

ПЛК бағдарламасы негізінде:

- температура, қысым, рН, деңгей бақылауда ұсталады;
- ағын бойынша дозалау реттеледі;
- қауіпсіздік жүйесі іске асырылады (дабыл, шектеуіштер).

SCADA жүйесі арқылы:

- үрдісті визуализациялау;
- деректерді архивтеу;
- операторлық араласу мүмкіндігі беріледі.

2.4 Қадамдық ПИ тәсілін қолданып қондырғыны жетілдіру

Қадамдық ПИ тәсілін қолдану триполифосфат натрий (ТПФН) өндірудің кептіру және қыздыру процесін автоматтандыру жүйесін жетілдіруде тиімді әдіс болып табылады. Бұл тәсілдің мәні – жүйенің динамикасын зерттеу үшін оған қадамдық (кенет) әсер енгізу және алынған жауапқа сүйене отырып, пропорционалдық (Кр) және интегралдық (Ті) параметрлерді есептеу арқылы ПИ-регуляторды баптау. Бірінші кезеңде басқарылатын негізгі параметр – қалдық ылғалдылық таңдалады, себебі ол өнім сапасын анықтайтын басты көрсеткіш. Қондырғының бастапқы жұмыс жағдайлары тіркеліп, жүйеге белгілі бір шамаға өзгеріс енгізіледі.

Бұл қадамдық сигналға жүйенің реакциясы өлшенеді және MATLAB/Simulink ортасында модельдеу арқылы жүйенің орнығу уақыты, инерциясы, тұрақтылық сипаттамалары бағаланады. Талдау нәтижесінде алынған динамикалық сипаттамалар негізінде ПИ-регулятор параметрлері есептеледі. Ziegler-Nichols әдісі немесе басқа классикалық тәсілдер қолданылып, алынған мәндер өндірістік ПЛК (мысалы, Siemens S7-300/400 немесе CPU 417-4) программасына енгізіледі.

Келесі қадам – автоматты басқару жүйесінің Simulink үлгісін құрып, нақты технологиялық параметрлерге симуляция жүргізу. Модель көмегімен жүйенің түрлі ауытқуларға қалай жауап беретіні және тұрақтылық шегі бағаланады. Бұл кезеңде құрылғы жұмысының сенімділігін арттыратын және артық шығындарды азайтатын түзетулер енгізіледі. Параметрлерді нақты жүйе бойынша бейімдеп, қондырғының техникалық сипаттамаларымен сәйкестендіру арқылы интегралдық қателер жойылып, басқару дәлдігі артады. Сонымен бірге, жүйеге енгізілген ПИ-регулятор автоматты түрде қалыпты жұмыс режимін сақтай отырып, оператор тарапынан жиі араласуды қажет етпейді.

Бұл тәсілдің басты артықшылықтары – жүйені нақты деректер негізінде оңтайландыру, реттеу дәлдігі мен орнығу жылдамдығын арттыру, өнімнің сапалық сипаттамаларын тұрақтандыру және энергия тұтынуын оңтайландыру. Қадамдық ПИ тәсілі негізінде жетілдірілген автоматтандырылған басқару жүйесі өндіріс тиімділігін арттырып қана қоймай, технологиялық процестерді

интеллектуалды бақылауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл тәсіл жаңа технологияларды енгізуде, цифрлық өндірісті дамытуда және ТПФН өндірісінде «ақылды» өндіріс қағидаттарын жүзеге асыруда маңызды рөл атқарады.

Энергияны үнемдеуге негізделген химиялық технологиялық қондырғыны жетілдіру және оңтайландыру көптеген баламаларды қамтиды. Басқаша айтқанда, проблемаларды анықтау, жетілдіру, мақсаттарды оңтайландыру, сондай-ақ қорытынды бағалау көптеген таңдауды қамтиды.

Мәселені шектеу және жақсарту/оңтайландыру мүмкіндіктерін шектеу мақсатында қадамдық PI тәсілі (SSPIA) әзірленді. Тәсілдің оңайлатылған схемасы (2.3-сурет)

Бұл тәсіл натрий триполифосфатының эталондық қондырғысын жетілдіру/оңтайландыру үшін ұйымдастырылған математикалық және термодинамикалық оңтайландыру әдістерін [3] бірлесіп қолдануға негізделген. Префикс, кезең-кезеңімен, осы тәсілдің маршрутында бірнеше фазаның болуын білдіреді. SSPI қолдану арқылы алынған нәтижелер зауыттың қолданыстағы дизайнына сәйкес келуі мүмкін ықтимал жақсартулар мен қолайлы шешімдердің кең ауқымын берді.

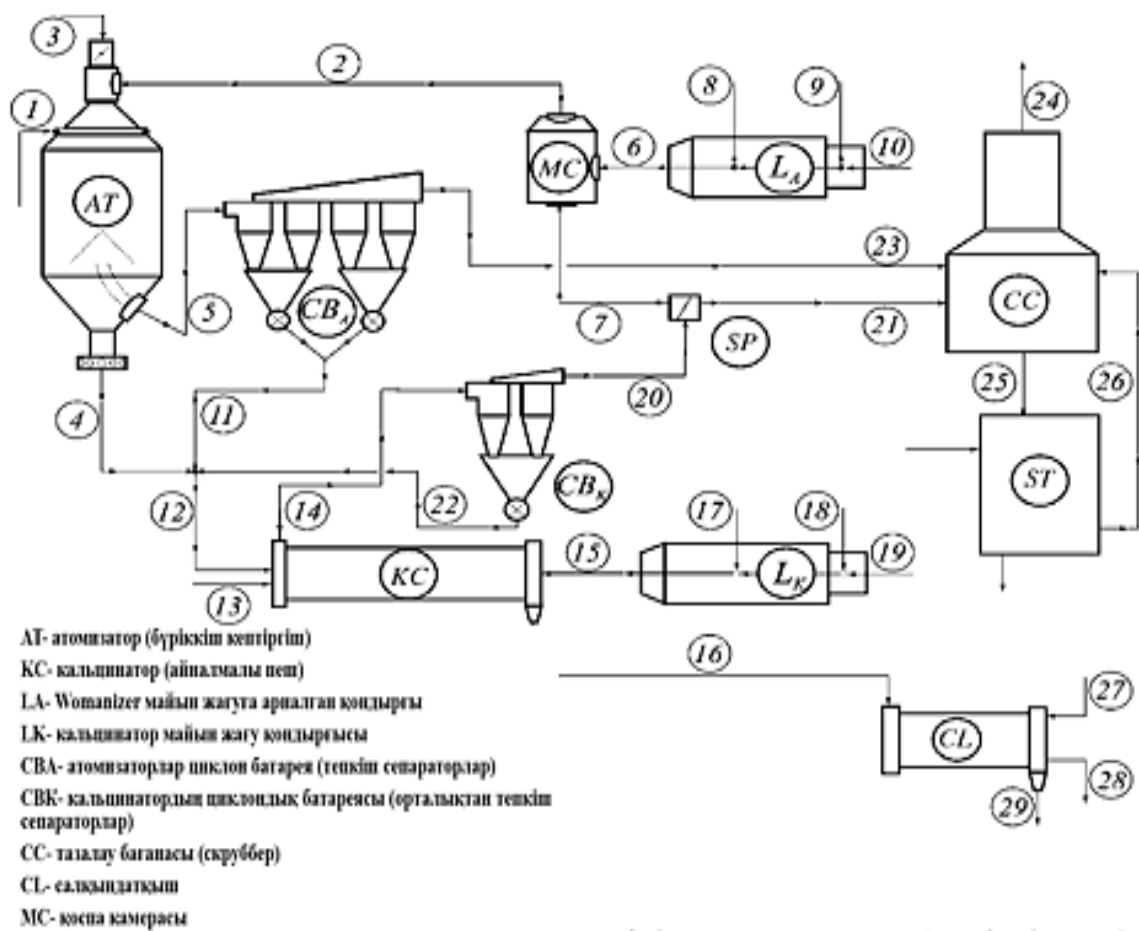
ОСЫ SSPIA фазасының бірінші кезеңінде құрғақ технологиялық қондырғының физикалық моделі (2.3-сурет). 4) қосылған компонентті (технологиялық блоктарды) пайдалану арқылы анықталады. Мұндай тәсіл әдетте көптеген теңдеулерді тудырады, бірақ ол өте ыңғайлы және ықтимал қайта конфигурациялар үшін зауытты жылдам көрсетуге мүмкіндік береді. Зауыттың тиісті математикалық моделін құру үшін қол жетімді параметрлерді талдағаннан кейін кейбір болжамдар қосылды.

Ең маңыздылары мыналар:

- компоненттер арасындағы байланыстар шығынсыз деп есептеледі,
- модель тұрақты күйде, өйткені зауыттағы процестерді уақытқа тәуелсіз деп анықтауға болады,
- кейбір ағындар ауаның, құрғақ түтін газдарының, түтін газдарындағы су буының және натрий триполифосфат ұнтағының тамаша қоспалары болып табылады. Мұндай ағындар үшін әр компонент үшін тепе-теңдік теңдеулері құрылады, сусымалы масса ағыны және түтін газдарындағы су буының мөлшері сәйкесінше ағынның массалық ағынының жылдамдығының және отынды анықтаудың функциялары болып табылады.

Интерконнекттермен жұмыс істеу үшін таңдалған әдіс тікелей компоненттік қосылыстар болды.

Компоненттерге бағытталған тәсіл, өйткені бұл таңдаудың аралық салдарларының желісі жалпы түрде берілген масса мен энергия балансының теңдеулерін қолдану арқылы әрбір компоненттің математикалық моделіне сұраныс болып табылады.



2.4-сурет–Құрғақ процесс бөлігінің физикалық моделі.

Бұл жердегі ағындар:

- 1-ортофосфат ерітіндісі
- 2-түтін газы
- 3-ауа
- 4-ортофосфат ұнтағы
- 5-түтін газы немесе үстіңгі жағы, ұнтақ
- 6-түтін газы
- 9-бастапқы ауа
- 10-отын
- 13-ауа
- 14-STPP ұнтағы бар түтін газы
- 17-екінші реттік ауа
- 18-бастапқы ауа
- 21-түтін газы
- 22-STPP ұнтақ
- 25-тазартқыш сұйықтық
- 26-скрабтау ерітіндісі

- 29-соңғы өнім, натрий триполифосфаты
- 7-түтін газы
- 8-екінші реттік ауа
- 11- үстіңгі жағы, ұнтақ
- 12-фосфат ұнтағының қоспасы
- 15-түтін газы
- 16-STPP, ыстық
- 19-жанармай
- 20-түтін газы
- 23-түтін газы
- 24-түтін газы
- 27-салқындатқыш су
- 28-салқындатқыш су

2.5 Процесті модельдеу кезеңі

SSPIA-ның екінші кезеңін, процесті модельдеу фазасын зерттеу жолындағы ең қиын және маңызды бөлік ретінде атап өтуге болады. Бұл кезеңде екі түрлі бағдарламалық құрал әзірленді, өйткені осы бағдарламалық құралдарды пайдалану нәтижесінде алынған нәтижелер математикалық модельдердің зауыттың нақты термодинамикалық параметрлерінен қашықтығын көрсетеді.

Бұл фазаның екі кезеңі бар:

Бірінші кезеңде зауыттың сандық моделі (дәйекті модульдік тәсілге негізделген) microsoft Excel бағдарламалау платформасында әзірленген ExP деп аталатын электрондық кестелік бағдарламалық құралда жүзеге асырылады. Түтін газының ағындарында болатын будың термодинамикалық қасиеттері Excel Қондырмасының құрамдас бөлігінде орналасқан су/бу қасиеттері тренажерін пайдалану арқылы есептеледі.

Модельдеу арқылы алынған нәтижені тексеруге (2.3-Кестеде келтірілген) техникалық құжаттаманың пайдалану деректерімен салыстыру арқылы қол жеткізіледі. Осы кезеңдегі зерттеулер өте маңызды қорытындылар мен жетістіктерге қол жеткізуге мүмкіндік берді:

- Бағдарламалық құралдың нәтижелері технологиялық блоктардың ұсынылған математикалық үлгілерін растады және зауыттың массалық және энергетикалық ағындарының диаграммаларын құруға мүмкіндік берді[5];

- Модельдеу нәтижелері кальцинатор мен өрт сөндіру қондырғыларындағы химиялық реакцияға, сондай-ақ түтін газы ағындарының термодинамикалық қасиеттеріне қатысты кейбір теңдеулерді көпмүшелік сәйкестендіруге негіз болды;

- Ағындарға кинетикалық және потенциалдық энергияның қатысуы (ортофосфат ерітіндісінің кіріс ағынынан басқа) жалпы энергия балансына қатысты шамалы.

Бұрын бұл бағдарламалық құрал зауыттың экзергиялық тиімділігін талдау үшін пайдаланылған, бірақ оның дәйекті модульдік сипаты ықтимал жақсартулар ауқымын шектеді. Дегенмен, оның нәтижелері авторды келесі күрделі зерттеу қадамдарын жасауға итермеледі.

Келесі кезеңде математикалық модель теңдеуге бағытталған тәсілмен Prahovo Sim деп аталатын бағдарламалық құралға біріктірілген. Бұл бағдарламалық жасақтаманың сандық моделін сызықтық емес оңтайландыру мәселесі ретінде жіктеуге болады (DOF40)3 (DOF-еркіндік дәрежелерінің саны), бірақ оны сызықтық емес модельдеу мәселелерін шешу үшін оңай түрлендіруге болады (DOF = 0).

Процесті модельдеу кезеңі басқару жүйесінің сенімділігі мен тиімділігін қамтамасыз етуге бағытталған. Ол нақты объектіні түсінуге, бақылау және реттеу алгоритмдерін дәл баптауға, сондай-ақ өндіріс барысында қателіктер мен шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Осы кезеңсіз толыққанды автоматтандырылған жүйені жасау мүмкін емес.

Кесте 2.3 - Пайдалану арқылы дәйекті модульдік модельдеу арқылы алынған ағын параметрлері

АҒЫН	G _{dry} (kg/s)	G _{wet} (kg/s)	SG (kg/s)	t (1C)	c (m/s)	x (m)	G c ² /2 (kW)	G x (kW)	G h (kW)	SE (kW)
1	1.93	1.93	3.86	80.00	70.00	30.00	801.96	9.45	1.13	812.54
2	12.89	0.53	13.42	523.30	8.80	32.00	8999.55	0.52	4.21	9004.29
3	1.78	0.01	1.79	10.00	0.50	33.00	38.19	0.00	0.58	38.77
4	1.35	0.07	1.42	80.00	0.30	5.00	133.42	0.00	0.07	133.49
5A ^a	14.67	2.37	17.04	160.00	14.70	5.00	8985.93	1.84	0.84	8988.61
5B ^b	0.58	0.03	0.61	160.00	14.70	5.00	113.89	0.07	0.03	113.98
6	6.89	0.23	7.12	790.03	1.40	32.00	6837.45	0.01	2.23	6839.69
7	6.00	0.30	6.30	213.53	18.00	30.00	2161.72	1.02	1.85	2164.60
8	3.77	0.02	3.79	10.00	22.00	30.00	77.87	0.91	1.11	79.89
9	3.04	0.01	3.05	10.00	22.00	30.00	62.58	0.74	0.89	64.21
10			0.16	10.00			6759.79			
11	0.09	0.00	0.09	220.00	0.12	12.00	19.68	0.00	0.01	19.69
12	2.00	0.10	2.10	109.01	0.30	3.00	265.80	0.00	0.06	265.86
13	1.45	0.01	1.46	10.00	0.50	2.00	30.41	0.00	0.03	30.44
14B	0.092	0.00	0.09	220.00	14.00	5.00	20.44	0.01	0.00	20.45
14A	9.10	0.45	9.55	220.00	14.00	5.00	3337.96	0.94	0.47	3339.36
15	7.65	0.17	7.82	525.51	1.40	1.60	4890.99	0.01	0.12	4891.12
16	1.74	0.00	1.74	350.00	0.00	3.00	607.64	0.00	0.05	607.69
17	5.69	0.02	5.71	10.00	22.00	3.00	121.45	1.38	0.17	123.00
18	2.14	0.01	2.15	10.00	22.00	3.00	45.75	0.52	0.06	46.33
19			0.11	10.00			4768.124			
20A	9.10	0.45	9.55	213.53	18.00	20.00	3283.35	1.55	1.87	3286.77
20B	0.003	0.00	0.00	213.53	18.00	20.00	0.73	0.00	0.00	0.73
21A	3.09	0.15	3.25	213.53	18.00	20.00	1121.63	0.53	0.64	1122.79
21B	0.003	0.00	0.00	213.53	18.00	20.00	0.73	0.00	0.00	0.73
22	0.56	0.03	0.59	160.00	0.12	12.00	111.27	0.00	0.03	111.30
23A	14.67	2.37	17.04	159.04	14.70	20.00	8914.02	1.84	0.17	8916.03
23B	0.013	0.00	0.01	159.04	14.70	20.00	2.60	0.00	0.00	2.61
24	17.76	1.44	19.20	65.63	7.00	32.00	5024.34	0.47	6.03	5033.73
25	0.02	28.86	28.88	80.00	2.00	26.00	9665.75	0.06	7.36	9673.17

Бұл мәселені шешу процедурасы дәйекті сызықтық бағдарламалау (SLP) әдісіне негізделген [4,5]. Бұл әдіс математикалық бағдарламалар тобына жатады - шектеулі оңтайландыру есептеріне арналған мин стратегиялары. SLP әдісі 1960 жылдардың басында әзірленді және әдебиетте Келлидің кесу жазықтығы әдісі немесе стюарт пен Гриффиттің шамамен бағдарламалау әдісі ретінде де белгілі. Теоретиктер SLP-ті тартымсыз деп санаса да, оның тұжырымдамасы инженерлік жобалау үшін өте күшті және тиімді болып шықты. Атауынан көрініп тұрғандай, SLP сызықтық бағдарламалауды іздеу техникасын қолданады. Бұл әдісті сызықтық емес математикалық модельдерге, көбінесе энергетикалық жобаларды жобалауда қолдануға болады. SLP проблемасының жалпы тұжырымын былайша формулалармен өрнектеуге болады:

оңтайландыру $f(x)$;

$$x = \{x_1; x_2; \dots; x_n\}, \quad (2.1)$$

жататындар $g_j(x) \leq 0$;

$$j = 1; 2; \dots; P, \quad (2.2)$$

$z_j(x) = 0$;

$$j = P + 1; \dots; P + M, \quad (2.3)$$

мұндағы $f(x)$ - сызықтық емес объективті функция
 $g_j(x)$ және $z_j(x)$ - сәйкесінше сызықтық емес теңсіздік пен теңдік шектеулері болып табылады.

SLP идеясы объективті функция мен шектеулердің сызықтық жуықтауларына негізделген, әдетте тейлор қатарының кеңеюінің бірінші мерзімін қолдану арқылы. Осылайша математикалық модель А-ға айналады сызықтық есеп, оны Симплекс әдісімен шешуге болады.

Prahovo Sim сандық моделінде теңдік шектеулері технологиялық бірліктердің массалық және энергетикалық тепе-теңдік теңдеулері ретінде ұсынылған, өйткені теңсіздікті шектеу-бұл sp сплиттеріндегі түтін газдарының массалық ағынының жылдамдығының қатынасы (сурет 2.4). Түтін газдарының қолданыстағы қондырғысының арақатынасын модельдеу үшін бөлгіштегі масса ағынының жылдамдығы 0,667-ге дейін бекітілген, бұл қолданыстағы жұмыс режиміндегі әдеттегі мән. Сандық модельді сипаттайтын айнымалылар екі топқа бөлінеді: шешім айнымалылары (шешім қабылдаушының бақылауындағы айнымалылар) және дизайн айнымалылары (модельдеу/оңтайландыру процесіне байланысты өзгереді).

Натрий триполифосфатын өндіру процесінің құрғақ бөлігінің математикалық моделін анықтау үшін қолданыстағы зауыттағы материалдық және энергетикалық ағындарды бақылау жүргізілді. Бірінші кезеңде өндіріс процесінің жұмыс сызбасы анықталады және ол процестің элементтерін көрсетеді,

ал олардың арасындағы технологиялық қатынастар бағытталған көрсеткілердің сызықтары түрінде ұсынылады. Өндірістік процестің ішкі жүйесін анықтау құрылымдық схеманы анықтауға мүмкіндік берді.

Математикалық модельді дұрыс құру туралы болжамды білдіретін бұл схемада өндіріс процесінің он бір жеке элементін және элементтер арасындағы 29 функционалдық қатынасты көруге болады[15].

Қолда бар техникалық құжаттаманың негізінде келесі қадамда қарастырылып отырған жүйені дәйекті модельдеу жүзеге асырылады. Үшін қолайлы математикалық модель

Модельдеу негізінде әзірленеді:

- жүйе компоненттерінің материалдық балансы;
- жүйе компоненттерінің энергетикалық тепе-теңдігі.

Модельді құру кезінде зауыттың жұмыс істеу тәсілі стационарлық жағдайды модельдеуді таңдауға жауапты болды, ал құру стратегиясы модульдік (дәйекті) тәсілді қабылдады. Материалдық тепе-теңдіктің теңдеулерін анықтауда кейбір компоненттердің құрылымына назар аударылды, осылайша фуматорлық газдардың құрамдас бөліктері жанудың құрғақ өнімдерінің идеалды қоспалары ретінде анықталды.

Ылғалды ауаның құрамдас бөліктері құрғақ ауа мен оның құрамындағы ылғалдылықтың тамаша қоспасы ретінде анықталады. Ортофосфор ұнтағы бар компоненттер құрғақ ұнтақ пен оның құрамындағы ылғалдылықтың қоспасы ретінде анықталады.

Жүйенің материалдық тепе-теңдігін ұсынудың бұл тәсілі атомизатордағы және кальцинатордағы кептіру процестерімен шартталған, мұнда электр тогының құрғақ және дымқыл компоненттерінің қанағаттанарлық тепе-теңдігіне қол жеткізу қажет болды. Энергетикалық тепе-теңдіктің теңдеулері термодинамиканың бірінші принципіне және материалдық тепе-теңдіктен туындайтын электрлік компоненттердің құрамына қатысты қалыптасады.

Ауаның меншікті жылуын анықтау үшін құрғақ жану өнімдерінің (яғни құрамдас бөліктердің) меншікті жылуы және температура мен қысымға байланысты осы мәндерді алу үшін қосымша бағдарлама әзірленді.

Бұл бағдарламалық жасақтама пакетінде қосымша құрал ретінде су буының/конденсаттарының сипаттамаларын анықтауға арналған модельдеу бағдарламасы да бар. (PWS). Бағдарлама

IAPWS өнеркәсіптік стандартына негізделген және теңдеулер жиынтығын құру арқылы жүзеге асырылады[8].

Бағдарлама пакетінің ішінде steam тренажері microsoft Excel платформасындағы стандартты формулалардың бар кітапханасына қондырмалар компоненті ретінде қосылады. Онда будың, яғни конденсаттардың, меншікті электр тогының (p , T) күйінің анықталған параметрлері үшін энергетикалық (h , H) тепе-теңдікті жүзеге асыруға қажетті шамалар автоматты түрде анықталады. анықталады.

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, Жүйенің энергетикалық ағындарының Сэнки диаграммасы сызылды.

Математикалық модельді қолданыстағы ExP бағдарламалық жасақтамасының көмегімен жүзеге асыра отырып, әр түрлі термодинамикалық, электрлік және конструктивті параметрлерге ауысу функциясындағы анықтамалық объектінің энергетикалық жүйесінің мінез-құлқының кең спектрін зерттеуге мүмкіндік туады..

Атомизатор мен кальцинатордың энергетикалық пайдалылық дәрежелері фуматорлық газдардың рециркуляция дәрежесінің өзгеруімен емес, тек қондырғының сыйымдылығының өзгеруімен өзгереді. Бұл өзгерісті қоршаған ортада бөлінетін жылу мөлшерінің үлесінің ұлғаюымен немесе азаюымен түсіндіруге болады, ол осы құрылғылардың бірдей конструктивті сипаттамаларында тұрақты болып қалады. Кальцинатордың оттығы мен атомизатордың оттығы, сондай-ақ радиатор жағдайында пайдалылық дәрежесі тұрақты болып қалады, бұл осы құрылғылардың анықталған материалдық және энергетикалық тепе-теңдігінің логикалық салдары болып табылады. Жууға арналған желі үшін пайдалылықтың энергетикалық дәрежелері фуматорлық газдар басқа құрылғыларға қатысты айқын жоғарылайды, нәтижесінде лас ерітінді құрылғылардың басқару көлемінің шығысында пайдалы компонент болып саналады.

Шандар мен газдардың шығарындылары STPP өндірісінің жеке сатыларымен тығыз байланысты: сода күлі қатардағы материалдарды дайындау кезінде шығарылады, ал бейтараптандыру кезінде фосфор қышқылы түтіндейді. Осы қадамнан бастап, сонымен қатар бірінен кейін (күйдіру, шанды кетіру және сіңіру) фосфат шаңы бөлінеді, ал дайын өнім шандар әрбір талданған нұсқалардың соңғы кезеңдерінде пайда болады

STPP өндірісі. SO_2 , NO_x және CO_2 шығарындылары өнімді термиялық өңдеумен байланысты. Салыстырмалы түрде үлкен фосфат шандары және CO_2 шығарындылары байқалады *che lassic* әдісі кезінде кептіру. Ретінде әсері кумулятивті тағамдардың индекстері де әлдеқайда жоғары.

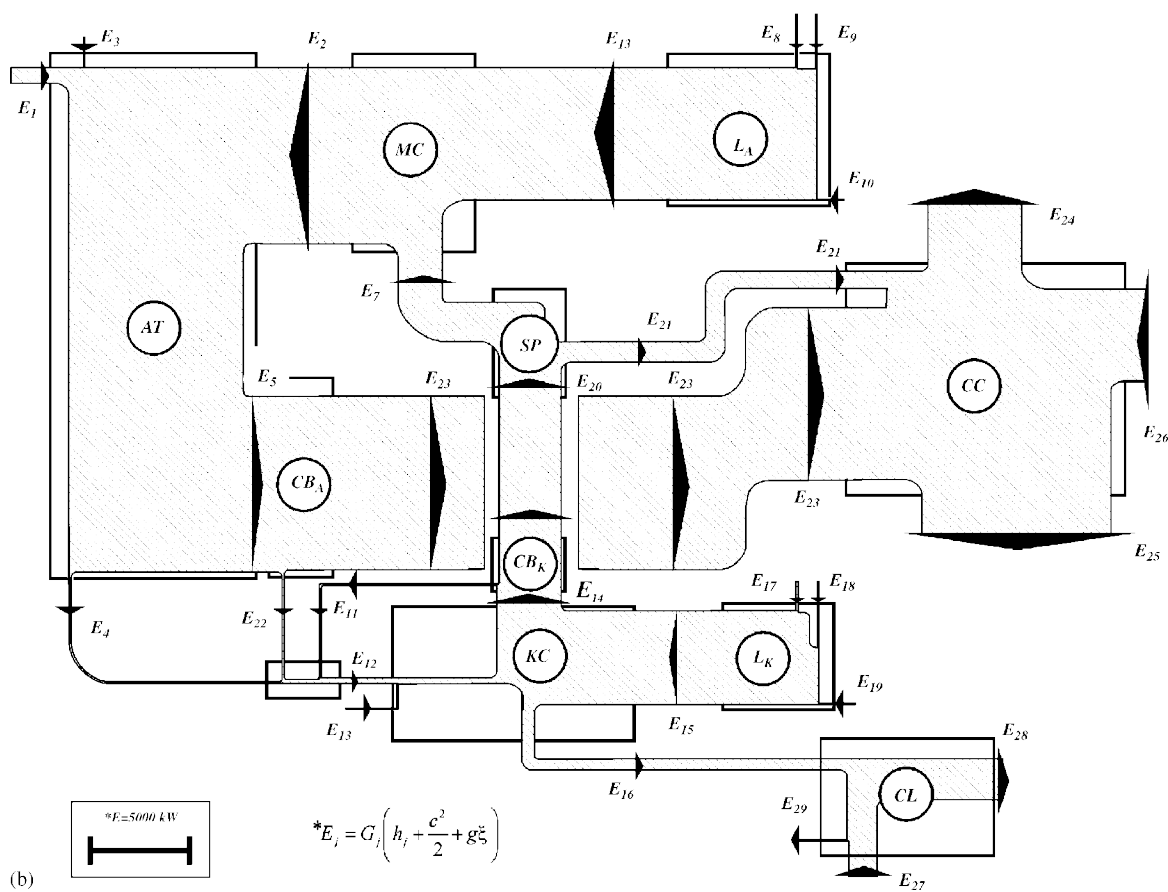
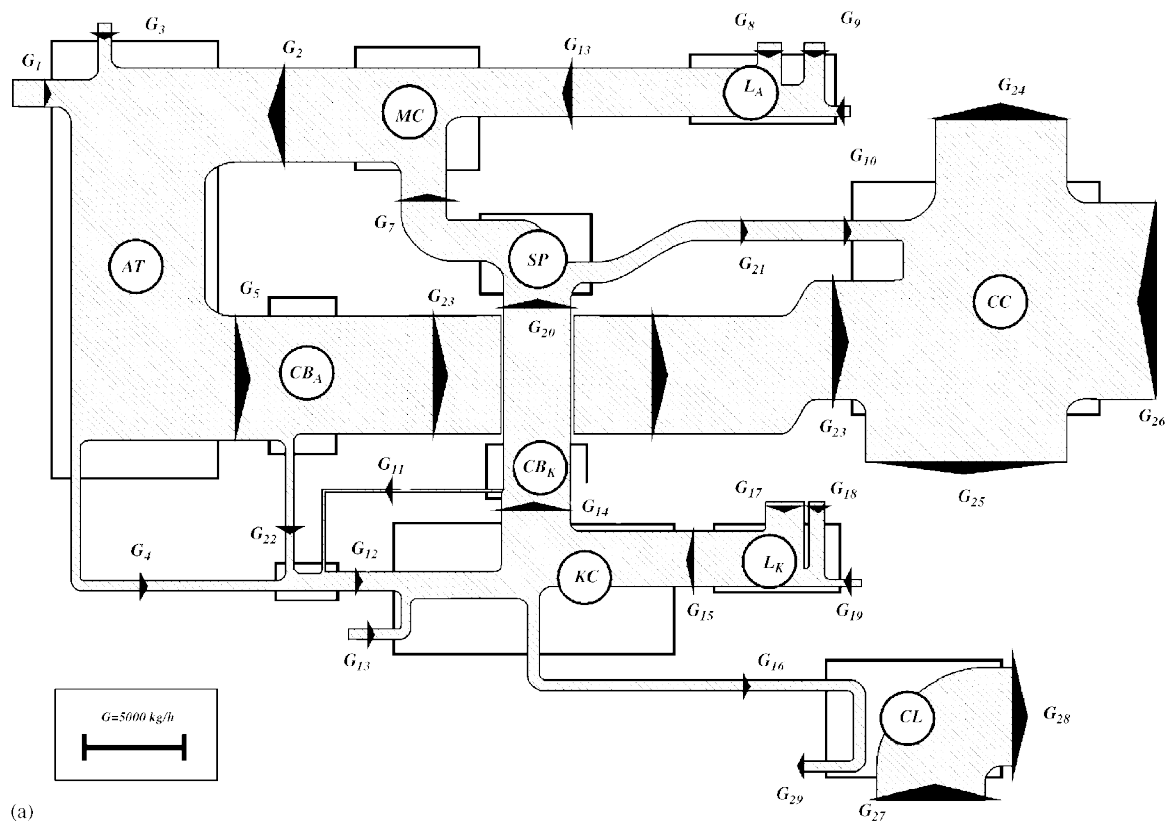
Айта кету керек, шығарындылар ылғал нұсқадағы бейтараптандыру сатысы екі есе аз басқа технологиялық нұсқаларға қарағанда. Жиынтық қауіптердің жаһандық индексінің төмен мәні GWS классикалық нұсқаға тән. Үшін GWS индекстері STPP өндірісінің қалған әдістері біркелкі кішірек, бұл шаңның салыстырмалы түрде төмен деңгейінен туындайды және атмосфераға газ шығарындылары.

Жиынтық қауіптің айтарлықтай салыстырмалы төмендеуі ылғалды әдіс үшін де, құрғақ бір сатылы әдіс үшін де классикалыққа қатысы анықталды. Процесті модельдеу кезеңі триполифосфат натрий (ТПФН) өндіру, кептіру және қыздыру үдерісін тиімді басқару үшін маңызды рөл атқарады. Бұл кезеңде нақты өндірістік деректер мен технологиялық сипаттамалар негізінде жүйенің математикалық моделі жасалып, Simulink ортасында блок-сұлба ретінде жүзеге асырылады. Модель құруға дейін өндірістік объектінің идентификациясы жүргізіледі, яғни температура, қысым, шикізат құрамы, қыздырғыш қуаты секілді бастапқы параметрлер жиналады. Математикалық модельде дифференциалдық теңдеулер арқылы жылу мен масса алмасу, реакция жылдамдығы және ылғал булануы секілді негізгі үдерістер ескеріледі. Бұл модельдеудің негізгі мақсаты —

үдерістің динамикасын нақты көрсету, түрлі жұмыс режимдерін сынау, және басқару алгоритмінің тиімділігін бағалау.

Simulink ортасында құрылған модельде ПИД-регуляторлар, датчиктер, атқарушы механизмдер, кері байланыс тізбектері қолданылады. Сонымен қатар, бұл модель нақты өндірістік ортаға бейімделіп, түрлі сыртқы факторлардың әсері есепке алынады. Модель арқылы технологиялық параметрлерді оңтайландыру, яғни өнім сапасын арттыру және энергияны үнемдеу жолдары анықталады. Сондай-ақ модельдеу барысында басқару жүйесінің тұрақтылығы тексеріліп, қауіпті жағдайлар кезінде жүйенің реакциясы зерттеледі. Бұл кезеңде виртуалды іске қосу (virtual commissioning) әдісі арқылы жүйе алдын ала тексеріліп, құрал-жабдықтарға зиян келтірмей басқару сценарийлері апробацияланады. Қажет болған жағдайда модель операторды үйрету құралы ретінде де пайдаланылады, себебі оған адам-машина интерфейсі (HMI) орнатылып, визуалды түрде басқару көрінісі жасалады.

Жалпы, модельдеу кезеңі ТҰАБЖ жобасында жүйенің тиімділігін, сенімділігін және қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін шешуші кезең болып табылады. Бұл кезеңсіз жүйені жобалау, сынау және өндірістік жағдайда енгізу тәуекелді және шығынды болуы мүмкін.



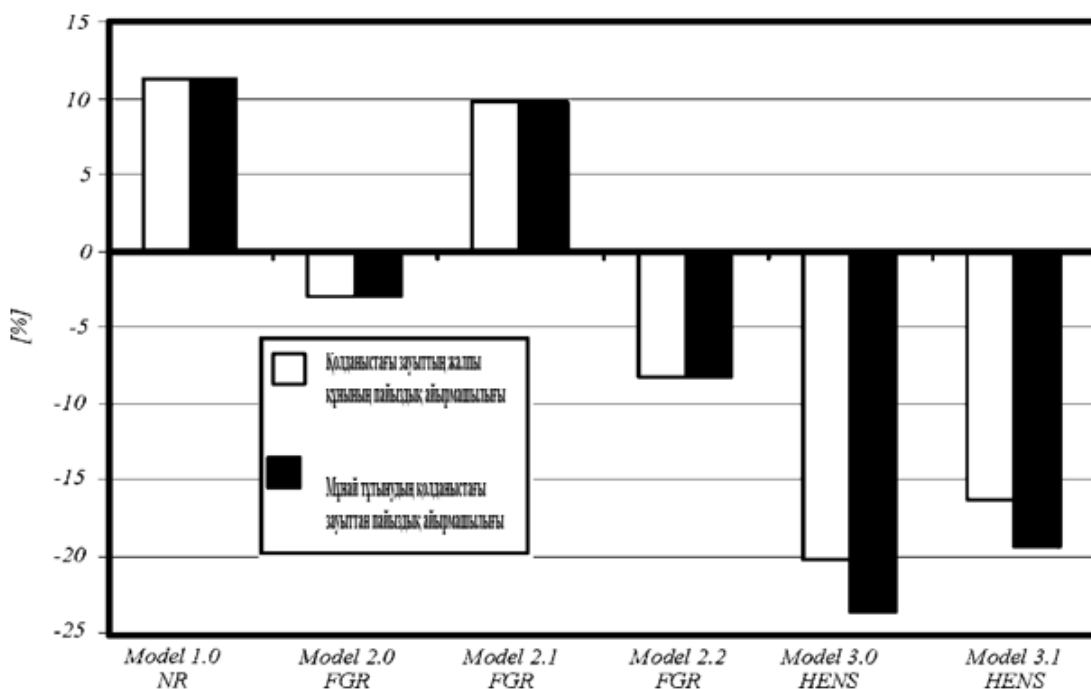
2.5-сурет - Масса (а) және энергия ағыны (б) құрғақ процесс бөлігінің схемасы

2.6 Мүмкін болатын жақсартуларды бағалау

Барлық кезеңдердің дамуы, ұсынылған кезең-кезеңмен ПИ тәсілімен, энергетикалық, экологиялық және экономикалық мақсаттарға қатысты жобаларды жақсартудың кең спектрін ұсынады. Жақсарту әлеуетін бағалау мыналардан туындайды:

- сезімталдықты талдау арқылы дизайнның маңызды айнымалыларын анықтау;
- осы айнымалылардың өнімділік әсерін зерттеу;
- жақсарту әлеуетін бағалау.

Жобаның құнын және отын шығынын қайта жабдықтауға қатысты энергия тиімділігін арттыру әлеуетін жалпы бағалаудың бірі (2.6-сурет).



2.6 - сурет - Энергия тиімділігін арттыру әлеуетін бағалау

Диаграммада келтірілген мәндер мұнай шығыны мен қолданыстағы зауыт конфигурациясының (2.6-сурет) жалпы құнын (инвестициялық құнын қоса алғанда) жаңа қалыптасқан сценарийлердегі тұтыну мен өзіндік құнмен салыстыру арқылы есептелді. Салыстыру бірдей маңызды энергия кірістері және шикізат пен соңғы материалдардың бірдей физика-химиялық қасиеттері негізінде жүргізілді. Ұсынылған нәтижелер үш маңызды қорытындыға әкеледі:

- газдың ең тиімді рециркуляциясы-қолданыстағы қондырғы конфигурациясындағы. Мұндай рециркуляция мүмкіндігі жоқ сценарийлер шығыны мен өзіндік құнының өсуін көрсетеді;
- нәтижелер HENS үлгілеріне қарағанда жобаны жақсартудың жақсы мүмкіндіктерін анық көрсетеді FRG және NR модельдері жағдайында;

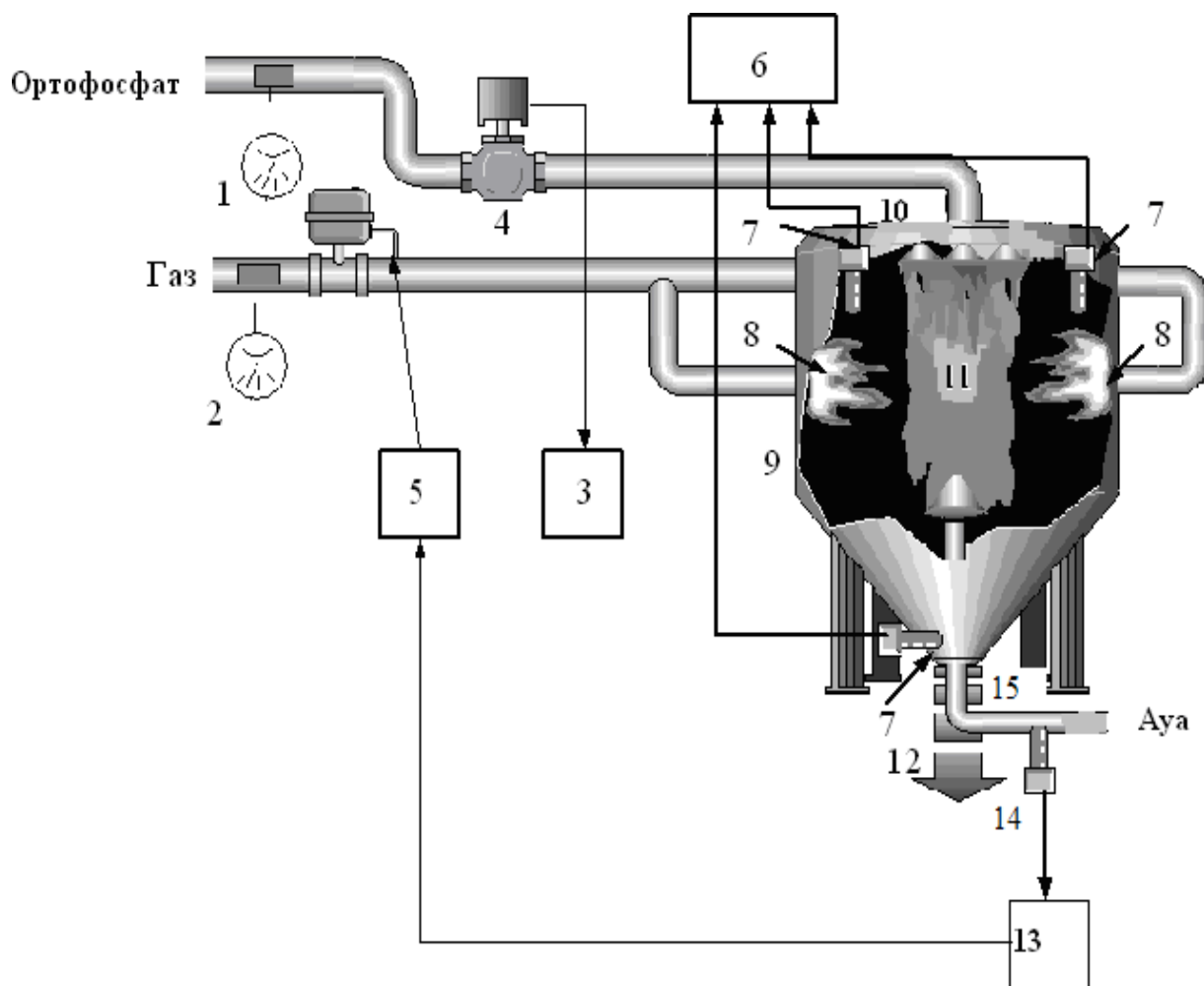
- NR және FGR жағдайлары бойынша инвестициялық шығындар HENS жағдайларымен салыстырғанда шамалы деп бағалануы мүмкін[13].

Зауыттардың өндірісі мен энергия тиімділігін арттыру, сондай-ақ олардың экологиялық көрсеткіштерін жақсарту қажеттілігі химия өнеркәсібі үшін болашақтағы маңызды міндеттер болып табылады. Жобада осы мақсаттарға жету үшін процестерді біріктірудің бірнеше әдістерін жинақтайтын тәсіл ұсынылған. Натрий триполифосфаты зауытының энергия тиімділігін арттыру үшін компьютерлік модельдеу/оңтайландыру әдістемесін қолдану қолданылды. Алынған нәтижелерді алдын-ала бағалау өсімдіктердің тиімділігін арттырудың айтарлықтай мүмкіндіктерін көрсетеді.

2.7 Есептің қойылымы бойынша кептіргіш мұнараға автоматтыреттеу жүйесін құру

Есептің қойылымы бойынша ортофосфатты кептіру үрдісін автоматты реттеудің сызбасы төмендегідей болады (2.7-сурет).

Шикізатты кептіруде түрлі қондырғылар қолданылады, әсіресе таратып кептіргіш мұнаралар кең таралған болып саналады.



2.7 - сурет - Ортофосфатты кептіру үрдісін автоматты реттеудің сызбасы

Кептіргіш мұнара (9) вертикальді цилиндрлік аппарат, төмен қарай конус тәрізді. Мұнара жоғарғы бөлігінде жарғыш (взрывной) клапанмен және біріншісі – турбокальцинатордан, екіншісі – табиғи газдың жануының жоғарғы оттығынан келетін екі жылу тасымалдағыш ағынын араластыратын екі араластырғыш қалқамен жабдықталған.

Араластырғыш камерада төменде мұнараның сыртқы жағында жоғарғы қысым коллекторы орналасқан. Ол ортофосфат ерітіндісін ыдыратуға арналған, саңылауының диаметрі 0,8 мм болатын форсункадан (10) тұрады. Форсункада құбыр жетек арқылы ортофосфат 9-15МПа қысыммен таратылып шашылады. Мұнарада инжекциялық оттықтар (8) орналасқан. Таратылған ортофосфат оттықта газдың жануы арқылы кептіріледі. Кептірілген ортофосфат ылғалынан айырылып, порошок күйінде кептіргіш мұнараның төмен жағына түседі. Одан тікелей (12) турбокальцинаторға жіберіледі.

Газ бен ортофосфат қысымын бақылау 1 және 2 манометрлері арқылы жүзеге асады. Температураны бақылау мұнараның түрлі нүктелерінде орналасқан көрсеткіштері көп нүктелі автоматты потенциометрде (6) жазылатын терможұптар (7) арқылы жүзеге асады. Ортофосфат шығыны датчиктен (4) және өлшегіш блоктан (3) тұратын индукциялы шығын өлшегішпен өлшенеді.

Үрдісті автоматты басқару жүйесі келесідей жүзеге асады: ылғал өлшегіш кептірілген ортофосфаттың ылғалдылығын өлшеп тұрады. Ылғалдылығы 1%- тен төмен болса, ылғал өлшегіш реттеуішке (13) сигнал жібереді. Ол өз ретінде орындаушы механизмге сигнал жібереді.

2.8 Кептіргіш мұнараға құрылған автоматты реттеу жүйесінің синтезі

Кептіргіш мұнара триполифосфат натрий (ТПФН) өндірудің соңғы және маңызды технологиялық кезеңдерінің бірі болып саналады. Бұл кезеңде өнімдегі артық ылғал жойылып, өнім қажетті физикалық сипаттамаларға ие болады. Өнімнің сапасы көбіне осы процестің тұрақтылығына және дәлдігіне байланысты болады. Осыған орай, кептіру процесін тиімді басқару үшін заманауи автоматтандырылған басқару жүйесін (ТҮАБЖ) синтездеу қажет.

Кептіру процесінде реттелетін негізгі технологиялық параметр – бұл кептірілген өнімнің қалдық ылғалдылығы. Аталған параметрдің нақты мәнде тұрақтануы – басқару мақсаты болып табылады. Бұл үшін бастапқы ауа температурасы, ауа шығыны және барабанның айналу жылдамдығы сияқты әсер етуші факторлар қолданылады. Басқарылатын шамалар жүйенің кірісінде тұрады, ал қалдық ылғалдылық – басқарылатын айнымалы ретінде қарастырылады.

Мұндай жүйенің математикалық моделі жылу және масса алмасу заңдарына негізделеді. Кептіргіштің динамикасы бір немесе екі инерциялық буынмен сипатталады. Жүйенің теңдеулері Лаплас түрінде сипатталып, объектінің беру функциясы анықталады. Нақты жағдайда бұл модель параметрлерін эксперименттік жолмен анықтауға немесе өндіріске ұқсас жүйенің сипаттамаларын қолдануға болады.

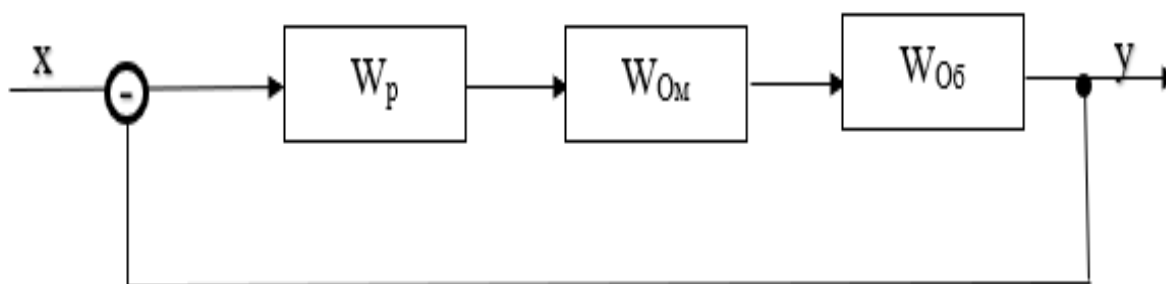
Автоматты басқару жүйесінің синтезінде жиі қолданылатын тәсілдердің бірі – ПИД-регулятор. Бұл реттегіш қалдық ылғалдылықтың ауытқуын азайтуға және тұрақты мәнге жылдам жетуге мүмкіндік береді. ПИД-регулятордың үш негізгі параметрі: пропорционалдық (K_p), интегралдық (K_i) және дифференциалдық (K_d) коэффициенттері басқару сапасына тікелей әсер етеді. Оларды Ziegler–Nichols әдісімен немесе MATLAB/Simulink ортасында модельдеу арқылы анықтау тиімді.

Simulink бағдарламасында кептіргіш процесінің динамикалық моделін және ПИД-регуляторын біріктіріп, жүйе жұмысының уақыт бойынша жауаптары алынады. Модель негізінде орнығу уақыты, өтпелі процесстің сипаты, тұрақтылық және қателік сияқты сипаттамалар бағаланады. Егер модель қанағаттанарлық нәтиже берсе, алынған басқару алгоритмі нақты өндірістік жүйеге енгізіледі.

Өндірісте Siemens S7-400 немесе S7-1500 сериялы программаланатын логикалық контроллерлер (PLC) жиі қолданылады. Бұл контроллерлер жоғары өнімділікке ие және PID-бақылауды нақты уақыт режимінде іске асыруға мүмкіндік береді. Контроллер температура мен ылғалдылық датчиктерінен деректер жинап, басқару сигналы ретінде қыздыру элементтеріне немесе желдеткіш жылдамдығына әсер етеді. Сонымен қатар, адам-машина интерфейсі (HMI) арқылы оператор процесті бақылап, қажетті түзетулер енгізе алады.

Кептіргіш мұнараға арналған автоматты реттеу жүйесінің синтезі өнім сапасын тұрақтандыруға, энергияны үнемдеуге, шикізатты тиімді пайдалануға және оператор еңбегін жеңілдетуге мүмкіндік береді. Заманауи автоматтандыру құралдарын, модельдеу әдістерін және сенімді ПИД-бақылауды қолдану арқылы ТПФН өндірісінде жоғары сапа мен тұрақты жұмыс режиміне қол жеткізуге болады.

Жоба тапсырмасы бойынша технологиялық үрдісті басқарудың құрылымдық сұлбасы келесідей болады:



2.8 - сурет - ТҮАБЖ құрылымдық сұлбасы.

W_{om} – орындаушы механизмнің беріліс функциясы

W_{ob} – объектінің беріліс функциясы;

W_p – реттеуіштің беріліс функциясы

Жоғарыда келтірілген ТҮАБЖ сұлбасын құрайтын бөліктеріне берілген сипаттамалар жасайтын болсақ.

Орындаушы механизм – МЭО. Автоматты реттеу жүйесінде күшейткіштен түскен сигналға сәйкес реттегіш органды айналдыратын құрылғы орындаушы механизм деп аталады. Орындаушы механизмдер реттегіш органды айналдыру үшін үдемелі немесе айналмалы қозғалыс жасайды.

Оларға келесі конструктивті және эксплуатациялық талаптар қойылады: конструкциясының қарапайымдылығы, минимальді өлшемі және салмағы, жоғарғы сенімділігі және сыртқы орта әсеріне төзімділігі; пайдалануының қауіпсіздігі және жұмыста орнықтылығы; реттегіш органды сынудан және бұзылудан сақтау үшін қорғаныштың болуы және басқару схемасы бұзылған немесе электрмен қамтамасыз ету бұзылған жағдайда қолмен басқарудың мүмкіндігі, сонымен қатар реттегіш органның жағдайын қашықтықтан бақылау[9].

Орындаушы механизмдер тұтынатын энергия түріне байланысты электрлік, пневматикалық, гидравликалық және серіппелі болып бөлінеді.

Электрлік орындаушы механизмдер басқару және әсер ету радиусы шектелмеген, олар қоршаған ортаның төмен температурасында да қолданыла береді.

Бұл схемада тұрақты жылдамдықты электрлі бір айналымды орындаушы механизм (МЭО) қолданылады.

Механизмнің жұмыс принципі реттеуіштен түскен электрлік сигналды шығыс біліктің айналым қозғалысына түрлендіруден тұрады. Бұл жұмыста МЭО-250/25-0,25К механизмі қолданылады, ол келесідей сипаттамаға ие:

- шығыс біліктегі номинальді айналым моменті, $250\text{Н}\cdot\text{м}$;
- шығыс білігінің толық айналымының номинальді уақыты, 25с;
- шығыс білігінің номинальді толық айналымы, 0,25об;
- механизм салмағы, 25кг-нан көп емес.



2.9 - сурет - МЭО-250

Механизмдердің қорғаныш дәрежесі МЕСТ 14254-96 бойынша IP54. Олар қоршаған ортада шаң мен су шашырандысы қатысқан кезде де жұмыс істей алады. Механизмдер синусоидалы дірілі бар әсерлерге төзімді және орнықты. МЭО Механизмдері қалпына және жөндеуге келетін құрылғы болып табылады.

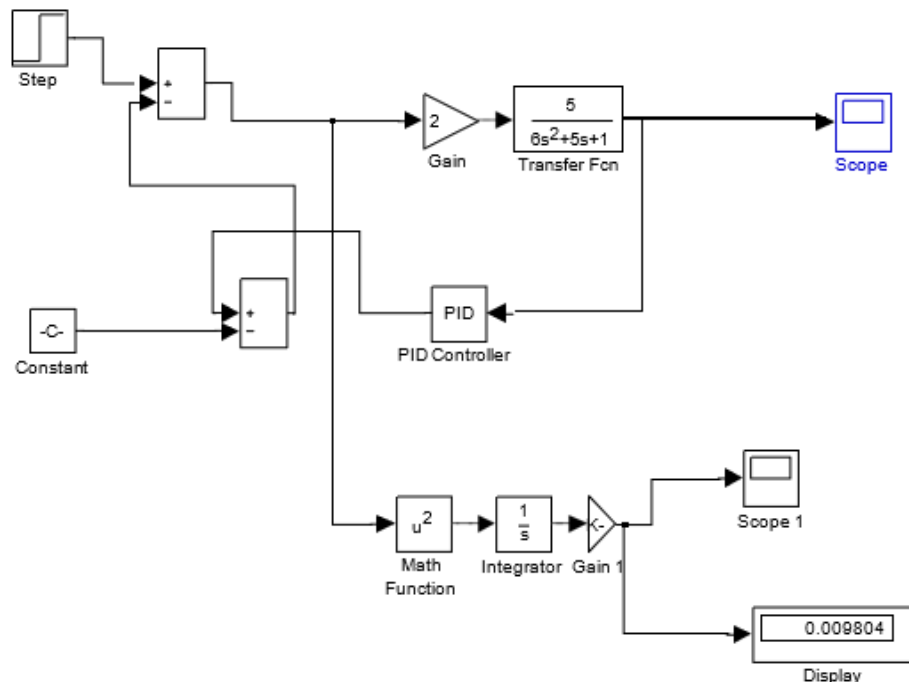
Жобада объект ретінде кептіргіш мұнара қарастырылды. Объектінің беріліс функциясы екінші ретті апериодты үзбе теңдеуімен берілді. Бұл үзбе екінші ретті дифференциалды теңдеумен өрнектеледі:

$$W_o(s) = \frac{1}{6s^2 + 5s + 1} \quad (2.4)$$

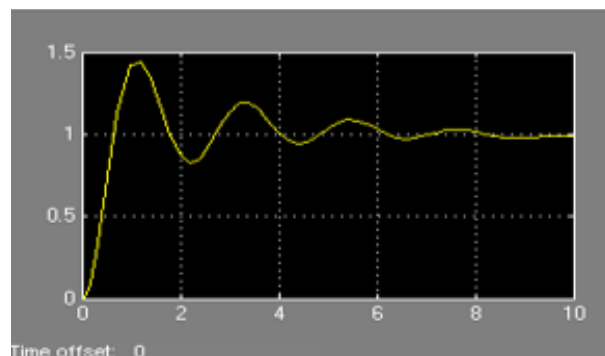
Жобалаушының реттегіш типін таңдау кезіндегі тапсырмасы минималды бағада және максималды сенімділікте реттегіштің сапалы тапсырмасын қамтамасыз етуі керек. Жобалаушы релелік, үздіксіз немесе дискретті (сандық) реттегіш типін таңдауы мүмкін.

Реттегіштің типін таңдау үшін және икемділігін анықтау үшін мыналарды білу керек:

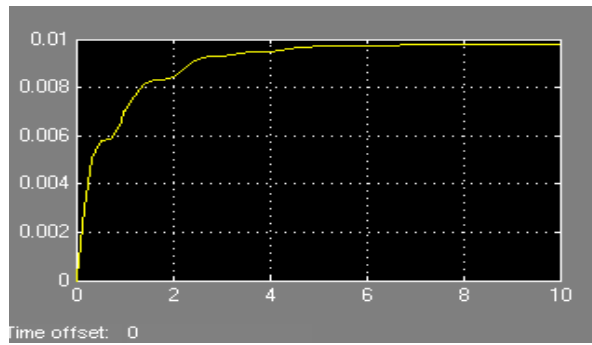
- басқару объектінің статикалық және динамикалық сипаттамасын;
- реттеу сапасы процесінің талабын;
- сериялық реттегіштер үшін реттегіштің сапасының көрсеткіші;
- реттеу процесіне әсер ететін қоздыру сипаты;



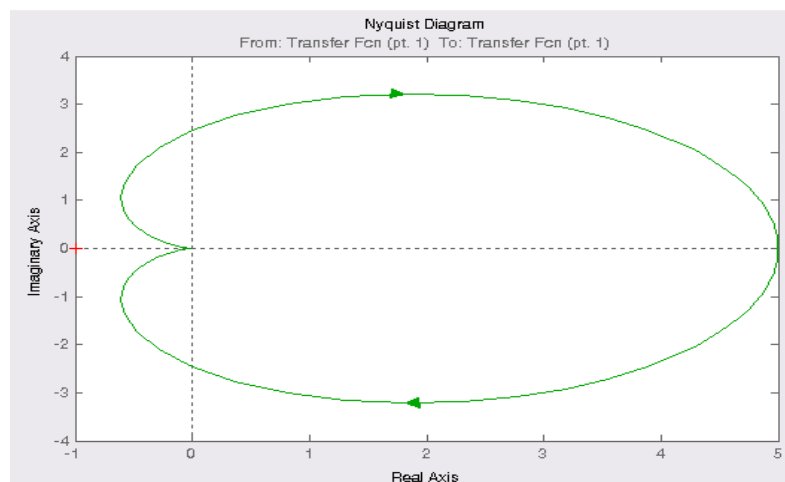
2.10 - сурет - Кептіргіш мұнараның Matlab-та жиналуы



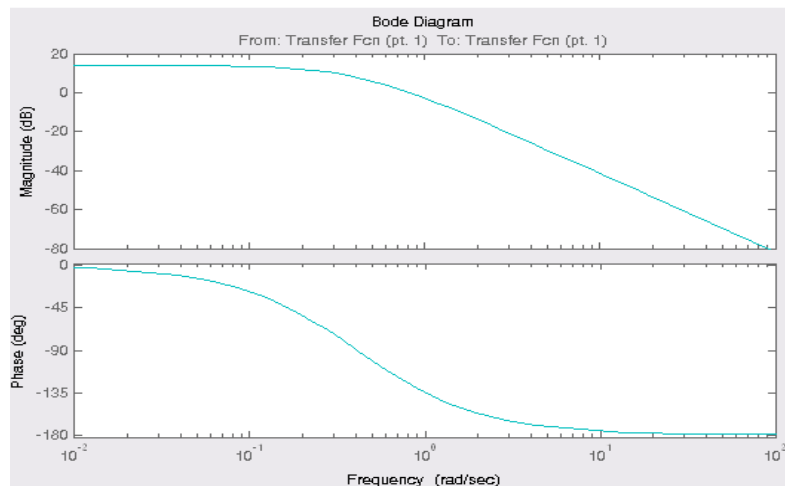
2.11 - сурет - АРЖ графигі



2.12 - сурет - Қателіктің графигі



2.13 - сурет - АРЖ Найквист критерийі бойынша бейнесі



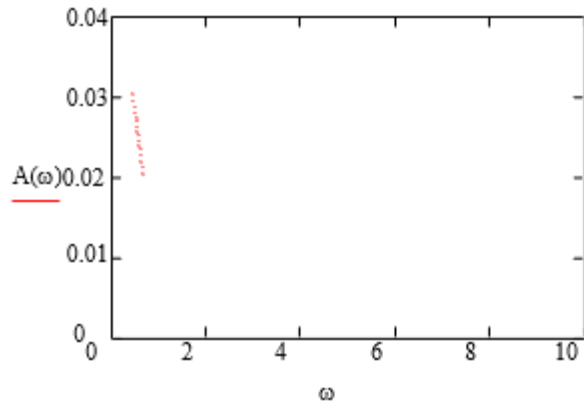
2.14 - сурет - Үрдістің лагориғмдік жиіліктік сипаттамалары

Амплитудалық жиіліктік, фазалық жиіліктік және комплекстік жиіліктік сипаттамалары:

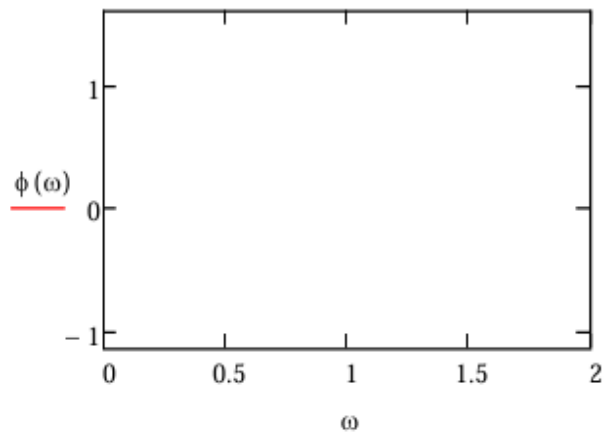
$$P(\omega) := \frac{0.55\omega^2}{36\omega^4 - 5.75\omega^2 + 9}$$

$$Q(\omega) := \frac{0.3 - 0.6\omega^2}{36\omega^4 - 5.75\omega^2 + 9}$$

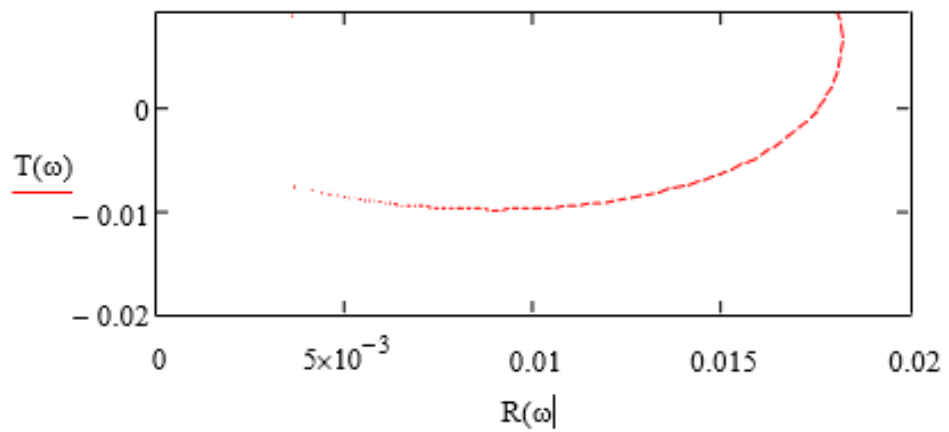
$$A(\omega) := \sqrt{(P(\omega)^2) + (Q(\omega)^2)} \quad (2.5)$$



2.15 - сурет - Амплитудалық жиіліктік сипаттама



2.16 - сурет- Фазалық жиіліктік сипаттама



2.17 - сурет - Комплексті жиіліктік сипаттамасы

Гурвиц критерийі бойынша орнықтылықты анықтау [6].

Гурвиц критерийі: АБЖ орнықты болуы үшін Гурвиц анықтаушының барлық n диагональді минорлары оң таңбалы болуы қажетті және жеткілікті. Бұл минорлар Гурвиц анықтауыштары деп аталады.

Гурвиц критерийін қолдану мысалдарын қарастырайық:

- $n = 1 \Rightarrow$ динамикалық теңдеуі: $a_0 p + a_1 = 0$. $a_0 > 0$ кезінде Гурвиц анықтаушы: $\Delta = \Delta_1 = a_1 > 0$, яғни орнықтылық шарты: $a_0 > 0$, $a_1 > 0$;

$n = 2 \Rightarrow$: $a_0 p^2 + a_1 p + a_2 = 0$. Гурвиц анықтаушы:
- $\Delta_1 = a_1 > 0$, $\Delta_2 = a_1 a_2 - a_0 a_3 = a_1 a_2 > 0$, болғандықтан $a_3 = 0$, яғни орнықтылық шарты: $a_0 > 0$, $a_1 > 0$, $a_2 > 0$;

- $n = 3 \Rightarrow$ динамикалық теңдеуі: $a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0$.

Гурвиц анықтаушы: $\Delta_1 = a_1 > 0$, $\Delta_2 = a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$, $\Delta_3 = a_3 \Delta_2 > 0$,
Орнықтылық шарты: $a_0 > 0$, $a_1 > 0$, $a_2 > 0$, $a_3 > 0$, $a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$.

Гурвиц критерийі функциясы бойынша жүйені орнықтылыққа зерттейміз.

Объектінің беріліс функциясы:

$$W_0(s) = \frac{1}{6s^2 + 5.5s + 3} \quad (2.6)$$

ПИД реттеуішінің беріліс функциясы:

$$W_p(s) = k_i + \frac{1}{k_E s} + k_A s \quad (2.7)$$

Орындаушы механизмнің беріліс функциясы:

$$W_I(s) = k_I \quad (2.8)$$

Кері байланыс бойынша есептегендесонғыэквивалентті беріліс функциясы мынадай болады:

$$W_{\Sigma K}(s) = \frac{0.1s}{6s^2 + 5.5s + 3} \quad (2.9)$$

$n = 2$ орнықтылық шарты:

$a_0 > 0$,

$a_1 > 0$,

$a_2 > 0$.

Гурвиц критерийі бойынша жүйе орнықты.

2.9 Кептіру үрісінің математикалық моделін құру

Кептіру мұнарасындағы жылу балансының динамикалық теңдеуі:

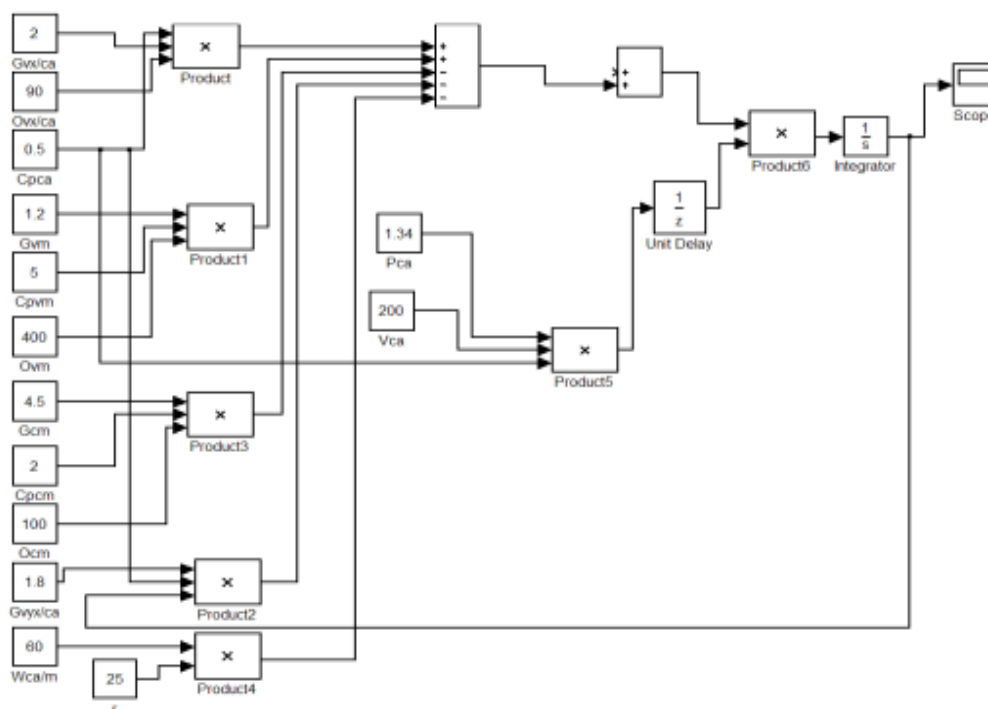
$$\rho_{ca} \cdot V_{ca} \cdot c_{ca} \cdot \frac{d\theta}{dt} = G_{ca} \cdot c_{pca} \cdot \theta_{ca} + G_{bm} \cdot v c_{pca} \cdot \theta_{ca} - G_{ca} \cdot c_{pem} \cdot \theta_{ca} - G_{cm} \cdot c_{pem} \cdot \theta_{cm} - W_m \cdot r$$

мұндағы V_{ca} - объектінің көлемі;

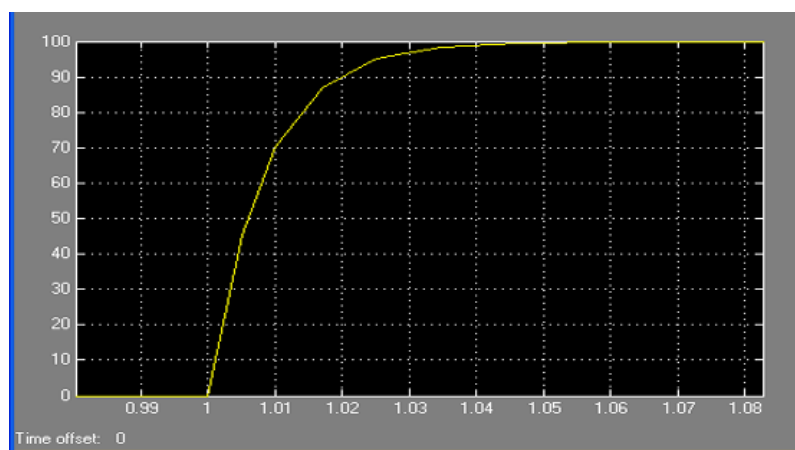
c - концентрациясы;

G - шығындар;

Θ - температура.



2.18 - сурет - Simulink-тегі жылу балансының динамикалық теңдеуі

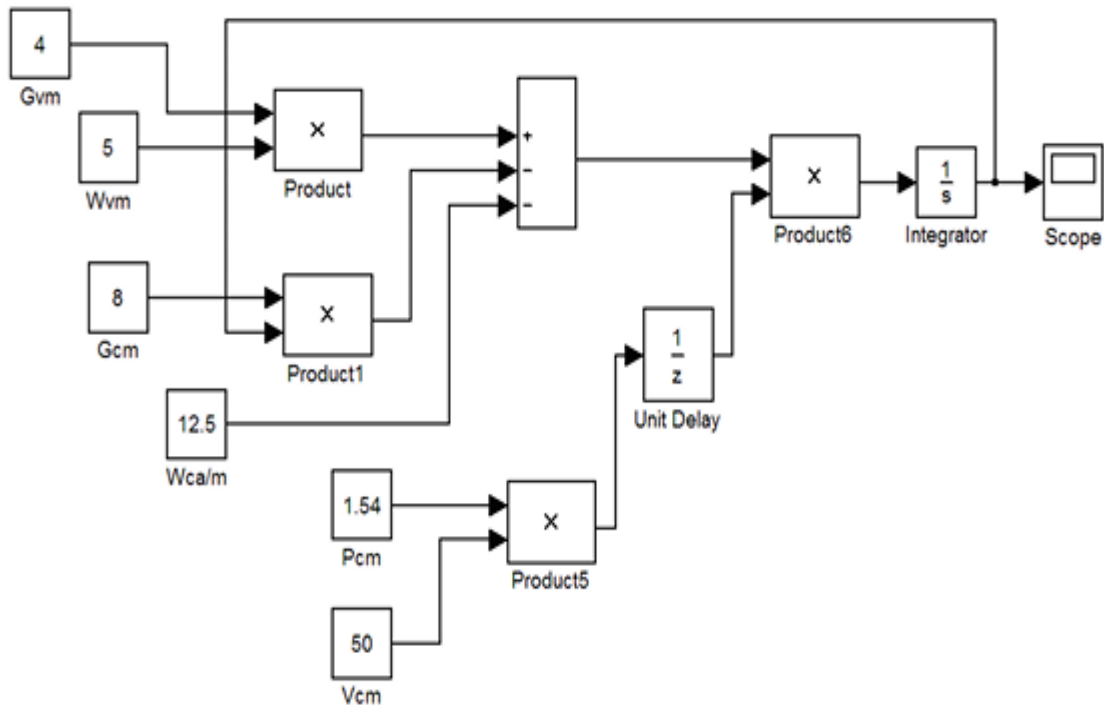


2.19 - сурет - Жылу балансының динамикалық теңдеуінің графигі

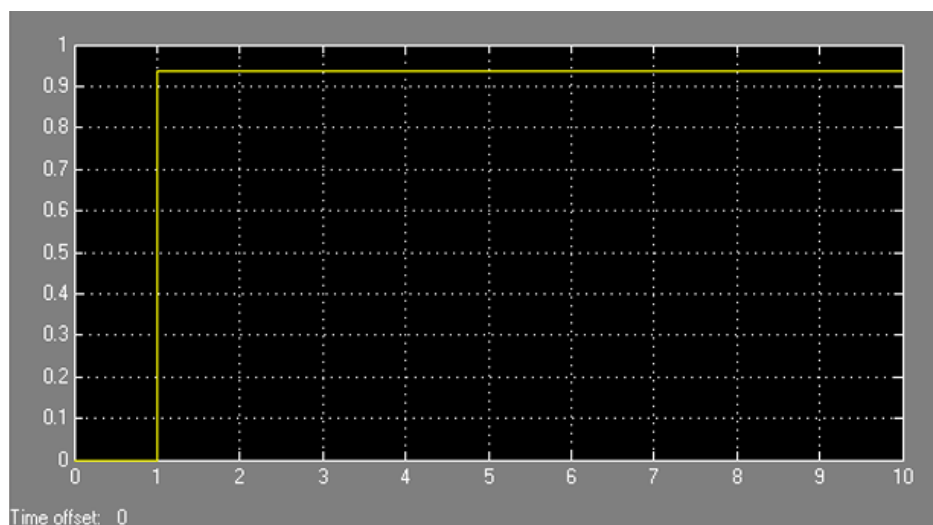
Өнімдегі ылғалдылық мөлшеріне байланысты материалдық баланстың динамикалық теңдеуі:

$$\rho_{ca} \times V_{cm} \times \frac{d\omega}{dt} = G_{bm} \times \omega_{bm} - G_{cm} \times \omega_{cm} - W_m \quad (2.10)$$

мұндағы ω_{cm} , ω_{bm} - материал ылғалдылығы.



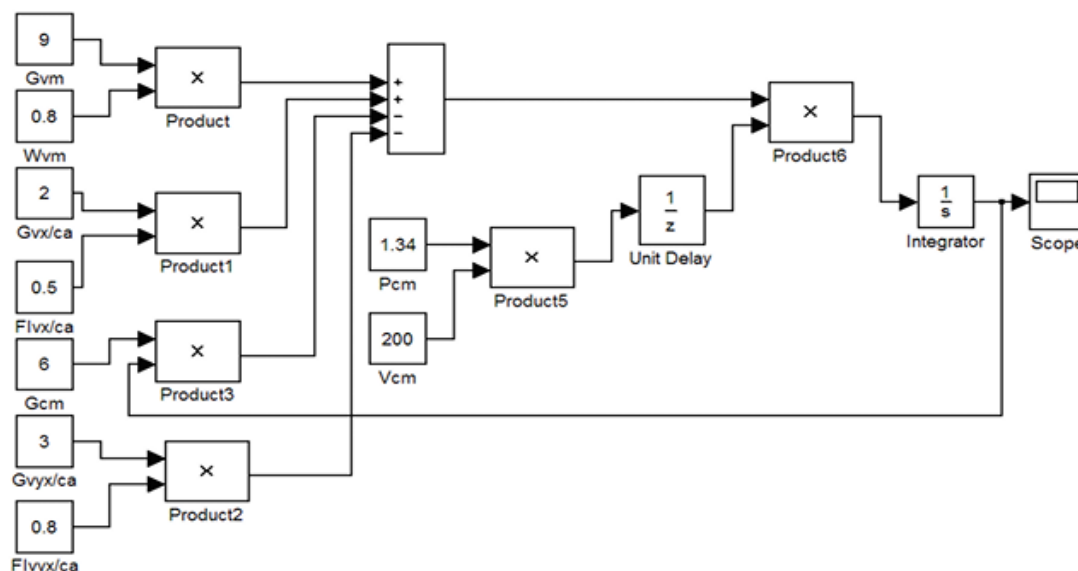
2.20 - сурет - Материалдық баланстың динамикалық теңдеуінің Simulink-те жиналуы



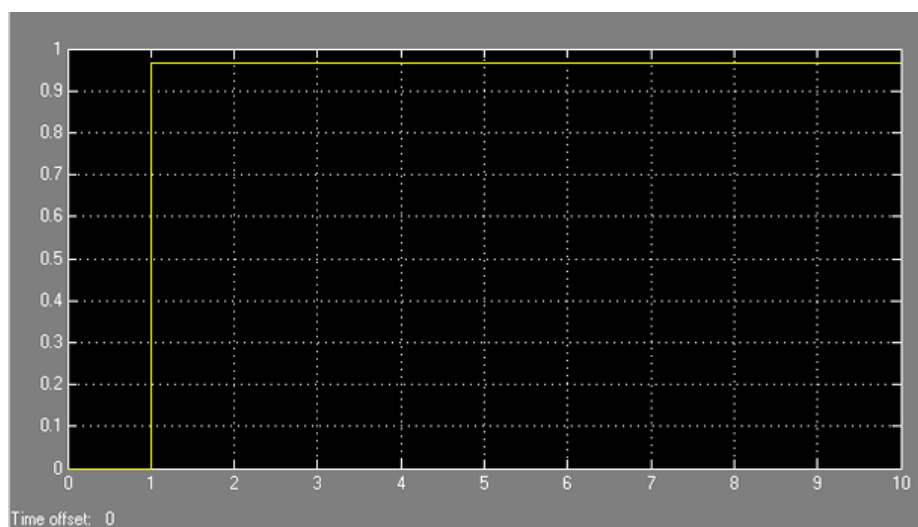
2.21 - сурет - Материалдық баланстың динамикалық теңдеуінің графигі

Кептіру үрдісіндегі материалдық баланстың динамикалық теңдеуі:

$$\rho_{ca} \times V_{cm} \times \frac{d\omega}{dt} = G_{bm} \times \omega_{bm} + G_{bm} \times \varphi_{ca} - G_{cm} \times \omega_{cm} - G_{ca} \times \varphi_{ca} \quad (2.11)$$



2.22 - сурет - Материалдық баланстың динамикалық теңдеуінің Simulink те жиналуы



2.23 - сурет - Материалдық баланстың динамикалық теңдеуінің графигі

Автоматтандырудың функционалдық сызба сипаттамасын беретін болсақ.

Кептіргіш мұнарада орналасқан ерітіндінің температурасын тіркеу үшін ТХК-0515 маркалы термoeлектрлік термометр (позиция 5) қолданылады. Бұл құрылғы өлшенген мәнді аналогтық сигнал ретінде контроллерге жібереді. Аспаптың жұмыс диапазоны 223–873 К аралығында, өлшеу дәлдігі – $\pm 2,6$ К.

Сол құрылғының тағы бір данасы (позиция 6) мұнараның жоғарғы аймағындағы температураны қадағалау үшін орнатылған және ол да аналогты сигналмен контроллерге ақпарат жеткізеді. Параметрлері бірдей: температура диапазоны 223–873 К, дәлдік $\pm 2,6$ К.

Фосфат ерітіндісінің қысымын тіркеу үшін мембраналық типтегі бөлгіш РМ-5322 (позиция 50) қолданылады. Ол да контроллермен аналогты түрде байланыс орнатады. Құрылғы 0-ден 25 МПа-ға дейінгі қысымды өлшейді, ал өлшеу қатесі $\pm 0,38$ МПа.

Түтін газдарының температурасын анықтау үшін ТХК-0515 термометрі (позиция 20) орнатылған. Ол температураны 223–873 К аралығында өлшейді және дәлдігі $\pm 2,4$ К.

Түтін құбырындағы газ қысымын бақылау үшін ДН-600-11 үлгісіндегі қысым релесі (позиция 46) пайдаланылады. Бұл датчик 0,6–6,0 кПа аралығындағы қысымды өлшейді, ал нақты өлшеу қателігі $\pm 0,06$ кПа шамасында.

Вентилятор білігінің тірек бөлігіндегі майдың температурасын бақылау үшін тағы бір ТХК-0515 термометрі (позиция 7) қолданылады. Ол да аналогты сигналмен контроллерге дерек береді. Өлшеу диапазоны – 223–873 К, ал қателігі $\pm 2,4$ К.

Жұмсартылған судың деңгейін анықтау үшін ESP типті деңгейлік сигнализатор (позиция 65) орнатылған, ол да контроллерге аналогтық сигнал береді.

ТПФН ерітіндісінің деңгейін насос камерасында өлшеу мақсатында ГР-8 гаммарелелі құрылғысы (позиция 65) қолданылады. Бұл аспаптың өлшеу дәлдігі $\pm 0,05$ м.

2.10 ТПФН кептіру және қыздыру үрдісіне ТҮАБЖ құру

Ақпараттық қамтамасыз ету құрылымы мен мазмұны есептеу техникасын пайдалана отырып, технологиялық үдерістер туралы деректерді өңдеу, оларды жүйелеу және алғашқы ақпаратты кодтау мақсатында жасалады. Бұл жүйе ақпаратты тиімді сақтауға, өңдеуге және басқаруға бағытталған.

Жүйенің ақпараттық базасы екі үлкен бөліктен тұрады: ішкі (машина ішіндегі) және сыртқы (машинадан тыс) ақпарат көздері.

Ішкі ақпараттық база – бұл есептеуіш құрылғының оперативтік (ОЕК) және сыртқы (СЕК) жадында сақталатын деректер жиыны. Мұнда келесі элементтер қамтылады:

Нормативтік-анықтамалық деректер – өндірістегі технологиялық операциялардың параметрлерін сипаттайтын техникалық-сандық мәліметтер;

Оперативтік ақпарат файлдары – ағымдағы басқару үшін қажетті деректерді жазуға және сақтауға арналған;

Ақпаратты кодтау жүйесі – мәліметтерді ЭЕМ-ға енгізу және өңдеу кезінде қолданылатын формальді тіл.

Сыртқы ақпараттық база – бұл басқару шешімдерін қабылдау кезінде қолданылатын бастапқы деректер көзі. Оған мыналар кіреді:

- ғылыми-техникалық әдебиет (оқулықтар, журналдар, мақалалар);
- конструкторлық және технологиялық құжаттар;
- стандарттар, әдістемелік нұсқаулар және басқа да нормативтік құжаттар;
- технологиялық ағындардың сипаттамалары, коэффициенттер және тұрақтылар;
- тікелей өлшеу арқылы немесе операторлармен енгізілген бастапқы мәліметтер;
- тапсырма орындалғаннан кейін қалыптасатын және құжат түрінде шығарылатын шығыс мәліметтер.

Ақпараттық қамтамасыз етудің негізгі мақсаты — өндірістік объектінің күйін талдауға мүмкіндік беру және қалыпты немесе эксперименттік жағдайларда басқару шешімдерін қабылдауды қолдау. Мұндай жүйе өлшенетін параметрлерді тіркеу, деректерді өңдеу орталығына жіберу, алдын ала өңдеу және оларды басқару үдерісінде тиімді пайдалану функцияларын атқарады.

Ақпараттық жүйе мынадай талаптарға сай болуы керек:

- ақпараттың уақытылы жеткізілуі;
- деректердің дәлдігі және бұрмаланусыз берілуі;
- ішкі жүйелердің тұрақты және сенімді жұмыс істеуі;
- шығатын мәліметтердің өлшеу құралдарының жұмысына сәйкес келуі;
- техникалық тұрғыдан жүзеге асырылу мүмкіндігі.

Сонымен қатар, жүйенің ақпараттық құрылымы келесі аспектілерді қамтуы қажет:

- техникалық құралдарды біркелкі жүктеу мен ақпаратты дер кезінде операторлар мен қызмет көрсетуші персоналға жеткізу;
- жүйені болашақта кеңейтуге икемділік;
- штаттық және апаттық режимдерде адам қатысуының қолайлылығы.

Ақпараттық қамтамасыз етудің толық құрамына жүйені классификациялау және кодтау, сигналдардың толық тізімі, ақпараттық ағындар мен файлдар құрылымы, сондай-ақ қажетті құжаттамалар жиынтығы кіреді.

Қазіргі заманда өндіріс орындарында технологиялық процестерді автоматтандыру – өнім сапасын арттырудың, еңбек өнімділігін жоғарылатудың және ресурстарды үнемдеудің негізгі факторы болып табылады. Химиялық өндірісте триполифосфат натрий (ТПФН) кеңінен қолданылады. Ол жуғыш заттарда, тағам өнеркәсібінде, су жұмсартуда

маңызды рөл атқарады. ТПФН-ды өндіру процесінің маңызды кезеңдерінің бірі – кептіру және қыздыру. Бұл кезеңде өнім қажетті құрылым мен қасиеттерге ие болады. Бұл процестердің дұрыс басқарылмауы өнім сапасының төмендеуіне, энергия шығынының артуына және технологиялық ақауларға әкелуі мүмкін[11].

Автоматтандырылған басқару жүйесін (ТҮАБЖ) енгізу арқылы өнімнің сапасын арттыруға, процесті нақты және тұрақты бақылауға, сондай-ақ өндіріс үдерісін оңтайландыруға болады. Жобаның мақсаты – ТПФН кептіру және қыздыру үрдісіне арналған автоматтандырылған басқару жүйесін құру және MATLAB/Simulink ортасында басқару алгоритмінің моделін жасау.

Технологиялық үдерістің сипаттамасы тпфн өндірісі бірнеше кезеңдерден тұрады: шикізатты дайындау, химиялық синтез, өнімді сүзу, кептіру, қыздыру және орау. Соның ішінде кептіру және қыздыру кезеңдері өнімнің соңғы сапасын анықтайды. Бұл кезеңде өнімнен артық ылғал жойылып, оның құрылымы тұрақтанады.

Кептіру үдерісі – жылу және масса алмасу процестеріне негізделген. Ылғал өнім кептіргішке түсіп, жылытылған ауа арқылы өңделеді. Ауа ылғалды сіңіріп, өнімді құрғатады. Қыздыру кезеңінде өнім 200–250°C температурада термиялық өңдеуден өтеді. Бұл кезде оның физика-химиялық қасиеттері тұрақтанады.

Басқарылатын және бақыланатын негізгі параметрлер:

- температура (T): өнімді қыздыру деңгейін анықтайды;
- ылғалдылық (W): өнімдегі қалған ылғал мөлшері;
- ауа ағыны (F): кептіру жылдамдығына әсер етеді;
- қыздырғыш қуаты (Q): температураны реттеу үшін қолданылады.

ТҮАБЖ құрылымы және құрамы ТПФН кептіру және қыздыру үдерісіне арналған ТҮАБЖ мынадай негізгі элементтерден тұрады:

Датчиктер мен бақылау құралдары:

- термопаралар немесе термисторлар – температураны өлшеу үшін;
- ылғалдылық сенсорлары – өнім ішіндегі немесе ортадағы ылғалдылықты бақылау үшін.

Атқарушы құрылғылар:

- электрлік жылытқыштар (ТЭН);
- желдеткіштер немесе ауа үрлегіштер;
- қақпақшалар мен клапандар – ауа ағынын реттеу үшін.

Басқару құрылғысы:

- PLC (программаланатын логикалық контроллер) немесе микроконтроллер;

- MATLAB/Simulink моделінде имитациялық басқару.

Адам-машина интерфейсі (HMI):

- сенсорлы дисплей арқылы операторға ақпарат ұсыну;
- SCADA жүйесі арқылы мәліметтерді тіркеу және талдау.

Байланыс жүйесі:

- аналогты және цифрлық сигналдар;

- OPC немесе Modbus арқылы байланыс протоколдары.
Басқару алгоритмі және ПИД регулятор. Кептіру мен қыздыру үдерісінде температураны нақты деңгейде ұстау өте маңызды. Бұл үшін жиі қолданылатын құрал – ПИД (пропорционалды-интегралды-дифференциалды) реттегіш.

ПИД алгоритмі:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t)dt + K_d \cdot \left(\frac{de(t)}{dt}\right) \quad (2.12)$$

мұндағы $e(t)$ – жүйе қатесі, яғни берілген және нақты температура айырмасы;

K_p – пропорционалды коэффициент (реакция жылдамдығын анықтайды);

K_i – интегралды коэффициент (қателікті ұзақ уақыт ішінде жояды);

K_d – дифференциалды коэффициент (жылдам өзгерістерге әрекет етеді).

ПИД реттегіш температурадағы ауытқуларды азайтып, жүйенің орнығуын тездетуге көмектеседі.

MATLAB/Simulink ортасында жүйе моделі. Жүйенің математикалық моделін MATLAB/Simulink ортасында құру үдерістің жұмысын алдын ала модельдеуге және басқару алгоритмінің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

Модель құрамы:

- setpoint блогы – қажетті температура мәні;
- PID Controller – басқару алгоритмі;
- transfer Function – жылу жүйесінің объектілік моделі;
- scope – нәтижені график түрінде көрсету.

Модельдеу параметрлері:

- жылу жүйесі инерциялық жүйе ретінде қабылданады (бірінші ретті кешіктіру элементі);

- уақыттық интервал: 0–100 секунд;
- берілген температура: 220°C.

Нәтижелер: Модельдеу нәтижесінде PID параметрлері дұрыс таңдалған жағдайда жүйе 220°C температураға 10–15 секунд ішінде жетіп, артық шыңдарсыз орнығады. Бұл басқару жүйесінің тиімді әрі тұрақты жұмыс істейтінін көрсетеді.

ТПФН кептіру және қыздыру үдерісі – өнімнің сапасы мен техникалық сипаттамаларын анықтайтын маңызды кезең. Автоматтандырылған басқару жүйесін енгізу арқылы өнім сапасын тұрақты ұстауға, шығындарды азайтуға және қауіпсіздікті арттыруға болады.

2.11 ТҮАБЖ техникалық қамтамасыздандыру

Триполифосфат натрийін (ТПФН) кептіру және қыздыру процестерін автоматты басқару жүйесінің техникалық базасы ретінде орталық процессор – CPU 417-4 және бағдарламаланатын логикалық контроллер – Simatic S7-400 таңдалып алынған. Бұл жүйенің төменгі деңгейі әртүрлі сенсорлар мен түрлендіргіштермен жабдықталып, олар технологиялық ақпаратты жинақтап, оны контроллердің өңдеуіне қолайлы сигналдарға түрлендіреді. Сонымен қатар, адамның қабылдауына бейімделген визуалды құралдар мен екіншілік құрылғылар қолданылады.

Басқару бөлігінің негізі ретінде таңдалған CPU 417-4 пен Simatic S7-400 контроллері “Totally Integrated Automation” (TIA) тұжырымдамасына толықтай сай келеді. Simatic S7-400 контроллерлері күрделі өндірістік процестерді автоматтандыруға арналған қуатты әрі модульдік шешім болып табылады.

Оны таңдаудың негізгі себептері мыналар:

- STEP 7 ортасында ыңғайлы визуализация және бағдарламалау мүмкіндігі;
- MPI және SIMATIC NET желілеріне қосылу икемділігі;
- жоғары есептеу қуаты мен әмбебап командалар жиынтығы;
- таратылған енгізу/шығару құрылымдарын қолдау және өндірістік желілерге жеңіл біріктіру;
- қызмет көрсетуге ыңғайлы модульдік құрылым және табиғи салқындату жүйесі;
- жүйені кейін жаңарту мен кеңейту мүмкіндігі.

SIMATIC жүйесінің бағдарламалық қамсыздандыруы бүкіл автоматтандыру кезеңдеріне арналған құралдар жиынтығын ұсынады. Жобаға қатысты барлық деректер бірыңғай деректер базасында сақталып, әртүрлі компоненттер арасында ортақ қолданылады. Бұл бағдарлама Windows платформасына негізделген және STEP 7 пакеті арқылы жүзеге асырылады, ол IEC 1131-3 және DIN EN 6.1131-3 стандарттарына толық сәйкес келеді.

ТПФН кептіру және қыздыру үдерісіне арналған ТҮАБЖ жүйесінде барлық элементтердің өзара үйлесімді жұмыс істеуі үшін сенімді және дәл құрал-жабдықтар таңдалады. Температураны басқару – бұл үдерістің негізгі элементі болғандықтан, жылу жүйесінің инерциясын ескере отырып, термодатчиктер мен PID реттегіш біріктірілген түрде қолданылады. Ылғалдылық деңгейін нақты бақылау үшін сыйымдылықты немесе инфрақызыл сенсорлар орнатылады. Ауа ағынын өлшеу мен басқару үрдістің тұрақтылығын қамтамасыз етеді, ол үшін турбина типті анемометрлер мен реттегіш желдеткіштер пайдаланылады.

Жылытқыш элементтердің қуаты нақты технологиялық қажеттілікке сай таңдалады және олар PLC арқылы басқарылатын реле немесе симисторлар арқылы іске қосылады. PLC өз кезегінде логикалық басқару алгоритмін, авариялық жағдайларды өңдеу және сигнализация жүйесін жүзеге асырады.

Барлық өлшенген параметрлер HMI дисплейі арқылы визуализацияланып, оператор нақты уақытта жүйенің күйін бақылай алады. Жүйе қауіпсіздігін арттыру үшін температура мен токтың шекті мәндеріне жеткенде автоматты түрде өшіру функциялары қарастырылған. Сонымен қатар, барлық өлшеу нәтижелері мен басқару әсерлері SCADA жүйесінде тіркеліп, архивтеліп, статистикалық өңдеуге беріледі.

ТҮАБЖ құрамындағы құрылғылар өндіріс жағдайына төзімді, жоғары температура мен шаң ортасында жұмыс істей алатындай IP65 деңгейіндегі қорғаныс класымен таңдалады. Қуат көзі үзіліссіз жұмыс істеуі үшін UPS жүйесімен қорғалған, ал авариялық сигналдар жарық және дыбыстық индикаторлар арқылы беріледі. Сонымен, техникалық қамтамасыздандыру кешені бүкіл үдерістің автоматтандырылған, сенімді және тиімді басқарылуын қамтамасыз етеді[10].

STEP 7 бағдарламалық құралы автоматтандыру жүйелерін жобалау кезінде өзінің келесі мүмкіндіктерімен ерекшеленеді: көптеген қолмен жасалатын операцияларды автоматты түрде орындау, LAD, STL және FBD сияқты кеңінен танымал бағдарламалау тілдерін қолдау, сондай-ақ стандартқа сәйкес интерфейс арқылы оқуды жеңілдетіп, персонал даярлау шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Бұл құрал Siemens S7-300 және S7-400 контроллерлері үшін негізгі бағдарламалау ортасы ретінде қолданылады. Осы жүйеде жиі қолданылатын қуатты процессорлардың бірі – CPU 417-4, ол жоғары өнімділігімен ерекшеленеді: бір уақытта орындалатын екі операцияның уақыты 0.1 микросекундтан аспайды. Сонымен қатар, бұл CPU 4 МБ көлеміндегі жадымен қамтамасыз етілген (бағдарламалар мен мәліметтер үшін), 262144 дейін дискретті немесе 16384 дейін аналогтық енгізу/шығару арналарына қол жеткізуге мүмкіндік береді. Ол 32 станцияға дейінгі MPI желісімен 12 Мбит/с жылдамдықта байланыс орната алады. Құрылғыда басқаруға арналған арнайы кілтпен ауыстырып қосу жүйесі бар, сондай-ақ қауіпсіздік мақсатында парольдік қорғаныс енгізілген. CPU 417-4 соңғы 120 оқиғаны тіркейтін диагностикалық буферге ие және адам-машина интерфейсін автоматты түрде ақпаратпен қамтамасыз ете алады. Ол нақты уақыт режимінде жұмыс істеуге мүмкіндік беретін сағатпен жабдықталған және RAM немесе EEPROM жад картасы арқылы міндетті түрде жұмыс істейді. Сонымен қатар, PROFIBUS-DP интерфейсі арқылы сыртқы енгізу/шығару модульдерімен жеңіл бірігу мүмкіндігі бар, бұл оны өндірістік автоматтандыру жүйелерінде қолдануға өте ыңғайлы етеді.

Орталық процессорға қосымша байланыс модульдері (мысалы, IF 964-DP) орнатыла алады. Олар PROFIBUS-DP арқылы жоғары жылдамдықтағы (12 Мбит/с дейін) мәлімет алмасуға мүмкіндік береді.

ТПФН өндірістік процесінде ең маңызды технологиялық параметрлер – температура, қысым, сирету, шығын және ылғалдылық. Осы көрсеткіштерді бақылау және басқару үшін тиісті өлшеу құралдары мен сенсорлар қолданылған.

Мысалы, термоэлектрлік түрлендіргіштер – әртүрлі заттардың

температурасын өлшеп, оны біртұтас ток сигналдарына түрлендіреді. Бұл құрылғылар агрессивті және бейтарап орталарда жұмыс істеуге бейімделген және олар энергетика, мұнай, газ және басқа салаларда кеңінен қолданылады. Түрлендіргіштер сенсордан түсетін сигналды стандартталған ток сигналына ауыстырып, қосымша нормализация құрылғыларын қажет етпей-ақ автоматты басқару жүйесіне біріктіріледі.

ТПФН кептіру және қыздыру үдерісіне арналған технологиялық үдерісті автоматты басқару жүйесінің (ТҮАБЖ) техникалық қамтамасыздандырылуы құрамына өлшеу құралдары, атқарушы механизмдер, басқару құрылғылары, байланыс жүйесі және қоректендіру элементтері кіреді. Температураны өлшеу үшін термопаралар немесе Pt100 типті термодатчиктер қолданылады, олар 0–500°C диапазонында $\pm 0.5^\circ\text{C}$ дәлдікпен жұмыс істейді. Ылғалдылықты бақылауға арналған сенсорлар өнім шығу жолына және кептіргіштің ауа ағынына орнатылады. Ауа қозғалысын бақылау үшін анемометрлер қолданылады.

Атқарушы құрылғылар ретінде қуаты 3–6 кВт болатын электрлік жылытқыштар (ТЭН), сондай-ақ желдеткіштер мен ауа үрлегіштер (0.75–2.2 кВт) қолданылады. Ауа ағынын басқару үшін электр немесе пневматиктік клапандар мен қақпақшалар орнатылады. Басқару орталығы ретінде сандық және аналогты кіріс/шығыс модульдері бар PLC (мысалы, Siemens S7-1200) пайдаланылады. Оператор интерфейсі ретінде сенсорлы HMI дисплейі (мысалы, Weintek немесе Siemens) арқылы басқару мен бақылау жүзеге асырылады.

Барлық құрылғылар арасында байланыс Modbus RTU/TCP, Profibus немесе Ethernet сияқты индустриалдық протоколдар арқылы ұйымдастырылады. Мәліметтерді тіркеу және талдау SCADA жүйесі арқылы орындалады. Жүйенің сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін 220/380 В, 50 Гц қуат көзі және үздіксіз қорек көзі (UPS) қарастырылған.

2.11 Экономикалық тиімділік және энергияны үнемдеу

ТПФН кептіру және қыздыру үдерісін автоматтандырудың экономикалық тиімділігі мен энергияны үнемдеудегі рөлі орасан зор. Бұл бөлімде автоматтандырылған басқару жүйесінің (ТҮАБЖ) енгізілуі өндіріс процесінің тиімділігіне қалай әсер ететіні қарастырылады.

Біріншіден, автоматтандыру жүйесі температура мен ылғалдылықты нақты бақылап, реттеу арқылы өнімнің сапасын біркелкі сақтауға мүмкіндік береді. Қолмен реттеуге қарағанда, PID-регулятор негізінде құрылған басқару алгоритмдері жылу энергиясын тек қажетті уақытта ғана беріп, артық энергия шығынын болдырмайды. Бұл жылына орта есеппен 10–20%-ға дейінгі энергия үнемдеуді қамтамасыз етеді.

Екіншіден, жүйе өнімнің кептіру және қыздыру уақытын оңтайландырады. Белгіленген параметрлерге тез жету мен тұрақты ұстап тұру

арқылы әр партияның өңдеу уақыты қысқарып, цехтың өнімділігі артады. Мысалы, бір ауысымда өңделетін өнім көлемі 15–25%-ға ұлғаюы мүмкін.

Үшіншіден, операторлардың қатысуын азайту арқылы адами фактордың әсері төмендейді. Бұл – еңбек шығынын азайту, өндірістік қателіктерді болдырмау және қызметкерлердің қауіпсіздігін арттыру деген сөз. Сонымен қатар, жүйенің SCADA арқылы бақылау және архивтеу мүмкіндігі өндірісті жоспарлауға, үнемі талдау жасауға және ақауларды ерте анықтауға жағдай жасайды.

Автоматтандырылған жүйеде алдын ала болжам мен апаттық жағдайларды анықтау мүмкіндігі өндірісті тоқтатпай жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Жөндеу жұмыстарының жиілігі азайып, техникалық қызмет көрсету аралығы ұлғаяды, бұл – қосымша қаржылық үнем.

Соңында, автоматтандырудың жалпы әсері өнімнің өзіндік құнын төмендетуге, бәсекеге қабілеттілікті арттыруға және экологиялық талаптарға сай таза әрі тұрақты өндіріс жүргізуге мүмкіндік береді. Осылайша, ТПФН кептіру және қыздыру үдерісін басқаруды автоматтандыру – техникалық және экономикалық жағынан жоғары тиімді шешім болып табылады.

ТПФН кептіру және қыздыру үдерісін автоматты басқару жүйесімен жабдықтау кәсіпорынға бірқатар экономикалық және өндірістік артықшылықтар береді. Бұл жүйе тек технологиялық параметрлерді тұрақтандыру ғана емес, сонымен қатар ресурстарды тиімді пайдалану, энергия шығынын азайту, өнім сапасын арттыру және еңбек шығынын оңтайландыру сияқты кешенді нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Энергияны үнемдеу

Кептіру және қыздыру үдерістері – жоғары энергия тұтынатын технологиялық сатылардың бірі. Температураны дәл бақылау және ПИД-регуляторлар арқылы оны бірқалыпты ұстап тұру нәтижесінде жүйе тек нақты қажетті сәттерде жылу береді. Нәтижесінде артық жылу жоғалту азайып, энергия шығыны төмендейді. Орта есеппен жылу энергиясын тұтыну 15–25%-ға дейін үнемделеді.

- қалыпты жағдайда жылу энергиясының шығыны: 1000 кВт·сағ/тәулік

- автоматтандырудан кейінгі шығын: 750–850 кВт·сағ/тәулік

- жылдық үнем (300 жұмыс күніне):
 $(1000 - 800) \times 300 = 60\,000$ кВт·сағ

- егер 1 кВт·сағ бағасы 20 теңге болса, жылдық үнем:
 $60\,000 \times 20 = 1\,200\,000$ теңге

Автоматтандырылған жүйе адам еңбегіне деген қажеттілікті азайтады. Бұрын әр ауысымда бір оператор әрқашан температураны бақылап, жылу беруді қолмен реттеген болса, енді бұл функциялар толығымен автоматты түрде іске асады. Нәтижесінде бір қызметкердің орнына жүйе жұмыс істейді, бұл – жалақы, әлеуметтік төлемдер және еңбек жағдайларын қамтамасыз ету бойынша шығындардың төмендеуі.

- бір оператордың орташа айлығы: 200 000 теңге

- жылдық жалақы: 2 400 000 теңге
- Бұл шығынның бір бөлігі автоматтандыру есебінен қысқарып, тек қызмет көрсету мен бақылау маманына жүктеледі (50–60%).

Өнім сапасының тұрақтылығы

Қолмен басқарылатын жүйелерде температура мен ылғалдылық ауытқулары жиі болады, бұл өнімнің сапасына әсер етеді. Автоматтандырылған жүйеде бұл параметрлер нақты ұсталады, нәтижесінде:

- партиядан партияға дейін өнім біркелкі болады, ақаулы өнім мөлшері азаяды;
- ақаулы өнімді қайта өңдеуге жұмсалатын шығындар азаяды;
- клиенттердің сенімі артады, қайтарым азаяды, нарықтағы бәсекелестік күшейеді.

Жөндеу мен техникалық қызмет көрсету шығындарын төмендету

Жүйе SCADA арқылы параметрлердің ауытқуын бақылап, датчиктердің күйін, температураны, қысымды және т.б. қадағалай алады. Бұл күтпеген істен шығулардың алдын алады. Ақауларды ерте кезеңде анықтау арқылы күрделі жөндеу жұмыстарының жиілігі азаяды, техникалық қызмет көрсету нақты жоспармен жүргізіледі.

Температура мен ауа ағынын дәл бақылау арқылы энергия шығыны азайып, қоршаған ортаға зиянды шығарындылар (мысалы, артық энергия тұтынудан болатын CO₂) азаяды. Бұл экологиялық стандарттарға сай өндірісті қамтамасыз етіп, экологиялық салықтар мен айыппұлдардан қорғайды.

Елімізде жуғыш заттарда қолданылатын фосфаттардың жылдық тұтынуы шамамен 1,8 миллион тоннаны құрайды, олардың ішінде ең жиі қолданылатыны – натрий триполифосфаты (STPP). STPP жуғыш құралдарда маңызды көп функция атқарады: кальций мен магний иондарын байланыстырып, суды жұмсартып, кірдің матаға қайта түсуін болдырмайды, рН деңгейін тұрақтандырады, кір бөлшектерін ерітіп, оларды таратады, майларды гидролиздеп, кетіруді жеңілдетеді, сондай-ақ жуғыш заттардың еруі мен шаюын жақсартады. Осы қасиеттері бойынша STPP-ке балама құрылысшы табылған жоқ.

Өмірлік циклді талдау нәтижесінде STPP бұл тұрғыда қоршаған ортаға басқа баламаларға қарағанда (мысалы, цеолиттерге) азырақ зиян келтіретіні анықталған. Заманауи ықшам жуғыш ұнтақтар дәстүрлі ұнтақтарға қарағанда 3 есе жоғары концентрациялы, сондықтан олар шикізатты аз тұтынып, экология үшін тиімдірек. Таблетка түріндегі жуғыш заттар пайдалануда ыңғайлы әрі дозаны артық немесе кем қолдануға жол бермейді.

Мұндай ықшам жуғыш заттар құрамына STPP белгілі бір кристалды фазада (I форма, II форма немесе гексагидрат), ылғалдылығы мен бөлшектер өлшемдерінің таралуына сәйкес енгізіледі. Бұл көрсеткіштер жуғыш заттың еруі мен тиімділігіне тікелей әсер етеді. I формасы тез ылғал тартып, ұнтақ құрылымында ісінуге себеп болады. STPP-тің осы формаларының арақатынасы көбінесе оның кальцинация температурасына байланысты анықталады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дүние жүзінде натрий триполифосфатының өндірісінің ұлғаюы су объектілерінің балдырлармен толып кету проблемасы туындағанға дейін жалғасатын болады. Демек әлемді бұл мәселеге жеткізбей, құтқару бұл жобаның негізгі бір мақсаты. Ресей, Қытай, Қазақстан: натрий триполифосфатын өндіретін негізгі елдер. Натрий триполифосфатының негізгі бөлігі СМС өндірісіне жұмсалады, бірақ ол тоқыма және былғары өнеркәсібінде ағарту және жуу, кендерді флотациялау, бояуларды тарату, синтетикалық каучук өндірісінде, электролиз процестерінде, жауын-шашын мен масштабтың алдын алу үшін суды жұмсарту, пергидролды тұрақтандыру, мұнай бұрғылау кезінде кеңінен қолданылады ұңғымалар, ағартуға арналған қағаз өндірісінде және басқа да бірқатар өндірістерде айрықша қолданысқа ие.

Казфосфат зауытында болған процестерді байқағанымдай, қазіргі кезде ТПФН өндіру цехында ортофосфат кептіру мұнарасында автоматты басқару енгізілмеген, ТПФН ылғалдылығы қолмен реттеледі. Оның ылғалдылығы халықаралық нормаға сай 1%-ке дейін болуы керек.

Бұл жобада ЖЖФЗ эксперт-технологтарының ұсынысы бойынша, ТПФН ылғалдылығын автоматты басқарудың математикалық моделін зерттедім. Математикалық модельді ылғалдылықтың бірқалыпты болуы үшін МЭО орындаушы механизмін және ПИД реттеуішін қолданып жасадым. Ол адамдық факторды азайтып, триполифосфат натрий өнімінің сапасын арттырады. Тұрақтылық шекарасындағы Гурвиц критерийіне сәйкес Ашық тізбек жүйесі бар, өйткені бір детерминант нөлге тең. Тұрақтылық критерийі бойынша жабық жүйе тұрақтылық шекарасында орналасқан, себебі Ляпунов теоремасы бойынша ашық контурлы жүйе тұрақсыз және AFJS $(-1,0 \text{ j})$ нүктесіне өтеді ашық цикл жүйесі.

Талқыланған технологиялық нұсқалардың әсері натрий триполифосфатының қоршаған ортаға өндірісі салыстырмалы түрде аз. Экологиялық тұрғыдан алғанда, құрғақ бір сатылы әдіспен ТПФН өндіру ең пайдалысы. Сондай-ақ олардың экологиялық көрсеткіштерін жақсарту химия өнеркәсібі үшін болашақтағы ең маңызды міндеттер болып табылады. Жұмыста осы мақсаттарға жету үшін процестерді біріктірудің бірнеше әдістерін жинақтайтын тәсіл ұсынылған.

Сонымен қатар, натрий триполифосфаты өндірісінің табиғи ортаға әсерін одан әрі төмендету мүмкіндігі бар. Бұған жаңа технологиялық конструкциялар мен аппараттық шешімдерді қолдану арқылы қол жеткізуге болады, яғни таза өндіріс әдістемесінде ұсынылған қызметтің негізгі элементтері.

Натрий триполифосфатын алуды оңтайландыру және өнімнің сапасын арттыру мақсатында натрий триполифосфатын алу процесін тиімді бақылауға және реттеуге мүмкіндік беретін басқару жүйесін құру жұмыста жүзеге асады. Натрий триполифосфатын өндіретін зауыттың энергия тиімділігін арттыру

үшін компьютерлік модельдеу/оңтайландыру әдістемесін қолдану қолданылды.

ТПФН кептіру және қыздыру үдерісіне арналған технологиялық үдерісті автоматты басқару жүйесін (ТҮАБЖ) жобалау барысында басқару нысанының ерекшеліктері, технологиялық параметрлердің өзара байланысы, сенсорлар мен атқарушы құрылғылардың дұрыс таңдалуы, сондай-ақ басқару алгоритмінің тиімділігі ескерілді. MATLAB және Simulink платформаларында жасалған модель арқылы жүйенің жұмыс принципі зерттеліп, температура мен ылғалдылық параметрлерін тұрақты ұстап тұру үшін ПИД-регулятор тиімділігі дәлелденді.

Жүйенің техникалық қамтамасыздандырылуы қазіргі заманғы талаптарға сай жоғары дәлдікті датчиктерді, сенімді атқарушы құрылғыларды, интеллектуалды басқару контроллерлерін (PLC) және ыңғайлы HMI интерфейстерін қамтиды. Құрылғылар арасында байланыс индустриалдық стандарттарға сәйкес ұйымдастырылып, SCADA жүйесі арқылы барлық ақпараттың мониторингі мен архивтелуі қамтамасыз етіледі.

Ұсынылған ТҮАБЖ жобасы ТПФН өндірісіндегі кептіру және қыздыру үдерісінің автоматтандырылу деңгейін арттырып, өнім сапасын тұрақты сақтауға, энергия шығынын азайтуға және адам факторының әсерін төмендетуге мүмкіндік береді. Болашақта бұл жүйені өндірістік ортада тәжірибелік енгізу арқылы нақты тиімділігіне көз жеткізуге болады.

Бұл жұмыстың нәтижелерін натрий триполифосфатын алу қажет болатын әртүрлі салаларда қолдануға болады деп күтілуде. Басқару жүйесін әзірлеу шығындарды азайтуға мүмкіндік береді.

ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР ТІЗІМІ

ТПФН	триполифосфат натрий
ЖЖФЗ	Жаңа Жамбыл фосфор зауыты
МЭО	механизм электрический однооборотный
ПИД	пропорционалды-интегралды-дифференциалды
ТҮАБЖ	технологиялық үрдісті автоматты басқару жүйесі
ӨТБ	өндірістік техникалық бөлім
ҒЗБ	ғылыми зерттеу бөлімі
БӨАЖА	бақылау өлшеу аспаптары және автоматика
ММ	математикалық модель
АБЖ	автоматты басқару жүйесі
ПИД	пропорционалды-интегралды-дифференциалды реттегіш
НМИ	адам-машина интерфейсі (Human-Machine Interface)
МЭҚ	микроэлектрондық құрылғылар
ИП	имитациялық модельдеу
ЖАБ	жергілікті автоматты басқару
БҚ	бағдарламалық қамтамасыздандыру
ТҚ	техникалық қамтамасыздандыру
КК	кері байланыс
ЭҚ	электрлік қозғалтқыштар
ДК	диспетчерлік (немесе дербес) компьютер
ТМ	температураны мөлшерлеу (өлшеу)
ЫД	ылғалдылық датчигі
АБ	атқарушы бөлік
ЭЭҮ	электр энергиясын үнемдеу

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Sodium tripolyphosphate application properties. Technical specification // – 2012. – 67–73р.
- 2 Макара А., Взорек З. Получение триполифосфата натрия из концентрированной фосфорной кислоты одностадийным методом // Химия № 4. – 2009. – 375–379с.
- 3 Banach M., Kowalski Z., Wzorek Z., Gorazda K. A chemical method of the production of "heavy" sodium tripolyphosphate with the high content of Form I or Form II // Polish Journal of Chemical Technology– Т. 11, № 2. – 2009.– 13–20р.
- 4 Теория автоматического управления. Часть1. / Воронов А.А. -М.: Высшая школа, – 2016. –277с.
- 5 Ерофеев А.А. Теория автоматического управления. – Спб.: Политехника, – 2013. – 304б.
- 6 Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. -М.: Наука, 2019. – 256с.
- 7 Мирмусаева К.С. Технология производства ортофосфатов натрия на основе экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов. Дисс канд. техн. наук. Ташкент, – 2011. – 169 с.
- 8 Патент № IAP 04968, UZ, МПК8 С 01 В 25/00. Способ получения фосфата натрия. Мирзакулов Х.Ч., Асамов Д.Д., Усманов И.И., Садыков Б.Б., Волынскова Н.В., Бардин С.В., Мирмусаева К.С., Меликулова Г.Э. Оpubл. – 2014. – Бюл. № 11. – 275–279с.
- 9 Banach M., Kowalski Z., Makara A. Microstructure of sodium tripolyphosphate obtained by spray-kiln method. Poland, CHEMIK, – 2011, 179–189р.
- 10 Cheremysynova A., Sknar I., Kozlov Y., Sverdlikovska O., Sigunov O. Study of thermal dehydration of sodium orthophosphate monosubstituted. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 3/6 (87) – 2017, –60-66р.
- 11 Kowalski Z., Kijkowska R., Gorazda K., Wzorek Z., Nowak A.K. Analysis of sodium tripolyphosphate production processes with a cumulative calculation method. Warszawska. Polish journal of chemical technology, Vol. 12, № 4, – 2010. –22-25р.
- 12 Makara A, Wzorek Z. Otrzymywanie tripolifosforanu sodu (TPFS) – warunki procesu i metody produkcji. Czasopismo Techniczne, z. 1-Ch– 2008. – 63р.



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

CERTIFICATE



Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы
Орынбет М.М.

Торайғыров университетінің 65 жылдығына арналған «II Ф.К. БОЙКО МЕРЕЙТОЙЛЫҚ ОҚУЛАРЫ» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция
Международная научно-практическая конференция «II ЮБИЛЕЙНЫЕ ЧТЕНИЯ БОЙКО Ф.К.», посвящённая 65-летию Торайғыров университета
The International Scientific and Practical Conference “II F.K. BOYKO ANNIVERSARY READINGS”, dedicated to the 65th Anniversary of Toraighyrov University
конференцияға қатысқаны үшін | за участие в конференции | for participating in the conference

Ғылыми жұмыс және халықаралық
ынтымақтастық жөніндегі
Басқарма мүшесі-проректор

№ 14606

2025
Павлодар



Н. Ержанов



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

CERTIFICATE



Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы
Ғылыми жетекші Орынбет М.М.

«XVI Торайғыров оқулары» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы
Международная научно-практическая конференция «XVI Торайгыровские чтения»
The International Scientific and Practical Conference «16th Toraighyrov Readings»
конференцияға қатысқаны үшін | за участие в конференции | for participating in the conference

б.ғ.д., профессор,
«Торайғыров университеті» КеАҚ
Ғылыми жұмыс және халықаралық
ынтымақтастық жөніндегі
Басқарма мүшесі-проректор



Н. Ержанов

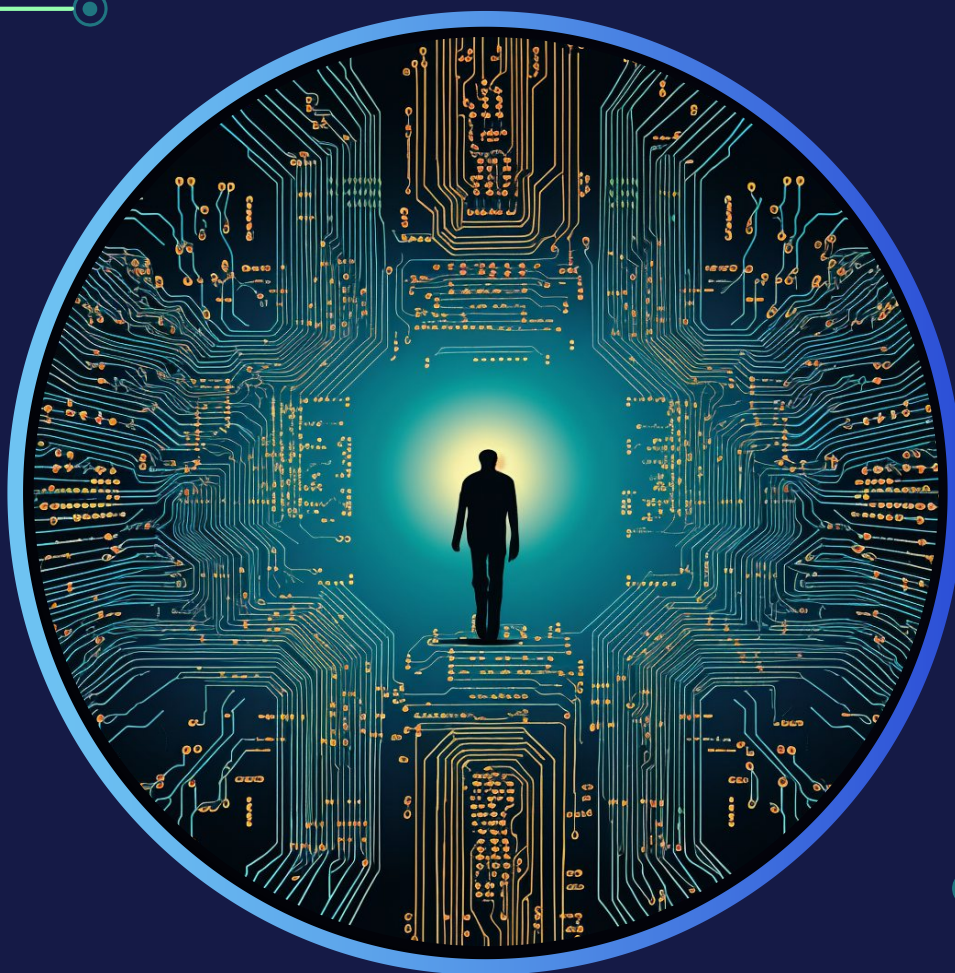
№ 14199

2024
Павлодар



SATBAYEV
UNIVERSITY

COMPUTING AND ENGINEERING



1(1)
March 2023

CONTENTS

<i>Omar A., Kalpeyeva Zh.</i> BLOCKCHAIN-BASED VOTING SYSTEM: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW.....	1
<i>Yerimbetova A., Daiyrbayeva E., Nechta I., Lukpanova L.</i> MATRIX COMBINATION IN STRIP CONVERSION FOR IMPLEMENTING HIDDEN MESSAGES IN THE IMAGE.....	6
<i>Mukazhanova G., Alibiyeva Zh., Kassenkhan A., Mukazhanov N.</i> USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PROCESSING MEDICAL DATA.....	13
<i>Saidov K., Moldagulova A.</i> A REVIEW OF COMMON PRACTICES AND CHALLENGES IN AUTONOMOUS DRIVING.....	20
<i>Adilbek O., Satybaldiyeva R.</i> UNVEILING THE FUTURE: MACHINE LEARNING ALGORITHMS IN EDUCATIONAL PREDICTIVE MODELING.....	25
<i>Mailykhanova B., Koshimbayev S.</i> CONTROLLING THE ELECTRICAL POWER OF AN ORE-SMELTING FURNACE BASED ON CONTROLLERS.....	31
<i>Rysmendeyeva G.S.</i> APPLYING MACHINE LEARNING METHODS FOR ANALYSIS SOCIO-ECONOMIC SURVEY DATA.....	36
<i>Ulaskan A.O., Orynbet M.M.</i> DEVELOPMENT OF AN OPTIMAL CONTROL SYSTEM FOR THE DRYING TOWER OF THE SODIUM TRIPOLYPHOSPHATE PRODUCTION PROCESS.....	41

МАЗМҰНЫ

<i>Омар А., Қалпеева Ж.</i> БЛОКЧЕЙНГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ДАУЫС БЕРУ ЖҮЙЕСІ: ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ЖҮЙЕЛІ ШОЛУ.....	1
<i>Еримбетова А., Дайырбаева Э., Нечта И., Лукпанова Л.</i> СТРИП-ТҮРЛЕНДІРУДЕ МАТРИЦАЛАРДЫ КЕСКІНГЕ ҚҰПИЯ ХАБАРЛАМАЛАРДЫ ЕНГІЗУ ҮШІН БІРІКТІРУ.....	6
<i>Мукажанова Г., Алибиева Ж., Касенхан А., Мукажанов Н.</i> МЕДИЦИНАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ ӨНДЕУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІН ПАЙДАЛАНУ.....	13
<i>Саидов К., Молдагулова А.</i> АВТОНОМДЫ ЖҮРГІЗУДІҢ ЖАЛПЫ ТӘЖІРИБЕЛЕРІ МЕН МІНДЕТТЕРІНЕ ШОЛУ... <i>Әділбек О., Сатыбалдиева Р.</i>	20
БОЛАШАҚҚА ҚАДАМ: БІЛІМ БЕРУДЕГІ БОЛЖАМДЫ МОДЕЛЬДЕУДЕГІ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ АЛГОРИТМДЕРІ.....	25
<i>Майлыханова Б., Кошимбаев Ш.</i> КОНТРОЛЛЕР НЕГІЗІНДЕ КЕНДІ БАЛҚЫТУ ПЕШІНІҢ ЭЛЕКТР ҚУАТЫН БАСҚАРУ.. <i>Рысмендеева Г.С.</i>	31
ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОНОМИКАЛЫҚ САУАЛНАМАЛАРДЫҢ МӘЛІМЕТТЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....	36
<i>Ұласқан А.Ө., Орынбет М.М.</i> ТРИПОЛИФОСФАТ НАТРИЙ ӨНДІРУ ҮРДІСІНЕ КЕПТІРГІШ МҰНАРАҒА ОПТИМАЛДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ.....	41

Development of an optimal control system for the drying tower of the sodium tripolyphosphate production process

A.O. Ulaskan*, M.M. Orynbet

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: aishuak2000@mail.ru

Abstract. Sodium tripolyphosphate ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) is an important chemical compound widely used in various industries, including food, chemical and pharmaceutical. Used as a stabilizer, leavening agent and water softener. The development of an effective control system for the extraction process of sodium tripolyphosphate is an urgent task to improve production efficiency and ensure product quality. Today's industry is increasingly focusing on developing and optimizing chemical extraction processes to improve efficiency and reduce costs. One such item is food, pharmaceuticals, glass, etc. Sodium tripolyphosphate, which is widely used in various industries. The development of a control system for the sodium tripolyphosphate extraction process is of great importance for optimizing and increasing the efficiency of this process. The relevance of this task is due to the fact that the process of producing sodium tripolyphosphate has certain difficulties and depends on temperature, pressure, ratio of reagents, etc. This is due to the fact that it is necessary to control and adjust various parameters. As a result, an automated model of drying towers was developed to improve efficiency and reduce costs in the sodium tripolyphosphate industry.

Keywords: automatic control system, extraction process, drying towers, mathematical model.

1. Introduction

The drying tower is a vertical cylindrical device with a conical bottom. The top of the tower is equipped with an explosion valve and two mixing baffles that mix two heat flows: the first from the turbocalciner and the second from the combustion of natural gas in the upper burner.

First of all, it should be noted that none of the installations of the drying and heating shop has an optimal process control system, which is closely related to the lack of an adequate mathematical model of these processes.

The quality of SPTP increases by 10-15% with the introduction of an optimal control system in the drying tower of the sodium tripolyphosphate production process. Moreover, the process is carried out with minimal fuel consumption and low consumption of finished products [4].

2. Materials and methods

In modern industry, more and more attention is paid to the development and optimization of chemical extraction processes in order to increase efficiency and reduce costs. One of these items is food, pharmaceuticals, glass, etc. sodium tripolyphosphate, which is widely used in various industries.

The technological scheme of production of sodium tripolyphosphate using a drying-heating furnace, as well as the device and working principle of this process were studied. The calculation of the material balance has been completed. Based on the results of the calculations, a promising and effective integrated method scheme was selected, which allows to achieve high efficiency.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks:

- analysis of existing methods and technologies for obtaining sodium tripolyphosphate;
- research and identification of the main factors affecting the process of obtaining sodium tripolyphosphate;
- creating a mathematical model of the sodium tripolyphosphate production process;
- development of a management algorithm based on a mathematical model and considering the main factors;
- development of software for implementation of management system;
- conducting experiments to check the effectiveness of the developed management system;

It is expected that the results of this work can be used in various fields where it is necessary to obtain sodium tripolyphosphate. Development of management system allows to reduce costs

Sodium tripolyphosphate (sodium tripolyphosphate) production technology is an important process in the chemical industry. Sodium tripolyphosphate is an inorganic compound used in many applications such as the food processing, laundry and metallurgical industries.

The production process of sodium tripolyphosphate begins with the main raw materials - phosphates, for example, rock and bone phosphates. Phosphates usually contain 16-18% tribasic phosphate, which is the main single component for the production of sodium tripolyphosphate.

One of the first steps in the process is to treat the phosphates with a sulfuric acid solution to remove unwanted impurities such as iron and aluminum. The resulting phosphate solution is then filtered to remove phosphate deposits.

СЫН - ПІКІР

Магистрлік диссертацияға
Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы
7M07101 – Автоматтандыру және роботтандыру

Тақырыбына: Триполифосфат натрий алу үрдісін басқару жүйесін әзірлеу

Орындалды:

- а) графикалық бөлім _____ бет;
б) түсініктеме жазбасы _____ бет.

ЖОБАҒА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызының орындаған жобасы мазмұны жағынан ауқымды, ғылыми негізделген және өзекті тақырыпты қамтиды. Магистрант триполифосфат натрий өндіру процесінің маңызды кезеңі – кептіру және қыздыру үрдісіне заманауи автоматтандырылған басқару жүйесін енгізу арқылы өндіріс тиімділігін арттыруға бағытталған ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізген. Жобада MATLAB/Simulink және STEP 7 орталарында модельдеу, ПИ-регулятор арқылы басқару сапасын жақсарту, техникалық құралдарды дұрыс таңдау сияқты нақты инженерлік тапсырмалар шешілген.

Соған қарамастан, жалпы жоба талап етілген деңгейде орындалған. Ғылыми ойлау қабілеті, техникалық дағдылары және зерттеу жүргізу мәдениеті қалыптасқан. Кемшіліктер жоба мазмұнының жалпы сапасына елеулі әсер етпейді және олар қорғау барысында түзетілуі мүмкін.

ЖОБАНЫ БАҒАЛАУ

Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы өз бетінше ғылыми-зерттеу жүргізе алатын, инженерлік ойлау қабілеті жоғары, техникалық бағдарламалармен (Simulink, STEP 7) жұмыс істеу машығы қалыптасқан, жауапкершілігі мол студент екенін көрсетті. Жобаның құрылымы талапқа сай, мазмұны терең, ғылыми тілі анық және дәлелді жазылған.

Осыған орай, студенттің ғылыми-зерттеу жобасы қойылған талаптарға толық сәйкес келеді дей келе, «95» деп бағалап, 7M07101 – «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығының магистрі лауазымына лайықты деп санаймын.

Сын - пікір беруші:

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ Жылуфизика
және техникалық физика кафедрасының
техн. ғыл. канд. доцент

Туманов И.Е.

(қолы)

2025ж.

Туманов И.Е.
расм.



ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Магистрлік диссертацияға
Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы
7M07101 – Автоматтандыру және роботтандыру

Тақырыбына: Триполифосфат натрий алу үрдісін басқару жүйесін әзірлеу

Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы өз зерттеу жұмысында триполифосфат натрий (ТПФН) өндірісіндегі маңызды технологиялық кезең – кептіру және қыздыру процесіне арналған автоматтандырылған басқару жүйесін (ТҰАБЖ) жобалау мәселесін қарастырды. Жоба тақырыбы бүгінгі заманауи химиялық өндіріс саласында жоғары өзектілікке ие, себебі ол өнім сапасын арттырумен қатар, энергияны үнемдеу мен адам еңбегін жеңілдетуге бағытталған.

Магистрант зерттеу барысында қойылған ғылыми-техникалық міндеттерді терең түсініп, теориялық және практикалық тұрғыдан жан-жақты қарастырған. MATLAB/Simulink ортасында технологиялық үрдістің математикалық моделін құрып, басқару алгоритмдерін өңдеді, сонымен қатар STEP 7 және PLC негізінде техникалық шешімдерді дұрыс таңдап, басқару жүйесін тиімді жобалауды іске асырды. Қадамдық ПИ-регуляторды қолдану арқылы жүйенің дәлдігі мен тұрақтылығын арттыруға қол жеткізді. Жоба құрылымдық, функционалдық және ақпараттық жағынан да сапалы орындалған, техникалық қамтамасыздандыру құралдары мен бағдарламалық ресурстар дұрыс таңдалған.

Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы өз бетінше ғылыми-зерттеу жүргізе алатын, инженерлік ойлау қабілеті жоғары, техникалық бағдарламалармен (Simulink, STEP 7) жұмыс істеу машығы қалыптасқан, жауапкершілігі мол студент екенін көрсетті. Жобаның құрылымы талапқа сай, мазмұны терең, ғылыми тілі анық және дәлелді жазылған.

Осыған орай, студенттің ғылыми-зерттеу жобасы қойылған талаптарға толық сәйкес келеді дей келе, 7M07101 – «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығының магистрі лауазымына лайықты деп санаймын.

Ғылыми жетекші

техн. ғыл. канд. қауым. проф.

Орынбет М.М.

(қол)

« 18 » маусым 2025ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы

Тақырыбы: Триполифосфат натрий алу үрдісін басқару жүйесін құру

Жетекшісі: Елена Кулакова

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.1

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.4

Дәйексөз (35): 0.4

Әріптерді ауыстыру: 294

Аралықтар: 28

Шағын кеңістіктер: 26

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні



Кафедра меңгерушісі

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ұласқан Айшуақ Өрлеуқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Триполифосфат натрий алу үрдісін басқару жүйесін құру

Научный руководитель: Елена Кулакова

Коэффициент Подобия 1: 1.1

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 26

Знаки из здругих алфавитов: 294

Интервалы: 28

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата



Заведующий кафедрой