

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

Аймаш Рауан Мұслимұлы

А сортты фосфор қышқылын өндіруде абсорбердегі қалдық газдардан күкіртсутекті алу
процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін жасау және зерттеу

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07101– 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 681.545

Қолжазба құқығында

Аймаш Рауан Муслимұлы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертацияның атауы А сортты фосфор қышқылын өндіруде абсорбердегі қалдық
газдардан күкіртсутекті алу процесін оңтайлы басқарудың
Дайындау бағыты интеллектуалды алгоритмдерін жасау және зерттеу
7M07101 – Автоматтандыру және роботтандыру

Ғылыми жетекші
техн. ғыл. канд. қауым. профессор

Сүлейменов Б.А.

(қолы)

«18» маусым 2025 ж.

Рецензент

техн. ғыл. канд. доцент

Түмешев И.Б.

(қолы)

«19» маусым 2025 ж.

Нормабақылаушы

техн. ғыл. магистрі

Манатов Қ. А.

(қолы)

«19» маусым 2025 ж.

КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

АЖБ кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.

Сарсенбаев Н.С.

(қолы)

«19» маусым 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 акпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

7M07101– Автоматтандыру және роботтандыру



**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант Аймаш Р.М

Тақырыбы «А сортты фосфор қышқылын өндіруде абсорбердегі қалдық газдардан күкіртсутекті алу процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін жасау және зерттеу»

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

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі «19» 06 2025ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: А маркалы жоғары сапалы фосфор қышқылын өндіру процестерін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін құру тұжырымдамасын қалыптастыру

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) басқару модельін құру;
- г) басқару бағдарламасын әзірлеу.

График материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

Электрофилтрдың технологиялық схемасы.

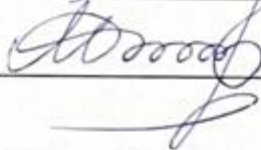
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

- 1) Сулейменов Б.А., Доштаев Б.Ж., Болеева Л.К. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами в фосфорной промышленности. А.: Шикла 2020.-120с.
- 2) Гаскаров Г.А. Интеллектуальные информационные системы: учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2003. – 431 с.
- 3) Suleimenov B. A, Sugurova L. A., Suleimenov A. B. Intelligent systems of optimal control and operational diagnostics. Алматы: Шикла 2016.-150с

Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Технологиялық бөлім Күкіртеутекпен ластанған газдарды тазартудың қолданыстағы әдістерін талдау	01.02.2025 г.	
Технологиялық бөлім Нейрондық желілерді қолдану	26.02.2025 г.	
Технологиялық бөлім тазарту тиімділігіне әсер ететін кіріс шығыс параметрлерін талдау	15.03.2025 г.	
Басқару бағдарламасын әзірлеу жүйенің моделін құру	02.04.2025 г.	
Басқару бағдарламасын әзірлеу оңтайлы басқару үшін интеллектуалды алгоритмдерді әзірлеу	30.04.2025 г.	

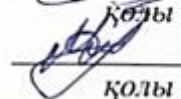
Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертациялар
кеңесшілері мен норма бақылаушысының қойған
қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Сүлейменов Б.А техн. ғыл. канд. қауым. профессор	18.06.25	
Есептік бөлім	Сүлейменов Б.А техн. ғыл. канд. қауым. профессор	18.06.25	
Норма бақылаушы	Манатов Қ. А. техн. ғыл. магистрі	19.06.25	

Ғылыми жетекші

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Күні

 Сүлейменов Б.А
 Аймаш Р.М

«10» 12 2023ж.

АНДАТПА

Бұл жұмыс А маркалы фосфор қышқылын өндіруде абсорбердегі күкіртті сутектен тазарту процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін әзірлеуге және зерттеуге арналған. Жобаның мақсаты-тиімділікті арттыру, материалдық және энергетикалық ресурстардың шығындарын азайту, басқару қауіпсіздігі мен түпкілікті өнімнің сапасын жақсарту үшін осы процесті оңтайландыруға қабілетті интеллектуалды алгоритмдерді әзірлеу. Зерттеудің өзектілігі термиялық фосфор қышқылын өндіруді оңтайландыру үшін заманауи әдістер мен құралдарды қолдануға деген ұмтылыспен анықталады. Жұмыс өндірістік процестерді басқарудың инновациялық интеллектуалды жүйелерін құруға мүмкіндік беретін физика, химия, математикалық модельдеу, жасанды интеллект сияқты әртүрлі салалардағы білімді пайдалануды қамтиды.

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена разработке и исследованию интеллектуальных алгоритмов оптимального управления процессом очистки от сероводорода в абсорбере при производстве фосфорной кислоты марки А. Процесс производства данного продукта является технологически важным и требует высокой степени автоматизации и точного контроля. Цель проекта заключается в разработке интеллектуальных алгоритмов, способных оптимизировать этот процесс для повышения эффективности, снижения затрат материальных и энергетических ресурсов, а также улучшения безопасности управления и качества конечной продукции. Актуальность исследования определяется стремлением к применению современных методов и средств для оптимизации производства термической фосфорной кислоты. Работа предполагает использование знаний из различных областей, таких как физика, химия, математическое моделирование, искусственный интеллект, что позволит создать инновационные интеллектуальные системы управления производственными процессами.

ABSTRACT

This work is devoted to the development and research of intelligent algorithms for optimal control of the process of purification from hydrogen sulfide in an absorber during the production of phosphoric acid grade A. The production process of this product is technologically important and requires a high degree of automation and precise control. The goal of the project is to develop intelligent algorithms that can optimize this process to increase efficiency, reduce the cost of material and energy resources, as well as improve management safety and quality of the final product. The relevance of the research is determined by the desire to use modern methods and tools to optimize the production of thermal phosphoric acid. The work involves the use of knowledge from various fields, such as physics, chemistry, mathematical modeling, artificial intelligence, which will create innovative intelligent production process control systems.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1. А маркалы фосфор қышқылын өндіру кезінде абсорбердегі күкіртсутектен пайдаланылған газдарды тазарту процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін әзірлеу және зерттеу.	8
1.1 Газды тазарту процесін талдау күкіртсутектен	8
1.2 Шығарылған газдарды тазалау процесін оңтайландыру қажеттілігі	15
1.3 А маркалы фосфор қышқылын өндіру жағдайында интеллектуалды басқару алгоритмдері	23
2. Кіріс және шығыс айнымалылары және оңтайлы процесті басқару	29
2.1 Технологиялық процестің схемасын сипаттау	31
2.2. А маркалы фосфор қышқылының өндірістік процестеріне кіріс және шығыс айнымалыларды анықтау және оңтайлы басқару есептерін қою.	37
3. Оңтайлы адсорбцияны басқару үшін интеллектуалды алгоритмдерді қолдану	49
3.1 TIA Portal порталдағы модель және симуляциясы	49
3.2 NNTool көмегімен нейрондық желілерді оқыту	50
3.3 MATLAB жүйесінде анық емес логиканы дамыту және оқыту	52
Қортынды	67
Пайдаланған әдебиеттер	70

КІРІСПЕ

Технологияның қарқынды дамуы мен өнеркәсіпте бәсекелестіктің күшеюі жағдайында өндірістік процестерді басқарудың инновациялық әдістерін әзірлеуге және енгізуге назар аударудың маңыздылығы арта түсуде. Бұл, әсіресе, технологиялық процестердің тиімділігі өндірілетін өнімнің сапасы мен өзіндік құнына тікелей әсер ететін салаларға қатысты. Осы тұрғыда негізгі міндет – а маркалы фосфор қышқылын өндіру кезінде абсорбердегі күкіртсутектен пайдаланылған газдарды тазарту процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін әзірлеу және зерттеу.

А маркалы фосфор қышқылын өндіру – автоматтандырудың жоғары дәрежесін және нақты бақылауды талап ететін күрделі және технологиялық маңызды процесс. Бұл процесті оңтайландырудың стратегиялық маңызы бар, өйткені ол шығындардың айтарлықтай төмендеуіне, өнімнің тиімділігі мен сапасын арттыруға, өндірістің жалпы қауіпсіздігін жақсартуға әкелуі мүмкін.

Бұл жоба интеллектуалды басқару алгоритмдерін әзірлеу үшін физика, химия, математикалық модельдеу және жасанды интеллект негізіндегі заманауи әдістерді қолдануды көздейді. Бұл алгоритмдер абсорбердің оңтайлы жұмыс режимдерін қамтамасыз ете отырып, күкіртсутекті тазарту процесін оңтайландыруға қабілетті болуы керек. Бұл материалдық және энергетикалық ресурстарды тұтынудың төмендеуіне, сондай-ақ бақылау қауіпсіздігінің деңгейі мен түпкілікті өнім сапасының артуына әкеледі деп күтілуде.

Жұмыстың мақсаты. Жобаның негізгі мақсаты абсорбердегі күкіртсутекті тазарту процесін оңтайлы басқару үшін интеллектуалды алгоритмдерді жасау болып табылады. Бұл процестерді оңтайландыру тиімділікті арттыруға, а маркалы фосфор қышқылын өндіруге арналған материалдық және энергетикалық ресурстардың шығындарын азайтуға, сондай-ақ басқару қауіпсіздігі мен өнім сапасын арттыруға бағытталған.

Сәйкестік. Жұмыс жоғары сапалы термиялық фосфор қышқылын өндіру процестерін оңтайландыру үшін заманауи әдістер мен құралдарды қолдануға бағытталған. Қолданылатын ғылымдарға физика, химия, химиялық инженерия, математикалық модельдеу, автоматты басқару теориясы, жасанды интеллект, эксперименттерді жоспарлау, интеллектуалды технологиялар (нейрондық желілер мен нейрондық желілер алгоритмдерін анықтау, синтездеу және оқыту), оңтайландыру әдістері және имитациялық модельдеу жатады.

Орындалатын тапсырмалар. Ағымдағы физикалық-химиялық процестердің математикалық модельдерін және жоғары сапалы а маркалы фосфор қышқылының өндірістік процестерін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін құру тұжырымдамасын қалыптастыру.

1 ФОСФОР ҚЫШҚЫЛЫН ӨНДІРУДЕ АБСОРБЕРДЕГІ КҮКІРТТІ СУТЕКТІ ТАЗARTY ПРОЦЕСІН ОҢТАЙЛЫ БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫҚ АЛГОРИТМДЕРДІ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

1.1 Күкіртсутектен газды тазарту процесін талдау

Бүгінгі күні күкіртсутектен газдарды тазартудың жиырмадан астам әдістері ашылды (және жөндеу жұмыстары жүргізілді). Кейбіреулер нақты зертханалық тапсырмалар үшін тар әзірленген болса, басқалары ауа ортасын қышқыл қосылыстардан біріктірілген тазалауда кең қолданыс тапты.

Құрғақ адсорбция . Алғашқы, бірақ әлі де кең таралған құрғақ адсорбция әдістерінің бірі батпақты руда деп аталатын (лимонит, қоңыр темір рудасы немесе темір оксиді гидрат) - 85-90% Fe_2O_3 және 10-15% суды қолдануды қамтиды. Каталитикалық тазалау қондырғысы түтін құбырлары арқылы параллельді түрде жалғанған бірнеше шойын немесе болат қораптардан тұрады. Әр қораптың торларында 3-4 ярустарда адсорбент төселеді - ұсақталған қоңыр темір рудасы (батпақты лимонит), ағаш жоңқаларымен кезектеседі. Қолайлы тиімділікке жету үшін күкіртті сутегі лимонитпен кем дегенде 5 минут байланыста болуы керек. Артықшылықтардың қатарында адсорбенттің қарапайымдылығы мен арзандығы, басып алудың жоғары дәрежесі бар.

Ұстаудың жақсы дәрежесіне қарамастан, мұндай қондырғылардың көптеген кемшіліктері бар, соның ішінде газды тазартудың селективтілігі, көлемділігі, адсорбентті жиі регенерациялау (немесе қайта зарядтау) қажеттілігі, шамадан тыс пневматикалық кедергі, бейтараптандырудың төмен жылдамдығы және тазартылған ағынның температурасын $+30^{\circ}C$ температурада шектеу.

Адсорбциялық мұнаралар мен блоктар . Алдыңғы технологияның мұрагері адсорбциялық қораптар бір бағанға ауыстырылатын мұнара әдісі болып табылады, бұл кеңістікті біршама үнемдеуді қамтамасыз еткенімен, дизайнның басқа кемшіліктерін жоймайды.

Белсендірілген көмір сонымен қатар каталитикалық әдісте жақсы нәтижелер көрсетеді, ол оттегінің қатысуымен күкіртсутектен абсолютті дерлік тазалықтағы (99% дейін) элементтік күкіртті алуға мүмкіндік береді, бірақ ол лимонит сияқты тұрақты регенерацияны немесе қайта жүктеуді қажет етеді (≈ 100 регенерация циклінен кейін) және жоғары сорғыштық селективті қасиеттерді көрсетеді. Ол газ-бензин көмірсутектерін жағу нәтижесінде түзілетін күрделі түтін шығарындыларын залалсыздандыру үшін қолданылмайды [1].

Қолданудан қалған тәсіл – күкіртсутекті сөнген әкпен және темір оксидімен құрғақ бейтараптандыру.

Құрғақ катализді түтін ағындарын бейтараптандыру үшін қолданылатынын ескере отырып, күкіртсутегі қосындыларын пайдаланудың адсорбциялық әдісі таңдамалылығына және қатты ластанған ортаны өңдеуге қабілетсіздігіне байланысты төмен тиімділікке ие және тым көп ресурстарды қажет етеді .

Газды тазартудың ылғалды абсорбциялық және хемосорбциялық әдістері . Барлық күш-жігерді ауаның түтін шығарындыларымен ластау проблемасына шоғырландыра отырып, рзго зауыты басқа өнеркәсіптік түтін жинау технологияларына тән барлық кемшіліктерсіз заманауи, ықшам, сенімді және арзан күкіртті тазарту жүйелерін жобалауды, өндіруді және сатып алуды ұсынады.

Теңіз жағасындағы процесс . Дигидросульфидке арналған алғашқы жұмыс істейтін өнеркәсіптік газ тазарту қондырғысын « копперс » өндіруші компаниясы ұсынды. Companу », (пенсильвания, ақш), өткен ғасырдың 20-жылдарында. Абсорбцияның негізгі принципі күкіртті сутегінің натрий карбонатының ерітіндісімен қайтымды реакциясымен анықталды, (бастапқы . Seaboard . Процесс). Шамасы, seaboard сөзі (орыс жағалауы, жағалау сызығы) теңіз және мұхит суының маңызды карбонатты кермектігіне, атап айтқанда, онда үлкен көлемдегі Na_2CO_3 болуына сілтеме болса керек. Процесті көрнекі түрде келесідей көрсетуге болады: $Na_2CO_3 + H_2S \rightleftharpoons NaHCO_3$ (натрий сутегі карбонаты) + $NaHS$ (натрий гидросульфиді) . Seaboard процесі әдіс ретінде дымқыл реагентті бейтараптандырудың негізгі негізін анықтады , ол бірден оның қарқынды дамуын бастады. Жабдықтың жалпы тұжырымдамасы өзгеріссіз қалды, бірақ зерттеушілер химиялық агенттермен көптеген тәжірибелерді бастады (өйткені күкіртті сутегі қалыпты жағдайда сумен әлсіз әрекеттеседі, әлсіз қышқыл күкіртті сутек деп аталатын суды құрайды).

Дигидросульфидтің әлсіз қышқылдық қасиеттерінің өзі сілтілі ерітінділерді реакциялық материал ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Бұл мүмкіндікті жүйелерді жобалауда ғана емес, сонымен қатар кейінірек – дигидросульфидті алу үшін қолданылатын жабдықтан кейін қышқылдық өнеркәсіптік ағынды суларды бейтараптандыру сатысында да қолдануға болады .

Натрий феноксиді (фенолаты) . Өткен ғасырдың 30-жылдарында сол компанияның аясында « копперс компанияда тиімділігі теңіз жағалауындағы процестен біршама жоғары болатын әдіс әзірленді . Сүзу қондырғысында сұйық абсорбент ретінде каустикалық сода, натрий феноксиді C_6H_5ONa пайдаланылды. Технология күкіртсутегін алудың икемді және аз таңдамалы тәсіліне мүмкіндік берді. Кокстың, табиғи немесе ілеспе мұнай газының құрамындағы H_2S (және басқа қышқылдық компоненттер) сандық үлесіне

байланысты натрий оксидефенолатының концентрациясын реттеуге , осылайша газды тазартудың жақсы нәтижелеріне қол жеткізуге болады. Сонымен қатар, реакцияның қайтымдылығы күкіртсутегін пайдаланылған тұнбадан келесі кезеңдерінде алуға және басқа қажеттіліктерге бағыттауға мүмкіндік берді. Кейінірек натрий феноксиді басқа да маңызды қолдануларды тапты. Бүгінгі күні «f-5» атауымен ол бояу және лак өнеркәсібінде көгерумен күресу үшін антисептикалық/дезинфекциялаушы ретінде жиі қолданылады, оған қарсы ерекше антагонистік қасиеттерді көрсетеді.

Күкіртсутектен амин газын тазарту . Мұнай және газ өндіру және өңдеу өнеркәсібінде аминдер h_2s (әдетте co_2 -мен бірге) ұстау және/немесе пайдалану үшін сұйық химисорбенттер ретінде жиі пайдаланылады . Күшті негіздер бола отырып, аминдер аммиактың туындылары болып табылады және оның көптеген қасиеттерін, соның ішінде донор-акцепторлық байланыстардың түзілуін мұра етеді (азот молекуласы аралық байланыстар түзілмей-ақ сутегімен ауыстырылуы мүмкін). Жеңіл көмірсутекті шикізаттың жеке табиғатына байланысты (сонымен қатар синтездік газ, меркаптан қосылыстары), моноэтаноламин (мэа), метилдиэтаноламин (mdea), диэтаноламин (dea), дигликоламин (dga) және басқа аминдер қолданылуы мүмкін .

Фосфор қышқылы (ортофосфор қышқылы, h_3po_4) – тыңайтқыштар өндіру, тамақ өнеркәсібі, медицина, металлургия және т.б. Сияқты әртүрлі салаларда қолданылатын маңызды химиялық өнім. Тазалық дәрежесіне қарай фосфор қышқылы сорттарға бөлінеді, олардың арасында а сорты (тағамдық сорт) қоспалардың құрамына ең жоғары талаптар қояды.

Фосфор қышқылын алу әдістері

Фосфор қышқылын алудың екі негізгі өнеркәсіптік әдісі бар:

Ылғалды (экстракция) әдіс:

Фосфор қышқылының үлкен көлемін алудың ең кең таралған және үнемді әдісі, бірінші кезекте тыңайтқыштар өндірісі үшін.

Принцип: табиғи фосфат шикізатының (фосфориттер, апатиттер) күшті минералды қышқылдармен, көбінесе күкірт қышқылымен ыдырауы.

Негізгі реакциялар: $\text{CA}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3(\text{CASO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$ (дигидрат процесі үшін) немесе кальций сульфаты гемигидратының түзілуімен: $\text{CA}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_5 \rightarrow \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 3(\text{CASO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O})$

Процестің кезеңдері:

Шикізатты дайындау: фосфат кені қажетті мөлшерге дейін ұсақталады.

Ыдырау (экстракция): ұсақталған фосфат күкірт қышқылымен әрекеттесетін реакторға енгізіледі. Бұл температураны бақылауды қажет ететін жоғары экзотермиялық процесс.

Сүзу: алынған целлюлоза (фосфор қышқылы мен гипс қоспасы) сұйық фосфор қышқылын қатты кальций сульфатынан (фосфогипс) бөлу үшін сүзіледі. Содан кейін гипс қалдық қышқылды алу үшін жуылады.

Булану: алынған сұйылтылған фосфор қышқылы (әдетте 28-32% P_2O_5) вакуумды буландырғыштарда қажетті концентрацияға (мысалы, техникалық қышқыл үшін 40-54% P_2O_5) концентрленеді.

А класының ерекшеліктері: ылғалды фосфор қышқылы табиғаты бойынша көптеген қоспалардан тұрады, өйткені шикізатта (фосфориттер) әртүрлі элементтер (темір, алюминий, фтор, мышьяк, ауыр металдар, органикалық заттар). Ылғалды қышқылдан а сортты фосфор қышқылын (азық-түлік сорты) алу үшін өте терең және көп сатылы тазарту қажет, бұл тағамның сапасы үшін бұл процесті экономикалық жағынан аз тиімді етеді. Дегенмен, кейбір өндірушілер дымқыл әдісті кейіннен кешенді тазартумен (еріткіштерді алу, сорбциялау, ион алмасу) пайдаланады.

Термиялық (электротермиялық) әдіс:

Бұл қымбатырақ әдіс, бірақ ол өте жоғары тазалықтағы фосфор қышқылын, соның ішінде а дәрежесін алуға мүмкіндік береді.

Принцип: фосфаттардың элементарлы фосфорға дейін тотықсыздануы, оның кейіннен фосфор(V) оксидіне дейін жануы және оксидтің фосфор қышқылына дейін гидратациялануы.

Процестің кезеңдері:

Кен-термиялық пешке жүктеледі . Жоғары температурада (1500°С дейін) фосфат элементарлы фосфор буына дейін тотықсызданады, кейін конденсацияланады ($2Ca_3(PO_4)_2 + 10C + 6SiO_2 \rightarrow P_4(бу) + 10CO + 6CaSiO_3$)

Фосфордың жануы: алынған элементтік фосфор арнайы жану камерасында артық ауада немесе оттегіде жағылады. ($P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$) (немесе P_2O_5)

Фосфор оксидінің ылғалдануы: алынған газ тәрізді фосфор(V) оксиді фосфор қышқылының немесе судың концентрлі ерітіндісімен сіңіріліп, фосфор қышқылын түзеді ($4P_4O_{10} + 6H_2O \rightarrow 4H_3PO_4$)

Кен-термиялық пештің шлактарында қалады . Бұл термиялық фосфор қышқылын тағамдық сортты (а сорты) және қоспалардың ең аз мөлшерін талап ететін реактивті сорттарды өндіру үшін тамаша етеді.

Фосфор қышқылының а дәрежесіне қойылатын талаптар (тағамдық сорт)

Фосфор қышқылының а дәрежесі, сонымен қатар е338 тағамдық қоспасы ретінде белгілі, тамақ өнеркәсібінде қышқылдықты реттегіш, антиоксидант және эмульгатор ретінде қолданылады (мысалы, газдалған сусындар, нан өнімдерінде). Сондықтан оның тазалығына өте қатаң талаптар қойылады.

Гост 10678-76 (өзгертулермен) сәйкес келесі негізгі көрсеткіштер термиялық а маркалы фосфор қышқылы үшін белгіленген (шамамен):

Ортофосфор қышқылының массалық үлесі (H_3PO_4): кемінде 73% (көбінесе 85%).

Сыртқы түрі: ақ фонда қараған кезде 15-20 мм қабатта мөлдір, түссіз сироп тәрізді сұйықтық. Тоқтатылған бөлшектер жоқ.

Хлоридтердің массалық үлесі (cl): 0,005% артық емес

Сульфаттардың массалық үлесі (so): 0,01% артық емес

Нитраттардың массалық үлесі (no3): 0,0003% артық емес

Күкіртсутек тобындағы ауыр металдардың массалық үлесі (pb): 0,0005% аспайды

Мышьяктың массалық үлесі (as): 0,0001% артық емес

Темірдің массалық үлесі (fe): 0,005% артық емес

Тотықсыздандырғыш заттардың массалық үлесі (H_2PO_3 бойынша): 0,1% артық емес

Мышьяктың, фторидтердің, органикалық қоспалардың аз мөлшерде болмауы.

Бұл қатаң тазалық талаптары өндіріс әдісін таңдауды (термиялық артықшылықты) және пайдаланылған газдарды тазартудың тиімді жүйелерін пайдалану қажеттілігін анықтайды, өйткені егер шикізатта (фосфориттерде) сульфидтер немесе органикалық заттар болса, тіпті термиялық әдістер де ұшқыш қоспаларды, соның ішінде күкіртті сутегін шығаруы мүмкін.

1.2 Шығарылған газдарды тазалау процесін оңтайландыру қажеттілігі

Қазіргі уақытта жасанды интеллект теориясының заманауи әдістері адам қызметінің әртүрлі салаларында білікті мамандардың білімі мен тәжірибесін пайдалана отырып кеңінен қолданылады.

Біз бұл әдістерді pdfz жағдайында а дәрежелі термиялық фосфор қышқылын тазарту процесін оңтайлы басқару үшін интеллектуалды жүйені құру үшін пайдалана аламыз.

Дегенмен, біздің ойымызша, интеллектуалды технологияларды технологиялық процесті басқарудың классикалық әдістерімен бірге қолдану тиімдірек. Бұл жағдайда математикалық модельдеудің дәстүрлі әдістерінің артықшылықтарын жасанды интеллект теориясының математикалық аппаратымен біріктіру мүмкін болады. Бұл жағдайда біз гибридті басқару жүйелері (hcs) деп аталатын синтездеу әдісін әзірлеуді көздеп отырмыз.

Математикалық және интеллектуалды модельдеу негізінде жоғары сапалы фосфор қышқылын (а сорты) өндіру процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдері әзірленетін болады.

Бұл процесті оңтайландыру оның тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді, атап айтқанда: материалдық және энергетикалық ресурстардың шығындарын азайтады, сонымен бірге а маркалы фосфор қышқылын өндіруді қамтамасыз етеді.

Математикалық модельдеудің дәстүрлі әдістерін қолдана отырып, технологиялық процестерді басқарудың оңтайлы жүйелерін синтездеудің ұзақ тарихы түсті және қара металлургияда, химия және мұнай-химия өнеркәсібінде және т.б. Күрделі технологиялық процестерді басқарудың оңтайлы жүйелерін енгізуге әкелмеді. Бұл қазіргі заманғы технологиялық құбылыстардағы физикалық және химиялық процестердің күрделілігіне байланысты.

Бар білім кемшіліктері және олардың қазіргі жобамен байланысы. Күрделі техникалық және әлеуметтік жүйелерді басқарудың адекватты математикалық үлгілерін синтездеу қиындығына байланысты бүгінгі күні бүкіл әлемде әртүрлі практикалық қолданбаларда, соның ішінде менеджментте де қолданылатын жеткілікті тиімді жасанды интеллект технологиялары қолданылады.

Технологиялық процесті басқарудың классикалық әдістерімен бірге интеллектуалды технологияларды қолдануды ұсынамыз. Бұл жағдайда математикалық модельдеудің дәстүрлі әдістерінің артықшылықтарын біріктіруге болады, мысалы: а разрядты фосфор қышқылын өндіру кезінде болатын физикалық және химиялық процестерді математикалық модельдеуде кіріс және шығыс айнымалылардағы өзгерістердің кең ауқымы, оңтайлылық критерийлерін объективті (математикалық) бағалау, гносеологиялық теориялық теориялық және теориялық теориялық сипаттама. Мышьяк пен ауыр металды тұндыру, қышқылдан күкіртті сутекті десорбциялау және пайдаланылған газдарды тазарту кезінде оны сіңіру процестерінде болатын құбылыстар .

Жасанды интеллект әдістерін пайдалану осы процестердің жеткілікті барабар математикалық сипаттамаларын синтездеу үшін эксперименттік деректер жеткіліксіз болған жағдайда тұндыру, сүзу, десорбция және абсорбцияның математикалық модельдерін анықтауға көмектеседі. Сонымен қатар, а маркалы фосфор қышқылының өндіріс процестерін оңтайлы басқаруға арналған гибриді (интеллектуалды + математикалық) алгоритмдердің синтезі таза жүйелердегі оңтайлылық критерийлерінің субъективті бағалауларынан айырмашылығы, бұл процестерді оңтайлы режимдерде жүргізудің оңтайлылық критерийлерін неғұрлым объективті және сандық бағалауға мүмкіндік береді.

Жобаның күтілетін нәтижелерін белгілі аналогтармен салыстыру. Соңғы күтілетін нәтиже жоғары сортты фосфор қышқылын өндіру процестерін оңтайлы басқарудың гибридті алгоритмдері болуы керек. Бұл процестер бірегей - тек pdfz-де, мұндай процестер әлемнің ешбір жерінде жоқ. Сондықтан күтілетін нәтижелерді аналогтармен салыстыру дұрыс емес болады. Жұмыстарда аналог ретінде тек модельдер мен алгоритмдерді синтездеу үшін қолданылатын әдістерді алуға болады, бірақ зерттеу нәтижелерінің өзін емес.

Әлеуметтік сұраныс, экономикалық және өндірістік қызығушылық. Біздің елімізде және әлемде ақпараттық технологияларды өнеркәсіпке жаппай енгізуге, бизнес-процестерді ауқымды автоматтандыруға және жасанды интеллектті таратуға негізделген өндіріске жаңа көзқарасты көздейтін төртінші өнеркәсіптік революцияға бағыт өзекті болуда. Индустрия 4.0 элементтерінің бірі технологиялық процестерді оңтайлы басқару жүйелерін құру болып табылады.

Гибридті жүйесін әзірлеу, бұл процестерді материалды және энергиялық шығындарды азайту арқылы тиімдірек жүргізуге мүмкіндік береді, а маркалы фосфор қышқылын өндіруді қамтамасыз етеді. Жоғары сапалы өнім нарығында жоғары баға жағдайында бұл процесті басқарудың оңтайлы жүйесін енгізудің экономикалық тиімділігі айтарлықтай жоғары болады.

Жобаның ұлттық және халықаралық ауқымдағы маңыздылығы. Жоба барысында әзірленген гибридті (интеллектуалды + математикалық) оңтайлы басқару модельдерін синтездеу әдістері мен құралдары кез келген басқа технологиялық процестерді басқару жүйелерін құру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Жоба нәтижелерінің экономиканың, ғылымның және қоғаммен байланыстардың тиісті саласын дамыту үшін қолдану мүмкіндігі. Гибридті алгоритмдер бұл процесті оңтайлы басқаруға мүмкіндік береді, оны тиімдірек жүргізу. Бұл ретте, бұл процестің көрсеткіштерін шамалы жақсартудың өзі а класындағы фосфор қышқылының бағасының жоғары болуына байланысты айтарлықтай экономикалық және экологиялық зардаптарға әкелетінін ескеру қажет.

Кез келген өнеркәсіптік өндірісте пайдаланылған газдарды тазарту маңызды міндет болып табылады, ал химия өнеркәсібінде, әсіресе фосфор қышқылын өндіру сияқты, бұл қажеттілік одан да маңызды. Абсорбердегі күкіртсутектен (H_2S) тазалау процесі күрделі және көп факторлы болып табылады және оны оңтайландыру бірқатар факторлармен анықталады: экологиялық, экономикалық, технологиялық және қауіпсіздік.

Экологиялық талаптар мен стандарттар

Атмосфераға h_2s шығарындылары ұлттық және халықаралық экологиялық стандарттармен қатаң реттеледі. Күкіртсутек – өте улы, жағымсыз иісі бар газ, ол аз концентрацияда болса да қоршаған ортаға және адам денсаулығына кері әсерін тигізеді.

Заңнама: қоршаған ортаны қорғау ережелері мен ережелерін үнемі қатайту компаниялардан шығарындыларды тазартудың ең жоғары деңгейін қамтамасыз етуді талап етеді. Осы стандарттарды сақтамау айтарлықтай айыппұлдарға, өндірістің тоқтатылуына және беделіне нұқсан келтіруге әкеп соғады.

Қоршаған ортаға әсері: h_2s қышқыл жаңбырға ықпал етеді, металдарды тотандырады, ауаның сапасын нашарлатады және флора мен фаунаға зиянын тигізеді. Емдеуді оңтайландыру бұл зақымдануды азайтады.

Қоғамдық денсаулық: h_2s ұзақ немесе қысқа мерзімді әсер ету, тіпті төмен концентрацияда болса да, бас ауруын, жүрек айнуын, тыныс алудың тітіркенуін тудыруы мүмкін және жоғары концентрациялар өлімге әкеледі. Шығарындыларды азайту тікелей өнеркәсіптік нысандардың жанында өмір сүру жағдайын жақсартады.

Экономикалық тиімділік

Тазалау процесі, әсіресе сіңіру, соңғы өнімнің (фосфор қышқылының) өзіндік құнына тікелей әсер ететін айтарлықтай операциялық шығындарды қамтиды. Оңтайландыру бұл шығындарды айтарлықтай төмендетуі мүмкін.

Абсорбентті тұтыну: абсорберлерде қолданылатын реагенттер (мысалы, амин ерітінділері, сілтілер) қымбат. Оңтайлы емес басқару олардың шамадан тыс тұтынуына әкеледі, бұл шығындарды тікелей арттырады.

Энергияны тұтыну: абсорбенттің айналымы, оның регенерациясы (егер бұл қайтымды процесс болса, аминдер сияқты қыздыруды қажет ететін), сондай-ақ қосалқы жабдықтың (сорғылар, желдеткіштер) жұмысы энергияның айтарлықтай мөлшерін тұтынады. Оңтайландыру энергия шығындарын азайтуға мүмкіндік береді.

Қалдықтарды кәдеге жарату құны: қайтымсыз сіңу жағдайында (мысалы, сілтілер арқылы) тұзды ағынды сулардың үлкен көлемі пайда болады, оларды жою да қымбатқа түседі. Абсорбентті пайдалану тиімділігін арттыру мұндай қалдықтардың көлемін азайтуы мүмкін.

Өнімнің жоғалуы: тиімсіз тазарту ластаушы заттармен бірге сіңірілсе, газ ағынынан бағалы компоненттердің жоғалуына әкелуі мүмкін.

Технологиялық аспектілер және процестің тұрақтылығы

Фосфор қышқылын алу процесі көптеген химиялық процестер сияқты динамикалық және сыртқы және ішкі бұзылыстарға ұшырайды.

Кіріс газ құрамының ауытқуы: шығарылған газдардағы h_2s концентрациясы бастапқы фосфат шикізатының сапасына, реакторлар мен буландырғыштардың жұмыс режиміне байланысты айтарлықтай өзгеруі

мүмкін. Тазарту жүйесі қажетті тазарту дәрежесін сақтау үшін бұл өзгерістерге дереу жауап беруі керек.

Сызықты емес және инерция: жұтылу процесі күрделі сызықты емес динамикаға және инерцияға ие, бұл дәстүрлі әдістерді қолдану арқылы дәл бақылауды қиындатады.

Көп қосылыс : бір параметрді өзгерту (мысалы, сіңіргіш ағын жылдамдығы) бірнеше шығыс параметрлеріне (тазарту дәрежесі, температура, рН) әсер етуі мүмкін. Бұл арна бойынша басқаруды емес, күрделілікті қажет етеді .

Жабдықтың тозуы және реагент қасиеттерінің өзгеруі: уақыт өте жабдықтың тиімділігі төмендеуі және абсорбенттердің қасиеттері (мысалы, қоспалардың жиналуына байланысты) өзгеруі мүмкін. Оңтайландырылған жүйе мұндай өзгерістерге бейімделуі керек.

Өндіріс қауіпсіздігі

Күкіртсутек – жанғыш және жарылғыш газ. Жұмыс аймағындағы жоғары концентрация ауыр оқиғаларды тудыруы мүмкін.

Еңбек қауіпсіздігі: H_2S концентрациясын жұмыс аймағында қауіпсіз деңгейге дейін төмендету персоналдың денсаулығы мен қауіпсіздігін қорғаудың басымдылығы болып табылады.

Апат қаупін азайту: тазалау процесін тиімді бақылау жарылыс қауіпті қоспалардың жиналу қаупін және жабдыққа коррозиялық әсерлерді азайтады.

Осылайша, а маркалы фосфор қышқылын өндіру кезінде абсорбердегі күкіртсутектен пайдаланылған газдарды тазарту процесін оңтайландыру қажеттілігі максималды экологиялық қауіпсіздікке қол жеткізуге, өндірістік шығындарды азайтуға, технологиялық процестің тұрақтылығын арттыруға және өндірісте қауіпсіздікті қамтамасыз етуге жан-жақты ұмтылумен түсіндіріледі.

Құрамында күкірті бар қоспалардан газды тазарту әдісіне бастапқы сілтілік металдар сульфатының ерітіндісінен сілтілі металл гидроксиді ерітіндісін дайындау, қаныққан сілтілік металл гидроксиді ерітіндісін алу үшін газды сілтілік металл гидроксиді ерітіндісімен байланыстыру және оны регенерациялау кіреді. 10-15% концентрациясы бар бастапқы сілтілік металл сульфат ерітіндісі цирконий оксиді негізіндегі керамикадан немесе алюминий және иттрий оксиді қоспасы бар цирконий оксиді негізіндегі керамикадан жасалған микрокеукті диафрагманы пайдалана отырып, диафрагмалық электролизердің анодтық және катодтық камераларына беріледі. Бұл жағдайда катодты камерада алынған сілтілік металл гидроксидінің ерітіндісі газбен жанасу үшін жіберіледі, ал анодтық камерада алынған қышқыл ерітіндісі қаныққан сілтілік металл гидроксиді ерітіндісін регенерациялау үшін беріледі. Бұл әдіс құрамында күкірт бар қоспалардан тазарту дәрежесін арттыруға және энергия шығындарын азайтуға мүмкіндік береді .

«Элсор» әдісі химиялық технология саласына, атап айтқанда құрамында күкірті бар қоспалардан газдарды абсорбциялық тазарту процестеріне жатады және әртүрлі құрамдағы және әртүрлі шығу тегі газдарды, соның ішінде табиғи, ілеспе және технологиялық газдарды, атап айтқанда, биогазды, мұнай кен орындарынан алынатын ілеспе газды, отындық газдарды беру процесіне және газбен жабдықтау қондырғыларына дейін тазарту процестерінде қолданылуы мүмкін. Химия және мұнай-химия өнеркәсібі объектілерінде, сондай-ақ құрамында күкіртті сутегі мен меркаптандар бар арнайы жабдықтар мен оқ-дәрілер өндірісінде (волейбол және тұрақты).

«Elsor» тазалау әдісі тазалаудың ең жоғары сапасын қамтамасыз етеді, өйткені сілтілі металл гидроксиді ерітінділері H_2S және құрамында күкірті бар басқа қоспалардың ең жақсы сіңіргіштері болып табылады, үнемді, өйткені тазалау процесіне жұмсалатын материал тек электр қуаты болып табылады және тазалау процесі төмен температурада жүзеге асырылады, ал натрий гидроксидін өндіру бастапқы қышқыл ерітіндісімен тазартылғаннан кейін қаныққан газ ерітіндісі болып табылады. Сол электрохимиялық реактордың көмегімен жүзеге асырылады, яғни абсорбентті алуға жұмсалған электр қуаты да оның регенерациясын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, «elsor» әдісі стационарлық және жылжымалы қондырғыларда да жүзеге асырылуы мүмкін.

Құрамында күкірт бар қоспалардан газды тазартуға арналған қондырғының құрамында: диафрагма 2 арқылы катодқа 3 және анод 4 камерасына бөлінген диафрагмалық электрохимиялық реактор 1, сілтілі ерітіндіні жинақтауға арналған резервуар 5, күкірт қышқылын жинақтауға арналған резервуар 6, күкірт қышқылын жинақтауға арналған резервуар 6, сорғыш 7, сондай-ақ сорғыш 98 бар . 10 және 11, дроссельдік клапан 12 және газ және гидравликалық құбырлар, оның ішінде беру және шығару құбырлары.

Әдіс 1.1-суретте көрсетілген орнату арқылы жүзеге асырылады. 1-реактордың катодтық камерасы 3 және контейнер 5 сілтілік метал сульфатының бастапқы сулы ерітіндісімен толтырылған. Реактордың 1 анодтық камерасы 4 және ыдыс 6 бастапқы ерітіндімен - сілтілік метал сульфатының сулы ерітіндісімен толтырылады. 1-реактордың электродтарына кернеу беріледі (көрсетілмеген) және сорғылар 10 және 11 қосылады. Электролиз кезінде сілтілік металл сульфатының бастапқы ерітіндісі катодты камерада 3 электрохимиялық әсерге ұшырап, оны ыдыста 5 жинақталатын сілтілік металл гидроксидіне айналдырады. Сонымен бірге 1 реактордың 4 анодтық камерасында түзілген күкірт қышқылының ерітіндісі контейнерде жинақталады.

Сілтілік металл гидроксиді ерітіндісі резервуардан 5 жоғары қысымды сорғы 10 арқылы абсорбердің 7 жоғарғы бөлігіне беріледі, оның төменгі бөлігіне тазартылатын шикі газ түседі. Газдың құрамындағы қышқыл компоненттер абсорбермен – сілтілі металл гидроксиді ерітіндісімен

әрекеттеседі және тазартылған газ абсорбердің 7 жоғарғы бөлігінен шығарылады.

Абсорбердің қаныққан ерітіндісі абсорбердің 7 төменгі бөлігінен дроссельдік клапан 12 арқылы шығарылады және араластырғышқа 9 жіберіледі, оған резервуардан 6 күкірт қышқылының ерітіндісі сорғы 11 арқылы беріледі. Араластырғышта 6 абсорберді қалпына келтіру және сіңірілген қоспаларды босату процестері жүреді. Оның ішінде қышқыл газдар жойылады, ал төменгі бөлігінен - 1-реактордың катод 3 және анод 4 камераларына қайтадан түсетін сілтілі металл сульфатының ерітіндісі.

1.3 А маркалы фосфор қышқылын өндіру жағдайында интеллектуалды басқару алгоритмдері

А маркалы фосфор қышқылын өндіру жағдайында интеллектуалды басқару алгоритмдерін пайдалану технологиялық процестерді оңтайландыруға бағытталған заманауи және перспективалы тәсіл болып табылады. Бұл алгоритмдер жасанды интеллект, математикалық модельдеу және оңтайландыру, тиімді және ресурстарды үнемдейтін өндірісті басқару принциптеріне негізделген. Төменде а дәрежелі фосфор қышқылын өндіру контекстінде қолданылатын кейбір ықтимал интеллектуалды алгоритмдер берілген:

Нейрондық желілер және машиналық оқыту: өндіріс процесінде күрделі тәуелділіктерді модельдеу үшін нейрондық желілерді қолдану. Процесс деректеріне негізделген басқару параметрлерін бейімдеу және оңтайландыру үшін машиналық оқыту.

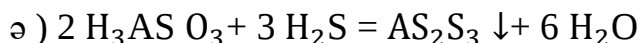
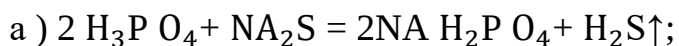
Логикалық бағдарламалау: күкіртсутекті тазарту процесін бақылаудың логикалық ережелері мен шарттарын әзірлеу. Алдын ала белгіленген ережелер негізінде шешім қабылдау үшін сараптамалық жүйелерді пайдалану.

Оңтайлы басқару алгоритмдері: шығындарды азайту және өндіріс тиімділігін арттыру үшін оңтайландыру мәселелерін шешу. Динамикалық бағдарламалау немесе көп критерийді оңтайландыру сияқты әдістерді қолдану.

Бұл интеллектуалды алгоритмдерді біріктіру өзгермелі өндірістік жағдайларға бейімделуге, ықтимал сценарийлерді болжауға және а маркалы фосфор қышқылын өндіру процесін оңтайландыру бойынша шешімдер қабылдауға қабілетті басқару жүйесін құруға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл өндіріс тиімділігін арттырып қана қоймайды, сонымен қатар процесті басқаруға адам факторының әсерін азайтады.

Айта кету керек, жоғары сапалы фосфор қышқылын алу процесі келесі негізгі процестерді қамтиды:

- мышьяк пен ауыр металдардың зиянды қоспаларын келесі химиялық реакциялар арқылы түндыру:



- ортофосфор қышқылын мышьяк сульфидтері мен ауыр металдардан тазарту;
- қышқылдан күкіртсутекті десорбциялау үдерісі;
- абсорберде ауадағы күкіртсутекті тазарту.

Осы процестерден басқа, біз қарастырмайтын бірқатар көмекші процестер де бар, өйткені оларды басқару ешқандай қиындық тудырмайды.

А маркалы фосфор қышқылын өндірудің негізгі процестерінде орын алатын физика-химиялық құбылыстар әлі де аз зерттелген және олардың математикалық және/немесе интеллектуалдық үлгілерінің синтезі технологиялық және басқарушылық аспектілерде де қолдануға болатын жаңа ғылыми нәтижелер әкеледі.

Химиялық және гидрометаллургиялық өнеркәсіптердегі басқа технологиялық процестер үшін қолданылатын сүзу, десорбция және абсорбция кезінде әртүрлі қоспаларды химиялық тұндыру процестерінде физикалық-химиялық құбылыстарды теориялық және эксперименттік зерттеулердің бар нәтижелерін пайдалану ұсынылады.

Сәйкестендіру әдістерін пайдалана отырып, модельдік теңдеулердің коэффициенттерін нақтылау, гибридті оңтайлы басқару алгоритмдерін синтездеу және оларды ғзк өндірістік жағдайында сынау арқылы а маркалы фосфор қышқылын алу процесіне бейімделуі керек.

Процесті жүргізу үшін 74% - 78% концентрациядағы фосфор қышқылы қолданылады. Қышқыл концентрациясының төмендеуі тұндыру реакциясының жылдамдығының төмендеуіне әкеледі және тұнбаның коагуляциясын қиындатады, ал концентрацияның жоғарылауы қышқылдың тұтқырлығын және тасымалдау кезінде оның кристалдану мүмкіндігін арттырады. Тұтқырлықты азайту үшін қышқылды 40о-50°с температураға дейін қыздырады.

Қышқылды тазарту процесінде тұндырғыш натрий сульфидінің белгілі бір бөлігін жұмсартылған суда еріту арқылы мерзімді түрде дайындалатын 4-5% натрий сульфидінің ерітіндісі болып табылады. Тұндырғыштың (h2s) газ тәріздес түрін және тұндырғыштың өте төмен концентрациясын ескере отырып, қалыпты тұндыру процесін қамтамасыз ету үшін na2s-тің 3 есе артық мөлшері алынады. Натрий сульфиді ерітіндісінің концентрациясының жоғарылауы оның артық тұтынылуына және қышқыл сапасының нашарлауына (опалесценция, күкіртті сутегінің қалдық иісі), төмендеуі - қоспалардың жеткіліксіз тұнбасына әкеледі.

Натрий сульфидінің ерітіндісі күнделікті өндіруге жеткілікті 2,5-3,0 м3 мөлшерде дайындалады. Ерітіндіден буланып кететін күкіртсутек түзілуімен na2s гидролизі нәтижесінде натрий сульфиді ерітіндісінің тұрақсыздығына

байланысты үлкенірек мөлшерді дайындау мүмкін емес.

Қышқылдағы қоспаларды тұндыру реакция колоннасында жүргізіледі. Реакция колоннасы тік цилиндрлік аппарат болып табылады, оның ішіне орауыш (полиэтилен құбырларының кесінділері) білікке құйылады. Қышқыл қысымды резервуардан жоғарыдан ауырлық күшімен беріледі, ал натрий сульфиді ерітіндісі қысыммен $\varnothing 10$ мм тесік арқылы реакция колоннасының төменгі бөлігіне беріледі.

Құрылғының қуысында сульфидті тұндыру реакциясы пайда болады. Жауын-шашынның толықтығы 90% - 95% құрайды. Қышқыл мен натрий сульфидінің ерітіндісі араласады, ал аспаптың төменгі бөлігінде күкіртсутек түзіледі, ол жоғары көтеріледі және саптамадан өтіп, мышьяк және ауыр металдармен әрекеттеседі.

Оператор седиментация сапасын талдауға сәйкес қашықтан белгілейді және қышқылға 1:(45-50) Na_2S ерітіндісін құрайды. Ағын жылдамдығы диспенсерлер мен мөлшерлеу сорғылары арқылы автоматты түрде тұрақтандырылады.

Реакциялық қоспа гидростатикалық қысымның әсерінен аппараттың төменгі бөлігіндегі құбыр арқылы араластырғышы бар коллекторға түседі, оған тұнбаның коагуляциясын жеделдету үшін белсендірілген көмір бөліктермен беріледі.

Сүзу процесі тұндырылған сульфидтерді қышқылды ортадан фильтр-престің көмегімен бөліп алумен жүзеге асырылады. Артық күкіртсутекті қышқылдан жою үшін десорбер қолданылады — оның ішінде қақпақталған пластиналар орналасқан тік цилиндр пішінді құрылғы. Қышқыл құрылғыға үстіңгі жағынан беріледі, ал қыздырылған ауа төменгі жағынан енгізіледі. Бұл жағдайда күкіртсутек сұйық фазадан бөлініп, пайдаланылған газдармен бірге абсорберде тазартылады. Тазартылған қышқыл дайын өнім резервуарына бағытталады. Шығарылған газдарды күкіртті сутектен тазарту жұтқышта жүзеге асырылады, ол үш саптамамен жабдықталған цилиндрлік құрылғы болып табылады, ол арқылы пайдаланылған газдар 10% сілті ерітіндісімен суарылады. Құрылғы 1,3-3,0 кпа вакуумда жұмыс істейді. Күкіртсутек абсорбциялық ерітіндіден өтіп, каустикалық содамен әрекеттесіп, натрий сульфиді түзеді. NaOH концентрациясы 1,0% - 2,0% жеткенде, ол сол ерітіндідегі 8% - 10% Na_2S концентрациясына сәйкес келеді, ерітінді оны жаңа порциямен ауыстыра отырып, өндірістік циклге қайтарылады.

Газ тәрізді шығарындылар өнеркәсіптік кәсіпорындардың орналасқан аймақтарындағы экологиялық ахуалға кері әсерін тигізіп, санитарлық-гигиеналық еңбек жағдайларының нашарлауына себеп болады. Мұндай агрессивті шығарындылардың қатарына азот оксидтері, күкіртсутек, күкірт диоксиді, көмірқышқыл газы және басқа да түрлі газдар жатады. Мысалы, еліміздегі азот және күкірт қышқылы сияқты өндіріс орындары жыл сайын атмосфераға уыттылығы жоғары және адам денсаулығына қауіпті он миллиондаған текше метр азот оксидтерін таратады. Бұл заттардан мыңдаған тонна азот қышқылын өндіруге мүмкіндік бар. Сонымен қатар, күкірт

диоксидін газ құрамынан бөлу де аса маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Елімізде жыл сайын атмосфераға тек күкірт диоксиді түрінде шамамен 16 миллион тонна күкірт шығарылады. Бұл көлемнен 40 миллион тоннаға дейін күкірт қышқылын өндіруге болады. Сонымен қатар, елеулі мөлшердегі күкірт, әсіресе күкіртсутек түрінде, кокс газы құрамында кездеседі. Металлургия саласында мартен және қыздыру пештерін жағу үшін қолданылатын құрамында күкірті бар газдар болаттағы көміртек пен күкірт мөлшерін көбейтіп, оның сапасын төмендетеді. Салдарынан металл шығыны жылына жүздеген мың тоннаға жетуі мүмкін. Сонымен қатар, жыл сайын зауыттар мен электр станцияларының мұржаларынан миллиардтаған текше метр көмірқышқыл газы ауаға тарайды, ал бұл газды көміртекті тыңайтқыштар өндірісінде тиімді пайдалануға болады. Жоғарыда аталған деректер атмосфераға таралатын газ тәріздес шығарындылар арқылы қаншама құнды ресурстардың желге ұшатынын көрсетеді. Алайда бұл шығарындылар тек материалдық шығынмен ғана шектелмей, қалалар мен өндіріс орындарының ауасын уландырып, тірі ағзалар мен өсімдіктерге, сондай-ақ металл құрылымдар мен техникалық жабдықтарға айтарлықтай зиян келтіреді. Соңғы жылдары көптеген отандық өндіріс орындары толық қуатта жұмыс істемесе де, зиянды шығарындылармен күрес өзекті мәселе ретінде қала беруде. Әлемдік экологиялық жағдайды ескере отырып, пайдаланылған газдарды улы компоненттерден тазартуға бағытталған нақты және батыл шаралар қабылдау аса қажет. Айта кету керек, күкіртсутек – күкірт қышқылы өндірісіне қажетті құнды шикізат болып табылады. 1. Аналитикалық бөлім 1.1 өнеркәсіптік газдарды күкіртсутектен тазарту әдістерінің сипаттамасы күкіртсутек көп жағдайда катализаторлар мен тірі организмдер үшін у болып табылады. Газдарды күкіртсутектен мұқият тазарту синтетикалық аммиак, синтетикалық спирттер өндірісінде, майларды гидрлеуде, тұрмыстық газдар мен металлургия өнеркәсібінде қолданылатын газдарды өндіруде және т.б. Қажет. Өндірістік газдарды күкіртсутектен тазартудың заманауи әдістері абсорбердің агрегаттық күйіне қарай құрғақ және біз сіңіргіш әдістерге бөлінеді. Өнеркәсіпте құрғақ сіңіргіш ретінде темір гидроксиді гидраты және белсендірілген көмір, кейбір жағдайларда марганец кендері кеңінен қолданылады. Газдарды күкіртсутектен (H_2S) тазалаудың ылғалды әдістері тотықтырғыш, дөңгелек және аралас болып бөлінеді. Тотықтырғыш процестерде күкіртсутекті элементтік күкіртке дейін тотықтыратын абсорберлер қолданылады. Аралас тазарту процестерінде әдетте аммиак ерітіндісі абсорбер ретінде пайдаланылады, ол каталитикалық тотығу кезінде аммоний сульфатын күкіртсутекпен бірге түзеді. Дөңгелек процестерде әлсіз сілтілер қолданылады, олармен күкіртсутек сульфидтерге қосылады, содан кейін сіңіргіш ерітіндіден өзгеріссіз тазартылады. Темір оксиді гидратымен күкіртсутектен газды тазарту. Бұл әдістің мәні мынада: газ құрамында $Fe(OH)_3$ бар қатты көлемді масса арқылы өтеді. Бұл жағдайда күкіртсутек $Fe(OH)_3$ пен әрекеттесіп, Fe_2S_3 және FeS түзеді. Бұл кезде газға ондағы оттегінің мөлшері 1%-дан аспайтындай аз мөлшерде ауа беріледі, ол Fe_2S_3 және FeS

құрамындағы күкіртті тотықтырады және қайтадан темір оксидінің гидратын түзеді. Газды күкіртсутектен активтендірілген көмірмен тазарту газға оттегі және катализатор қызметін атқаратын белгілі мөлшерде аммиак қосу арқылы активтендірілген көмір қабаттары арқылы өтуінен тұрады. Бұл жағдайда көміртегі бетінде күкіртсутек пен оттегі арасындағы реакция жүреді, элементтік күкірт $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} + 106$ кал құрайды. Газды тазарту дәрежесі 85-90% жетеді, бұл газды өңдеудің келесі технологиялық кезеңдерінің талаптарына сәйкес келеді. Күкіртсутектен ылғалды газды тазарту. Ылғалды тазарту кезінде газ күкіртті сутегін сіңіретін тиісті абсорбентпен жуылады. Содан кейін абсорбент элементтік күкірт немесе күкіртсутек бөлінуімен қалпына келтіріледі. Қолданылатын абсорбенттердің түріне қарай дымқыл тазалаудың келесі әдістері бөлінеді: темір-сілтілі, мышьяк-сілтілі, никель, темір цианиді, этаноламин және басқалар. Күкіртсутектен газды тазартудың мышьяк-сілтілі әдісі екі нұсқада қолданылады: мышьяк-сілтілік және мышьяк-аммиак. Мышьяк-сілтілі және мышьяк-аммиак әдістерінің технологиялық схемалары мен жабдықтары бірдей, сондықтан бір қондырғы екі әдісте де айтарлықтай өзгерістерсіз жұмыс істей алады. Темір цианиді әдістері аммиак ерітіндісіндегі темір цианидтерінің күрделі қосылыстарының суспензиясы арқылы H_2S тотығуына негізделген. Технологиялық схема, H_2S сіңіруге және ерітіндіні қалпына келтіруге арналған жабдық құрамында NH_3 бар H_2S газдарын тазартудың мышьяк-сілтілі әдістерінің процестері мен жабдықтарына ұқсас. Никель әдісі өзінің технологиялық схемасы мен жабдықтың дизайны бойынша темір-сілтілі әдістерге жақын. Абсорбент ретінде NiSO_4 қосылған сода күлінің 2 % ерітіндісі қолданылады, ол күкіртсутегінің элементтік күкіртке тотығуы үшін катализатор қызметін атқарады. Никель әдісі құрамында H_2S (мұнай, генератор және су газдары) жоқ газдарды тазалау үшін қолданылады, оның көмегімен NiSO_4 тұрақты қалпына келмейтін қосылыстар береді. Бұл әдіспен газдардан күкіртсутекті алу дәрежесі 95% жетеді, элементтік күкірт шығымы 85%. H_2S -тен газды тазартудың шеңберлік әдістері. H_2S газды тазартудың айналмалы әдістерінің айрықша ерекшелігі күкіртсутекті одан әрі күкірт немесе күкірт қышқылына өңдеу мақсатында концентрлі түрде сіңіргіштен бөлу болып табылады. Моноэтаноламин көбінесе абсорбер ретінде пайдаланылады, ол күкіртсутектен басқа көмірқышқыл газын да сіңіреді. Сілтілік (карбонатты әдістер). Бұл әдіс процестің салыстырмалы арзандығына және алынған күкірттің төмен құнына байланысты бірқатар елдерде қолдануды тапты. Регенерация кезінде күкіртсутек концентрлі газ түрінде бөлінеді. Бұл концентрлі газды күкірт сутегін жағу арқылы күкірт қышқылын алуға болады. Сондай-ақ оны каталитикалық тотығу арқылы элементтік күкіртті алу үшін қолдануға болады. Абсорбер Na_2CO_3 (30 г/л) немесе K_2CO_3 сұйылтылған сулы ерітінділері болып табылады. Процесті жақсарту абсорбент ерітіндісін термиялық қалпына келтіру арқылы вакуумды сода әдісі болды. Соңғы уақытта вакуумды-калийлік әдіс қолданылуда, оның технологиялық схемасы және жабдықтың конструкциясы вакуумды-сода әдісіне ұқсас. Газды тазарту

дәрежесі мен қарапайымдылығы бойынша этаноламин әдісі газды күкіртсутек ізіне дейін тазарта алатын ең жақсы әдіс болып табылады. Атмосфералық қысымда мышьяк-сода әдісі (2 кезең) h_2s -тен 92-98% газды тазарту дәрежесін қамтамасыз етеді; сода және калий әдістерімен тазарту дәрежесі 90% жетеді. Қысыммен соңғы екі әдісте тазарту дәрежесі артады. Роторлы аппараттарда мышьяк-сода ерітіндісімен күкіртсутектен кокс газын тазартуды күшейту . Күкіртсутекті сіңіру және мышьяк-сілтілі ерітіндінің регенерациялану процестерін интенсификациялау мақсатында бұл процестер айналу саны жоғары көлденең механикалық абсорберлерде зерттелді . Тәжірибелер аммиакты синтездеуге арналған өндірістік кокс газын пайдаланатын қондырғыда жүргізілді. Көлденең механикалық абсорберде әрбір дискіде 12 иілген қалақтары бар 4 дискі бекітілген осьтік білік болды. Абсорбер білігі қозғалтқыш білігіне тікелей қосылған, оның айналым саны реостат арқылы реттелді. Дискілердің конструкциясы оңтайлы гидродинамикалық режимді құруда маңызды рөл атқарады. Ең жақсысы бір-біріне бұрылған пышақтары бар дискілер болды; дискілер диаметрі 8 мм тесіктермен тесілген; тесіктердің жалпы ауданы бүкіл диск ауданының 15-18% құрайды. Қапталған тіректер мен айналмалы құрылғылардың реакция көлемдерінің өнімділігін бірдей жағдайларда салыстыру нәтижесінде газдарды h_2s -дан тазарту кезінде айналмалы құрылғылар оралған мұнараларға қарағанда 12-15 есе қарқынды жұмыс істейді деп қорытынды жасауға болады. Кокс газын күкіртсутектен сода ерітіндісімен бірдей ағынды қуыс мұнараларда тазалау. Днепродзержинск металлургиялық зауытында монтаждalған қондырғыда сода ерітіндісімен күкіртсутектен кокс газын тазалау зерттеулері жүргізілді . Күкіртсутектен тазартылған кокс газы тотықтырмайтын тәжірибелік әдістемелік пешті қыздыруға арналған. Қондырғы күкіртсутектен газды ұзақ және үздіксіз тазалауды қамтамасыз етті. Зауыттың негізгі аппараты – электр қозғалтқышымен айналу күйіне келтірілетін, көлемді ортадан тепкіш тозаңдатқышы бар қуыс тең ағынды бүріккіш мұнара. Тазартуға арналған газ түтін құбырынан мұнара клапаны арқылы жеткізілді. Газ ағыны диафрагма арқылы басқарылды. Абсорбциялық ерітінді мұнараға жағадан клапан мен ротаметр арқылы жеткізілді. Мұнарадағы температура мен қысым термометр мен манометр арқылы басқарылды. Тазартылған газ түтін арқылы араластырғышқа шығарылды, онда ауа да жеткізілді; содан кейін газ қоспасы пешке жіберілді. Мұнарадан жұмсалған ерітінді коллекторға жеткізілді және рециркуляция үшін сорғымен қоректендірілді. Тиомочевина өндірісімен кальций цианамидінің ерітіндісімен газдардан күкіртсутекті сіңіру . Irea донецк институты днепропетровск химия-технологиялық институтымен бірлесіп, тиокарбамид өндірісімен casn_2 ерітіндісімен газдарды күкіртсутектен тазарту бойынша зерттеулер жүргізді . Кальций цианамид ерітіндісімен газдарды сіңіру жоғары жылдамдықпен жүреді. Механикалық абсорбердегі кокс газынан күкіртсутектің сіңірілу дәрежесі 98-99%-ға жетті. Бұл жағдайда ерітіндіде тиокарбамид түзілді, ол сүзгіде са (h 8) 2- ден бөлініп , кристалданғаннан кейін стандартты өнім болды. Аммоний сульфидін алу

арқылы газдарды күкіртсутектен тазарту. Аммиактың сулы ерітіндісі күкіртті сутекті жақсы сіңіреді. NH_3 және H_2S өзара әрекеттесуі $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S} = \text{NH}_4\text{HS}$ теңдеулері бойынша жүреді; $2 \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S} = (\text{NH}_4)_2\text{S}$. Бірақ бұл әдіс аммиакты процеске қайтарумен аммоний сульфидті қосылыстарды регенерациялаудың күрделілігі мен жоғары құнына байланысты практикалық қолдануды әлі таппаған. Қымбат және күрделі операцияны жою (процеске аммиакты қайтару арқылы ерітіндіні регенерациялау) бұл әдісті үнемді етеді. Бұл әдіс күкіртсутектен газды толық тазартуды бір мезгілде аммоний сульфидін алуды қамтамасыз етеді. Кокс газын күкіртсутектен және басқа қоспалардан шымтезек-аммиакты сіңіргішпен тазарту. Қолданыстағы коксты газды тазарту әдістерінің негізгі кемшіліктері процестің көп сатылылығы, жабдықтың көлемділігі, күрделі және пайдалану шығындарының жоғары болуы болып табылады. Осы кемшіліктерді жою үшін үздіксіз жұмыс істейтін сұйық қабат аппаратында шымтезек-сілтілі сорбент көмегімен кокс газын тазарту процесі зерттелді. Бұл әдістің ерекшелігі оның үздіксіздігі, бір сатылылығы, ықшамдылығы және арзан органоминаралды тыңайтқыштардың бір мезгілде алынуы. Адсорбциялық-каталитикалық әдістер күкірт диоксидінен, күкіртсутектен және күкіртті органикалық қосылыстардан өнеркәсіптік шығарындыларды тазарту үшін қолданылады. Қоспалармен және басқа көміртекті сорбенттермен модификацияланған белсендірілген көмір күкірт диоксиді үш оксидке және күкіртсутек күкіртке дейін тотығу катализаторы ретінде қызмет етеді. Көмір бетінде су буы болған жағдайда SO_2 тотығуы нәтижесінде күкірт қышқылы түзіледі, оның адсорбенттегі концентрациясы көмірді регенерациялау кезіндегі су буының мөлшеріне байланысты 15-тен 70%-ға дейін болады. Тазартылған газға $\sim 0,2 \text{ г/м}^3$ мөлшерінде қосылған су буы мен аммиак осы каталитикалық реакцияның активаторы ретінде қызмет етеді. Катализатордың белсенділігі оның кеуектері күкіртпен толтырылғандықтан төмендейді, ал S массасы көмір массасының 70-80% жеткенде катализаторды $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ерітіндісімен жуу арқылы регенерацияланады. Аммоний полисульфидінің жуу ерітіндісін сұйық күкіртті алу үшін тірі бумен ыдыратады. Тауарлы өнім ретінде күкірт қышқылы мен күкіртті алу арқылы жылу электр станцияларының түтін газдарын немесе құрамында SO_2 (1-2% SO_2 концентрациясы бар) басқа пайдаланылған газдарды беріктігі жоғары белсендірілген көмірдің аспалы қабатында тазарту үлкен қызығушылық тудырады. Адсорбциялық-каталитикалық әдістің тағы бір мысалы ретінде активтендірілген көмірде немесе адсорбент-катализатордың суспензия қабатында цеолиттерде тотығу арқылы күкіртсутектен газдарды тазарту болып табылады. Кеңінен қолданылатын әдіс жоғары тұтану температурасын қажет етпейтін белсенді катализаторларды пайдалана отырып, пайдаланылған газдар құрамындағы улы органикалық қосылыстарды және көміртегі тотығын каталитикалық тотығу болып табылады, мысалы, тасымалдаушыларға қолданылатын платина тобындағы металдар. Өнеркәсіпте пайдаланылған газдардағы улы қоспаларды каталитикалық қалпына келтіру және гидрлеу де қолданылады. Селективті катализаторларда

со CH_4 және H_2O дейін гидрленеді, азот оксидтері - N_2 және H_2O дейін және т.б. Палладий немесе платина катализаторларында азот оксидтерін элементтік азотқа дейін қалпына келтіру қолданылады. Салыстырмалы түрде төмен температурада және қалыпты қысымда, сондай-ақ қоспалардың өте төмен бастапқы концентрациясында газдарды улы қоспалардан (99,9%-ға дейін) терең тазарту есебінен каталитикалық әдістер барған сайын кең таралуда. Каталитикалық әдістер реакциялық жылуды пайдалануға мүмкіндік береді, яғни энергетикалық технология жүйелерін құру. Каталитикалық тазарту қондырғылары оңай жұмыс істейді және жинақы. Көптеген каталитикалық тазарту процестерінің кемшілігі газдан басқа әдістермен (абсорбция, адсорбция) алынуға жататын жаңа заттардың түзілуі болып табылады, бұл орнатуды қиындатады және жалпы экономикалық тиімділікті төмендетеді. Абсорбция әдісі Абсорбция – бұл газ тәріздес затты сұйық еріткіштің ішінде еріту процесі. Мұндай жүйелер сулы және сусыз болып екіге бөлінеді. Сусыз жүйелерде көбіне төмен температурада қайнайтын органикалық еріткіштер пайдаланылады. Сұйықтық не бір реттік сіңіру үшін қолданылады, не болмаса ондағы қоспалар тазартылып, қайта пайдаланылады. Абсорберді бір мәрте қолдану тәсілдері, әдетте, сіңіру нәтижесінде бірден дайын өнім немесе жартылай өнім алуға мүмкіндік беретін жағдайларда тиімді. Мысал ретінде минералды қышқылдарды алу процестерін келтіруге болады: мысалы, күкірт қышқылын алу үшін SO_3 сіңіріледі, ал азот қышқылын алу үшін – азот оксидтері. Сондай-ақ бұл әдіс тұздарды (нитриттер мен нитраттарды сілтімен сіңіру арқылы), немесе басқа да қосылыстарды (мысалы, аммиак суын алу үшін NH_3 сіңіру) алу үшін қолданылады.

Циклдік немесе көп реттік абсорбциялық процестер кеңінен таралған. Олар көмірсутектерді бөліп алу, жылу электр станцияларының түтін газдарынан SO_2 -ні кетіру, немесе H_2S газын темір-сода әдісімен тазарту арқылы элементтік күкірт өндіру үшін пайдаланылады. Сонымен қатар, азот өндірісінде CO_2 газын моноэтаноламинмен тазарту әдісі кеңінен қолданылады. Фазалардың жанасу бетін ұйымдастыру тәсіліне қарай абсорбциялық құрылғылар бірнеше түрге бөлінеді: беттік, көпіршікті және шашыратқыш. Бірінші түрінде жанасу беті – бұл сұйықтықтың беті немесе ағатын пленка. Мұнда оралған құрылғылар да жатады, оларда сұйықтық арнайы пішінді элементтердің үстімен ағып жатады. Екінші түрдегі құрылғыларда газ сұйықтыққа көпіршік немесе ағын түрінде өтіп, жанасу бетінің аумағын арттырады. Көпіршікті абсорберлер, әдетте, сұйықтыққа толы аппараттар немесе пластиналы колонналар түрінде болады. Үшінші топтағы құрылғыларда жанасу беті сұйықтықты газ ағынына шашырату арқылы құралады. Мұндағы жанасу тиімділігі сұйықтықтың дисперсиялану деңгейіне байланысты. Күкіртсутекті газ қоспаларынан тазарту үшін қолданылатын абсорбциялық құрылғылар Абсорбциялық процестер жүзеге асатын аппараттар абсорберлер деп аталады. Басқа масса алмасу процестері секілді, абсорбция да екі фазаның түйісу аймағында өтеді. Осы себепті абсорберлерде газ бен сұйықтың тиімді жанасуын қамтамасыз ететін кең бет болуы қажет.

Жанасу бетін құру тәсіліне қарай абсорберлердің мынадай түрлері бар: беттік және қабықша түріндегі; оралған; көпіршікті (пластиналы); шашыратқыш. Көптеген осы құрылғылар басқа масса алмасу процестерінде де қолданылады. Өндірісте ең жиі пайдаланылатын түрлері – оралған (беттік) және көпіршікті пластиналы абсорберлер. Сулы абсорбциялық орта тиімді болу үшін сіңірілетін компонент сұйықтықта жақсы еруі керек және жиі сумен химиялық әрекеттесуі қажет. Бұл әдіс HCl , HF , NH_3 , NO_2 тәрізді газдарды тазарту кезінде қолданылады. SO_2 , Cl_2 , H_2S сияқты газдарды сіңіру үшін NaOH немесе $\text{Ca}(\text{OH})_2$ негізіндегі сілтілі ерітінділер пайдаланылады. Химиялық реагенттер қосу арқылы пленка ішінде жүретін химиялық реакциялар есебінен сіңіру тиімділігі едәуір артады.

Алайда, бұл әдіс көмірсутектермен жұмыс кезінде сирек қолданылады, өйткені абсорбенттердің құны жоғары. Абсорбциялық әдістердің ортақ кемшіліктеріне ағынды сулардың түзілуі және аппараттардың үлкен көлемі жатады.

Беттік және қабықтық абсорберлер Бұл типтегі абсорберлерде газ бен сұйық фазалардың жанасу беті қозғалмайтын немесе баяу қозғалатын сұйықтықтың айнасы немесе ағып жатқан жұқа сұйық қабықтың беті ретінде көрініс табады. Беттік абсорберлер негізінен суда жақсы еритін газдарды сіңіруге арналған (мысалы, сутегі хлоридін сумен сіңіру). Мұндай құрылғыларда газ қозғалыссыз немесе баяу ағатын сұйық беттің үстінен өтеді. Жанасу беті аз болғандықтан, бұл абсорберлер бір-біріне тізбектей жалғанған бірнеше секциялардан тұрады, мұнда газ бен сұйықтық қарама-қарсы бағытта қозғалады. Сұйықтықтың табиғи тартылыс күшімен қозғалуын қамтамасыз ету үшін әрбір келесі сіңіргіш алдыңғысынан сәл төмен орналасады. Абсорбция кезінде бөлінетін жылуды кетіру үшін бұл құрылғыларда салқындатқыш катушкалар қолданылады немесе сіңіргіштер ағынды су құйылған резервуарларға орналастырылады. Бұл типтің жетілдірілген үлгісі – сыртынан су бүркілетін көлденең құбырлар қатарынан тұратын абсорбер. Әрбір элементте сұйықтық деңгейі арнайы табалдырық (2) арқылы тұрақты ұсталып тұрады. Пластиналық абсорберлер екі түрлі арна жүйесінен тұрады: үлкен қималы арналар арқылы газ бен абсорбент қарама-қарсы бағытта қозғалады, ал кіші қималы арналар бойымен (2) салқындатқыш сұйықтық (көбінесе су) ағады. Мұндай сіңіргіштер әдетте графиттен дайындалады, өйткені ол жылуөткізгіштігі жоғары әрі химиялық төзімді. Алайда, беттік абсорберлердің тиімділігі төмен және көлемі үлкен болғандықтан, олар шектеулі қолданысқа ие. Қабық сіңіргіштер беттік абсорберлерге қарағанда анағұрлым тиімді әрі ықшам құрылғылар болып есептеледі. Бұл құрылғыларда фазалар жанасуы ағып жатқан жұқа сұйық қабықша бетінде жүреді. Қабық сіңіргіштердің негізгі түрлері мыналар: құбырлы абсорберлер; тегіс параллель пластиналар немесе оралған жіңішке табақшалармен жабдықталған абсорберлер; сұйық қабық жоғары қарай қозғалып тұратын абсорберлер.

Құбырлы абсорбердің (4-сурет) құрылысы тік құбырлы жылу алмастырғышқа ұқсас келеді. Абсорбент үстіңгі түтік парағына 1 арқылы

түсіп, құбырлар 2 бойымен таралады және олардың ішкі бетімен жұқа қабық ретінде төмен қарай ағады. Құбыр саны көп құрылғыларда сұйықтықтың біркелкі таралуын қамтамасыз ету үшін арнайы тарату жүйелері қолданылады. Газ төменнен жоғары қарай қозғалса, ол төмен қарай ағып жатқан сұйық қабықшамен қарсы ағыста әрекеттеседі. Жылу алмасу процесінде пайда болатын жұтылу жылуын кетіру үшін құбырлар арасындағы кеңістікке салқындатқыш зат – су немесе басқа агент беріледі.

Жазық-параллельді орауышпен жабдықталған абсорбер – бұл тік панельдер немесе тығыз созылған матадан жасалған парақтар түрінде орналасқан қаптамасы бар құрылғы. Қаптама әртүрлі материалдардан – металдан, пластмассадан және басқа заттардан дайындалуы мүмкін. Абсорбердің жоғарғы жағында екі жағынан орауыш парақтарын біркелкі суландыру үшін дистрибьюторлар 2 орналастырылған.

Қабықшаның жоғары қарай қозғалатын ағыны бар абсорберде (2.1.6-сурет) газ 3-камерадан шығып, коаксиалды орналасқан 4-құбырлар арқылы өтеді, ал абсорбент 5-саңылаулар арқылы құбырларға енеді. Құбырлармен жоғары көтерілген сұйықтық жоғарғы түтік торына жетіп, сол жерден абсорберден алынады. Бұл құрылғыда да түтікаралық кеңістіктен салқындатқыш агент өткізіліп, жылу алмасу жүреді. Экстракция тиімділігін арттыру үшін мұндай абсорберлер бірнеше сатыдан тұруы мүмкін. Әр саты қарсы ағын принципімен жұмыс істейді, яғни газ және сұйықтық қарама-қарсы бағытта қозғалады. Бұл конструкциялар газдың жоғары жылдамдығына байланысты (30–40 м/с) масса алмасу коэффициентінің жоғары мәндерін қамтамасыз етеді, дегенмен олар гидравликалық кедергі тұрғысынан салыстырмалы түрде айтарлықтай жоғары. Буып-түйілген абсорберлер, яғни түрлі пішіндегі қатты денелермен толтырылған колонналар, өнеркәсіпте кең қолданыс тапқан. 7-суретте бейнеленген колоннада қаптама 1 тірек торларына 2 орнатылады, оларда газ өтетін және сұйықтық ағатын тесіктер бар. Абсорбент дистрибьютор 3 арқылы біркелкі суарылып, төмен қарай ағады. Колоннаның көлденең қимасы бойынша сұйықтықты біркелкі тарату әрдайым мүмкін бола бермейді. Бұл құбылыс қабырға эффектісімен түсіндіріледі – колоннаның орталық бөлігінде орау тығыздығы жоғары болады, сондықтан сұйықтық орталықтан шеткі аймақтарға ағуға бейім. Осы себепті, үлкен диаметрлі колонналарда қаптаманы 2–3 метрлік секциялармен орнатады, ал әр секцияның астына (төменгісінен басқа) сұйықтықты қайта тарататын құрылғылар 4 орналастырылады.

Буып-түйілген колоннада сұйықтық қаптама элементтері бойымен негізінен жұқа қабық түрінде ағады, сол себепті фазалық жанасу беті қаптаманың суланған бетімен анықталады. Бұл құрылғыларды пленкалық типтегі аппараттардың бір түрі ретінде қарастыруға болады. Дегенмен, пленкалық аппараттарда сұйықтық бүкіл құрылғы биіктігі бойынша ағады, ал буып-түйілген абсорберлерде ол тек орау биіктігімен шектеледі. Сұйықтық бір орау элементінен келесісіне өткен кезде, оның бетінде пайда болған сұйық қабық бұзылады, ал төменгі элементте қайтадан жаңа қабық түзіледі. Бұл кезде

сұйықтықтың белгілі бір бөлігі төменге қарай ағын, тамшы немесе шашырау түрінде өтеді. Қаптаманың бетінің бір бөлігі тоқыраған (қозғалыссыз) сұйықпен жабылады. Көпіршікті (науалы) сіңіргіштер. Науалы сіңіргіштер — әдетте тік бағытта орналасқан баған түрінде болады, олардың ішінде белгілі бір аралықпен орнатылған көлденең пластиналар орналасқан. Бұл пластиналар газ бен сұйық фазалар арасындағы бірнеше рет әрекеттесуге және олардың бағытталған қозғалысын қамтамасыз етуге арналған. Қазіргі өндірісте мұндай сіңіргіштердің түрлі конструкциялары қолданылады. Көпіршікті сіңіргіштер пластиналардағы сұйықтықтың ағу әдісіне қарай екі топқа бөлінеді: сұйық ағысын ұйымдастыратын құрылғылары (су төгетін элементтері) бар пластиналармен; мұндай құрылғылары жоқ пластиналармен. Су төгетін құрылғылары бар науалы бағандар. Құрылғыларда сұйықтық әр науадан келесісіне арнайы жүйелер арқылы — мысалы, төгу құбырлары мен қалташалар арқылы — өтеді. Құбырлардың төменгі шеті келесі науадағы стақанға енгізіліп, гидравликалық тығыздағышты түзеді. Бұл тығыздағыш газдың кері өтуін болдырмайды.

Мұндай типтегі аппараттың жұмыс принципін електі науалармен жабдықталған сіңіргіштің мысалында қарастыруға болады. Жоғарғы науаға түсетін сұйықтық арнайы төгілу жүйесі арқылы төменгі науаға өтеді және ең соңында бағанның төменгі бөлігінен шығарылады. Газ керісінше төменнен жоғары қарай көтеріліп, әрбір пластинаның тесігі немесе клапандары арқылы өтеді. Бұл кезде газ сұйық қабаттан көпіршік пен ағын түрінде өтеді, нәтижесінде көбік қабаты түзіледі. Бұл көбік аймағы — негізгі масса- және жылуалмасу алаңы. Газ бағанның жоғарғы жағынан шығарылады. Пластиналардағы толтырғыш құбырлар сұйық ағындардың қарсы бағытта жүруіне мүмкіндік беретіндей етіп орналасады. Қазіргі таңда пластиналарда арнайы сегменттік кесінділер немесе табалдырықты төгілу элементтері жиі қолданылады.

Мұндай науаларға електі, қақпақты, клапанды, балласты, пластиналы түрлер жатады. Су төгетін құрылғылары жоқ науалы бағандар (Бұл жағдайда пластинада сұйық пен газ бірдей тесіктер немесе саңылаулар арқылы өтеді. Газ сұйықтықпен көпіршіктену процесі арқылы әрекеттеседі, ал сұйықтықтың бір бөлігі тесіктер арқылы төменгі пластинаға ағып кетеді. Осы себептен мұндай науалар көбінесе ақаулы немесе ағып кететін науалар деп аталады. Бұларға перфорацияланған, торлы, құбырлы және толқынды науалар жатады. Бүріккіш абсорберлер. Бұл типтегі сіңіргіштерде газ бен сұйық фазалардың өзара әрекеттесуі газ ағынында сұйықты шашу немесе бүрку арқылы қамтамасыз етіледі. Қуыс бүріккіш абсорберде (10-сурет) колоннаның жоғарғы бөлігінде сұйықты шашуға арналған арнайы саптамалар орнатылады. Бұл саптамалар арқылы сұйықтық механикалық жолмен газ ортасына шашыратылады.

Бүріккіш абсорберлерде тамшылардың қосылуы және фазалар арасындағы жанасу бетінің азаюы салдарынан саптамалардан алыстаған сайын көлемдік масса алмасу коэффициенттері күрт төмендейді. Осы себепті

мұндай құрылғыларда спринклерлер (саптамалар) әдетте бірнеше деңгейлі етіп орналастырылады. Аралау типті абсорберлердің артықшылықтарына олардың құрылымының қарапайымдылығы, гидравликалық кедергінің төмендігі, ластанған газдармен жұмыс істей алу қабілеті, сондай-ақ тексеру, тазалау және жөндеу жұмыстарының жеңілдігі жатады.

Дегенмен, бұл аппараттардың кемшіліктері де бар: тиімділігінің төмендігі, сұйықтықты таратуға кететін энергия шығынының көптігі, ластанған сұйықтықтармен жұмыс жүргізудің күрделілігі, фазалар арасындағы жанасу аймағын кеңейту үшін абсорбенттің көп мөлшерін қажет етуі және газ жылдамдығының шектелуі (бұл көрсеткіш тамшылардың төмен түсуіне байланысты шектеледі). Аралау абсорберлері көбінесе суда жақсы еритін газдарды сіңіру үшін қолданылады, себебі мұндай құрылғыларда фазалардың салыстырмалы жоғары жылдамдығы және газ ағынының турбуленттігі салдарынан газ фазасындағы масса алмасу коэффициенттері едәуір жоғары болады. Бұл тұрғыдан қарағанда, ең тиімді аппараттар қатарына тікелей ағынмен жұмыс істейтін аралау абсорберлері жатады. Олар шашыратылған сұйықтықты үлкен жылдамдықпен (20–30 м/с және одан жоғары) қозғалатын газ ағыны арқылы ілестіріп, кейін арнайы бөлу камерасында газ бен сұйықтықты бір-бірінен ажыратады. Бұл түрдегі құрылғыларға venturi жұтқышы (сурет 11) кіреді, оның негізгі бөлігі venturi түтігі болып табылады.

Сұйықтық құбырдың шатастырушысына 1 түседі, пленка түрінде ағады және газ ағынымен мойын 2 арқылы араланады. Содан кейін сұйықтық газ арқылы диффузорға 5 тасымалданады, онда газ жылдамдығы біртіндеп төмендейді, ал газ ағынының кинетикалық энергиясы минималды шығындармен қысым энергиясына айналады. Тамшылар камерада 4 бөлінеді. Аралау түріне механикалық сіңіргіштер де кіреді, оларда сұйықтық айналмалы құрылғылардың көмегімен, яғни газ бен сұйықтық арасындағы фазалардың мүмкін болатын ең үлкен жанасу бетін қалыптастыру үшін сыртқы энергияны беру арқылы шашыратылады. 12-суретте тік айналмалы білігі бар айналмалы ортадан тепкіш абсорбердің схемасы көрсетілген. Бұл құрылғыда білікке бекітілген айналмалы пластиналар 1 колонна корпусына бекітілген қозғалмайтын пластиналармен 2 кезектесіп отырады. Пластиналар 1 сақиналы тік қабырғалармен 3, ал пластиналар 2 коаксиалды қабырғалармен жабдықталған. Мұндай құрылғының көмегімен айналмалы және қозғалмайтын плиталар арасында сақиналы арналар қалыптасады. Сұйықтық колоннаның орталық бөлігіне түседі және орталықтан тепкіш күштің әсерінен айналмалы қабырғаның жиегімен шашыратылады. Тамшылар газбен толтырылған кеңістік арқылы ұшып, қозғалмайтын пластинаның сәйкес қабырғасының қабырғасына соғылады. Осылайша, сұйық ортадан пластинаның перифериясына қарай жылжыған кезде фазалардың көп байланысы пайда болады. Механикалық абсорберлер басқа түрдегі аралау сіңіргіштеріне қарағанда ықшам және тиімдірек. Дегенмен, олар дизайнда әлдеқайда күрделі және процесті жүзеге асыру үшін үлкен энергия

шығындарын талап етеді. Көптеген жағдайларда газ-сұйықтық жүйелерінде сұйықтықпен әрекеттесетін газ ағынының энергиясын пайдалану бір фазаны екінші фазаға тарату үшін жеткілікті, ал бұл мақсат үшін сыртқы энергияны беру практикалық емес [4].

2 КІРІС ЖӘНЕ ШЫҒАРУ АЙНАЛЫМДАРЫ ЖӘНЕ ОҢТАМАЛДЫ ПРОЦЕССТІ БАСҚАРУ

2.1 Технологиялық процестің схемасын сипаттау

А маркалы фосфор қышқылын өндірудің технологиялық сұлбасы 1-суретте бейнеленген. Мұнда қолданылған технологиялық жабдықтың шартты белгілері ndfz жүйесінен, яғни фосфор қышқылын тазалау бойынша технологиялық регламенттен алынған.

Tfc өндіріс орнынан алынған термиялық фосфор қышқылы алдымен e218 қабылдау ыдысына түседі, мұнда ол 70–80 °C дейін қыздырылады. Қыздыру процесі резервуардың орамына бу жіберу арқылы қолмен басқарылады. Қышқылдың температурасы мен деңгейі үздіксіз бақыланып, e218 ыдысындағы ең төменгі және жоғарғы деңгейлердің шекті көрсеткіштері дабыл жүйесі арқылы бақыланады.

E218 ыдысынан алынған фосфор қышқылы насос арқылы v1 қысымды ыдысқа беріледі, ал одан әрі ауырлық күшімен pk1 реакциялық колоннасына бағытталады. B1 ыдысында артық мөлшердегі қышқыл арнайы толып кету желісі арқылы қайтадан e218 қабылдау ыдысына қайтарылады. E303 қысымды ыдыстағы толу деңгейі және сұйықтықтың артық ағуына жол бермеу деңгей өлшегіш құрылғыларымен қадағаланады.

Натрий сульфиді ерітіндісін дайындау үшін d2 дистилляторы арқылы тұрмыстық және ауыз су тазартылады. Осыдан кейін алынған таза су ауырлық күшімен v6 коллекторына, әрі қарай v4 ыдысына түседі. Бұл жерде қажетті концентрацияда натрий сульфидінің ерітіндісі дайындалады. Ерітінді қажетті деңгейге жеткен соң, ол толық көлемімен сиятын v3 ыдысына құйылады..

Xxi ғасыр – энергия тапшылығы мәселесімен байланысты ғылыми-техникалық прогрестің ғасыры. Дүние жүзіндегі көмірсутек қоры жыл сайын таусылып келеді. Ресурстар үшін күрес күшейіп келеді, жаңа газ кен орындарын ашу мәселесі өте өткір.

Көмірсутекті алу коэффициентін арттыру , сондай-ақ шағын көмірсутек кен орындарын және құрамында күкіртті сутегі бар кен орындарын игеру қажеттілігі туындайды . Біздің еліміздегі құрамында күкіртті сутегі бар газ қоры оның әлемдік қорының жартысына жетеді. Ресей федерациясында күкіртті сутегі бар 160-тан астам газ және газ конденсатты кен орындары ашылды, олардың көпшілігі күкірті аз. Мұндай кен орындарын игеру мәселелерін газды күкіртсутектен өнеркәсіптік тазартудың тиімді технологияларын жасамай шешу мүмкін емес.

Газды күкіртсутектен өнеркәсіптік тазартудың сенімді және үнемді технологиясының жоқтығынан, газ өңдеу зауыттарын салу негізсіз болған кезде, қоры аз, күкірті аз кен орындарын игеруге қатысу қарқыны төмен күйінде қалып отыр. Іс жүзінде игеруге жарамды кен орындары ондаған жылдар бойы игеріледі.

Сондықтан өнеркәсіптік дайындау үшін газды күкіртсутектен тазарту

технологиясын құру газпромның салалық энергияны үнемдеу бағдарламасының басым бағыттарына сәйкес келеді және өзекті міндет болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты газды күкіртті сутектен өнеркәсіптік тазарту технологияны жасау арқылы күкіртті газ конденсатты кен орындарында игеру мен пайдалануды тиімділік арттыру.

Зерттеудің негізгі мақсаттары

Осы мақсатқа жету үшін мыналар шешілді:

- құрамында күкіртсутегі бар кен орындарының игеру жағдайын зерттеу;

- көмірсутек конденсатының күкіртсутекті сіңіру моделін және фазааралық тепе-теңдікке әсер ететін факторларды зерттеу;

- абсорбенттің негізгі технологиялық сипаттамаларын анықтау мақсатында күкіртсутекті көмірсутек конденсатымен сіңіру кезінде көмірсутектердің фазалық ауысуларын және олардың газды төмен температурада бөлу (тж) процесінің техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне әсерін зерттеу;

Токпен қапталған абсорбердегі күкіртсутекті көмірсутек конденсатымен сіңіру кезінде масса алмасуға және гидродинамикаға әсер ететін факторларды зерттеу ;

- күкіртті газ конденсатты кен орындары үшін күкіртті сутектен өнеркәсіптік газды тазарту технологиясын әзірлеу;

- әзірленген технологияны іс жүзінде енгізу және оның ғылыми-техникалық кешеннің техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне әсерін бағалау;

- төмен күкіртті газ конденсатты кен орындарында өнеркәсіптік дайындау үшін күкіртсутектен газды тазарту технологиясы әзірленді;

- көмірсутек конденсатының күкіртсутекті жұтуының қарсы ағымдық моделін қолданудың шекаралық шарттары анықталады;

- табығи газ – күкіртсутек – газ конденсат жүйесінде фаза тепе-теңдікке процесс параметрлерінің әсер етуші заңдылықтарды анықталды. Газ конденсаты кен орнында нтс орнату алдында газды тұрақты конденсатпен жуу укупт тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды;

- көмірсутек конденсатымен күкіртсутектен газды тазарту әсерінің өнеркәсіптік газды төмен температурада бөлу әдісімен дайындау кезінде пропан-бутандарды алу дәрежесіне тәуелділігі анықталды;

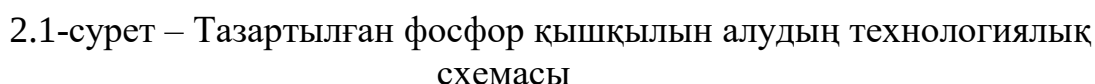
Қорғалатын ережелер:

- төмен күкіртті газ конденсатты кен орындарында өнеркәсіптік дайындауға арналған күкіртсутектен газды тазарту технологиясы;

- көмірсутек конденсатының күкіртсутекті сіңіруінің қарсы ағымдық моделін қолданудың шекаралық шарттарын негіздеу;

Күкіртсутекті көмірсутек конденсатымен сіңіру кезінде қапталған қарсы ағынды сіңіргіште масса алмасуға және гидродинамикаға технологиялық факторлардың әсерін зерттеу нәтижелері .

Добринское кен орнының жұмысы басталғаннан бері өнеркәсіптік өнім ретінде тек газ конденсаты өндірілді, өйткені укпг жобаланған технологиялық схемасы газдан күкіртті сутегін алуға мүмкіндік бермеді. Құрамында күкіртті сутегі бар барлық өндірілген газ алау қондырғысында жағылды, бұл өнімді өткізу көлемінің азаюы есебінен де, атмосфераға шығарындылар үшін төлемдер есебінен де көмірсутектерді өндірудің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін нашарлатты. 2.1-суретте тазартылған фосфор қышқылын алудың технологиялық схемасы көрсетілген



e210/3 – фосфор қышқылы мен белсендірілген көмірге арналған резервуар, f1 – сүзгі-пресс fmm-516, fmm-510 – сүзгі жабдығы, e210/2 – натрий гидроксидін (NaOH) қабылдайтын цистерна, ds0 – десорбер, e221 – дайын өнім сақталатын цистерна, as1 – абсорбер, b3 – натрий сульфиді (Na₂S) ерітіндісін дайындауға арналған цистерна, b4 – NaOH ерітіндісін дайындауға арналған резервуар, b5 – тағы бір NaOH ерітіндісіне арналған цистерна, d2 – дистиллятор, b7 – жинақтаушы бункер, k2 – бункерге арналған ыдыс, k2 – тазартылған су, t1 – өздігінен қозғалатын арба, v2 – ыстық ауа үрлейтін құрылғы.

Процесс сипаттамасы: В4 резервуарындағы ерітінді деңгейі төменгі шекке жеткенде, оператор ерітінді ағызу клапанын жабады. Содан кейін резервуарға екі қап көлемінде (әрқайсысы 50 кг) құрғақ натрий сульфиді

құйылады. Бұдан соң в6 коллекторынан тазартылған суды жеткізу желісінің клапаны ашылады. В4 резервуарындағы деңгей жоғарғы шекке жеткенде (шамамен 1,2 м³ немесе деңгей айырмашылығы 0,6 м), су беру тоқтатылады, араластырғыш іске қосылады және дайындалған ерітіндіден үлгі алынады.

Ерітінді көлемі 20–30% толтыру деңгейіне жеткен соң, яғни жаңа ерітінді түгел сыйып кететіндей болғанда, ол в3 резервуарына тасымалданады.

Тұндыру процесі: Мышьяк пен қорғасынның қосындыларын тұндыру рк1 белгісі бар екі параллельді реакциялық колоннада жүзеге асырылады. В1 қысымды резервуардан қышқыл ауырлық күшімен рк1 реакциялық колоннаның жоғарғы бөлігіне ағады. В3 резервуарынан натрий сульфидінің 4%-5% ерітіндісі рк1 реакция колоннасының төменгі бөлігіне дозалау сорғылары арқылы беріледі.

Na₂S ерітіндісінің шығынын бақылау және қашықтан реттеу мөлшерлеу сорғылары мен басқару құрылғыларымен жүзеге асырылады.

Рк1 реакция колоннасында түзілген күкіртсутек қышқыл қабаты арқылы көпіршіктеніп, оның құрамындағы мышьякпен және ауыр металдармен жанасады. Бағандағы қышқылдың деңгейін оператор колоннаның төменгі жағында орналасқан қарау терезесі арқылы көзбен басқарады. Күкіртсутегінің қышқылмен максималды жанасу аймағын қамтамасыз ету үшін колоннаны қышқылмен толтыру оның көлемінің 1/7 бөлігінен аспауы керек. Колонналардың жоғарғы бөлігіндегі вакуум тиісті құрылғылармен басқарылады.

Реакция бағанынан фосфор қышқылы гидростатикалық қысыммен е210/3 коллекторына түседі. Е210/3 коллекторында қышқыл түзілген тұнбаның коагуляциясы (төлдіруі) үшін сақталады. Коагулянт ретінде е210/3 коллекторына белсендірілген көмірдің қажетті мөлшері мезгіл-мезгіл қолмен қосылады. Суспензияның біркелкі араласуын қамтамасыз ету және шөгінділердің жиналуын болдырмау үшін е210/3 коллекторы механикалық араластырғышпен жабдықталған. Содан кейін суспензия (қышқыл + тұнба + белсендірілген көмір) в2 аралық резервуарына түседі, ол жерден дозалау сорғылары арқылы f1 сүзгі прессіне беріледі.

Берілген:

- деңгей өлшегіштердің көмегімен е210/3 цистернасының жоғарғы және төменгі толтыру деңгейлеріне сигнал беру;
- е210/3 резервуарындағы суспензия температурасын үздіксіз бақылау;
- деңгейлік құрылғылардың көмегімен в2 цистернасының толтыру деңгейін қашықтан реттеу арқылы үздіксіз бақылау;

Аралық резервуардағы қышқыл деңгейі в2 асып кеткен кезде реакциялық колоннаға қышқыл мен натрий сульфидін беру сигналымен блоктау;

Сорғыларды тоқтатқанда немесе рк1 реакция колоннасына натрий сульфидін беруді тоқтатқанда реакция колоннасына қышқыл беруді авариялық тоқтату;

Рк1 реакция колоннасына қышқыл беру тоқтаған кезде сорғыларды

авариялық тоқтату .

Қышқыл суспензиясының шығыны мен қысымы да бақыланады . Суспензияны F1 сүзгісіне беретін құбырдағы қысым 0,5 мПа-дан асатын болса, сорғыны авариялық тоқтату және дабыл беру қамтамасыз етіледі .

Сүзу. Сүзгі пресс - қысыммен жұмыс істейтін сүзгі жабдығының бір түрі (макс. 0,5 мПа). F1 сүзгі прессінде суспензия полипропилен пластиналары арқылы сүзіледі. Сүзгі пресс автоматты режимде циклограммаға сәйкес жұмыс істейді. Негізгі сүзу операциялары:

- сүзу;
- тұнбаны сығылған ауамен механикалық престеу;
- шөгінділерді жуу;
- тұнбаны сығылған ауамен кептіру;
- орталық каналды үрлеу;
- шөгінділерді түсіру;
- сүзгі шүберектерін регенерациялау.

Сүзу циклі бастапқы суспензияның сапасына байланысты 8 сағаттан және одан да көп уақытқа созылады. Сүзгінің дұрыс және қауіпсіз жұмысы сүзгі жабдығының басқару блогындағы сәйкес құрылғылармен қамтамасыз етіледі .

Жылыту орталығында су буының конденсатын жинағыш және сорғы орналасқан . Фосфорды жағу үшін TFC өндіру технологиясында қолданылатын ыстық ауа желісінен сүзгі пресіне қыздырылған сығылған ауа беріледі. Автоматты басқарудың істен шығуын болдырмау үшін сүзгі жылытқыштармен жылытылады.

Сүзілген тұнба сүзгіден B7 буына түседі, ол жерден гильза арқылы T1 өздігінен жүретін арбаға салынған K2 болат контейнерге тиеледі. Контейнер толған кезде қалдықтарды уақытша сақтауға арналған қоймаға тасымалданады, содан кейін «қорымға» көму үшін автокөлікпен апарылады.

F1 сүзгі пресіне қышқылдың артық берілуі жағдайында B2 аралық резервуарына фосфор қышқылының ағызу желісі беріледі. F1 фильтрінен алынған фильтрат ауырлық күшімен екі десорберге Ds1 ағады.

Десорберге жоғарыдан түсетін қышқыл құрамындағы күкіртті сутектің қалдығын жою үдерісі TFC өндірісінің технологиясында пайдаланылатын 60°-90°С аралығындағы ыстық ауа желісі арқылы, яғни фосфор жағуға арналған ауамен жүзеге асырылады. Ауа құбыры арқылы келетін ауаның қысымы қашықтықтан басқарылатын айналмалы демпфермен реттеледі, ал ауа температурасы жылу орталығындағы жылу алмастырғыштан өтетін будың қысымын өзгерту арқылы бақыланады.

Күкіртсутекті үрлеу сапасы органолептикалық әдіспен, яғни иіс арқылы тексеріледі. Ауа беретін құбырдағы температура мен қысым, сондай-ақ тарату коллекторындағы сығылған ауаның шығыны тұрақты бақылауда болады. Сонымен қатар Ds1 десорберінен Ac1 абсорберіне дейінгі ауа құбырындағы вакуум көрсеткіші де бақыланады. Ds1 десорберінен түскен қышқыл ауырлық күшімен E221 коллекторына ағып түсіп, сол жерден цехтағы резервуарларға

айдалады. E221 ыдысындағы қышқыл құрамындағы өнім сапасын анықтайтын негізгі компоненттерге талдау жүргізіледі. Егер алынған көрсеткіштер ГОСТ 10678-76 талаптарына сәйкес келмесе, қышқыл қайта өңделу үшін E218 фосфор қышқылы қабылдағышына қайтарылады. B2, B4, B3, B5 және E218 резервуарларынан төгілген қышқыл, натрий сульфиді мен сілтілер арнайы науада жиналып, сорғышқа жіберіледі, әрі қарай E225 ағынды су коллекторына айдалады. Құбырлар мен сүзгілерді шаюдан алынған су да осы коллекторға түседі. E225-тен шыққан ағынды сулар шұңқырға барып, одан кейін қолданыстағы технологиялық сызба бойынша шығарылады.

Ds1 десорберлерінен, PK1 реакциялық колонналарынан, B3, B4, B5 резервуарларынан және Ac1 абсорберінен шыққан ауаны тазарту мақсатында абсорбент ретінде B5 резервуарында дайындалған каустикалық соданың 8-10% ерітіндісі қолданылады. Бұл сілті 8-цехтан 44%-дық NaOH ерітіндісі түрінде эстакада арқылы жеткізіліп, E210 қабылдағыш резервуарына құйылады, одан белгілі мөлшерде B5 резервуарына айдалып, 10%-дық ерітінді дайындалады. Сілті сұйылту үшін B6 дистиллят ыдысындағы су пайдаланылады.

Абсорбциялық ерітінді сорғы арқылы Ac1 абсорбері мен B5 циркуляциялық резервуары арасында айналымда болады. Егер ерітіндідегі сілтінің концентрациясы 1-2%-ға дейін төмендесе, ол пайдаланылған деп есептеліп, айналымнан шығарылып, натрий сульфиді ерітіндісін дайындау үшін B4 резервуарына жөнелтіледі. B5 резервуарындағы сұйықтық төменгі деңгейге жеткен жағдайда, ағын тоқтап, жаңадан суару ерітіндісін дайындау үшін оған қажетті мөлшерде концентрлі сілті мен су қосылады. Ac1 абсорберінен пайдаланылған газдар ағынымен өтетін ерітіндінің шашырауын түсіру үшін газ құбыры орнатылған. Тамшы жинағыш k3. K3 тамшы коллекторынан алынған ерітінді ауырлық күшімен B5 циркуляциялық резервуарға түседі.

Тазартылған газ желдеткіш арқылы сору құбырына шығарылады. Желдеткіштің тоқтауы туралы дыбыстық және жарық сигналы қамтамасыз етілген. Манометриялық режим де басқарылады бүкіл шығарылатын газ траекториясы.

2.2 А маркалы фосфор қышқылын өндіру процестеріне кіріс және шығыс айнымалыларды анықтау және оңтайлы басқару есептерін қою.

Жоғарыда айтылғандай, а маркалы фосфор қышқылын алудың негізгі технологиялық процестері: rk1 реакторларында мышьяк пен ауыр металдардың сульфидтерін тұндыру, ерітіндіні сүзу, күкіртті сутекті сіңіру және дайын ерітіндіні десорбциялау. Бұл кестеге сәйкес төменде қарастыратын процестер.

Мышьяк пен қорғасын сульфидтерін тұндыру үдерісін басқарудың оңтайлы міндетін тұжырымдау

Ортофосфор қышқылынан мышьяк пен қорғасын сульфидтерін тұндыру үдерісі (1–4) реакцияларына сәйкес жүзеге асырылады. Айта кету керек, тұндыру процесі газ күйіндегі күкіртті сутек арқылы жүргізіледі. Алайда, күкіртті сутекті қолданудың бірқатар кемшіліктері бар: жағымсыз иіс және жеткіліксіз желдету жағдайында адам денсаулығына теріс әсер етуі мүмкін. Осы себептерге байланысты өткен ғасырдың 60-жылдарында күкіртті сутекті натрий күкіртімен алмастыру ұсынылған. 2,2-суретте рк1 реакциялық колонналарында ортофосфор қышқылынан мышьяк пен қорғасын сульфидтерін тұндыру технологиялық схемасы көрсетілген, бұл химиялық реакциялардың (1-4) жүруі үшін қолайлы жағдайларды қамтамасыз етеді, атап айтқанда:

- қышқылды натрий сульфидінің (4-5) пайыздық ерітіндісімен 1:(45-50) қатынасында араластырғанда реакция колонналарының төменгі бөлігінде күкіртсутек газының түзілуі (реакция (1)), яғни қышқылдың 45-50 бөлігіне натрий сульфидінің бір бөлігі қосылады;

- газ тәріздес күкіртті сутегі рк1 колонналары арқылы жоғары қарай көптеген полиэтиленді қаптамалар арқылы өтетін, үлкен ауданына байланысты (2) және (3) реакциялары бойынша мышьяк және ауыр металдармен жанасады және әрекеттеседі;

Рк1 реакторларының жоғарғы бөлігінде оңтайлы вакуумды сақтау есебінен реакторлардағы қолайлы қысым режимі ;

- в1 цистернасынан ауырлық күшімен берілетін рк1-дегі d1 диспенсерлерін пайдалана отырып, ортофосфор қышқылының оңтайлы шығынын қамтамасыз ету, сол арқылы қышқыл мен газ тәрізді күкіртсутек h2s арасындағы жанасу ұзақтығын реттеу;

- d2 сәйкес мөлшерлеу сорғыларын пайдалана отырып, ks1 реакторларының төменгі бөлігіне жеткізілетін na2s қажетті көлемін қамтамасыз ету;

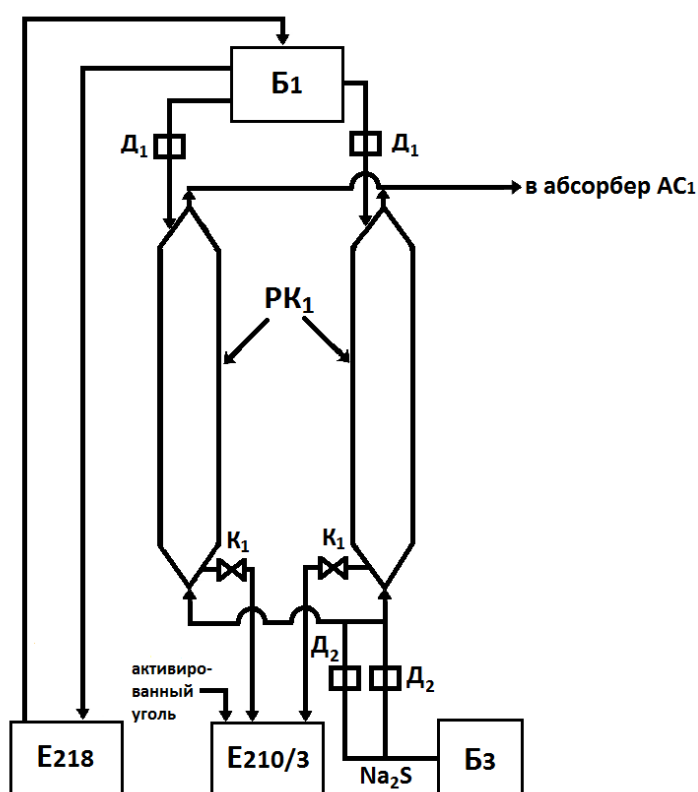
- белсендірілген көмірмен шөгінділердің коагуляциясы орын алатын үш е210/3 резервуарына фосфор қышқылының ағуын қамтамасыз ететін k1 ағызу клапандарын пайдалана отырып, ks1 төменгі бөлігінде ортофосфор қышқылының оңтайлы деңгейін сақтау (ks1 реакторларының көлемінің шамамен 1/7 деңгейінде) .

Технологиялық процестің схемасы күкіртсутек газының көзі ретінде натрий сульфидін пайдалана отырып, ортофосфор қышқылында мышьяк пен қорғасын сульфидтерін тұндыру процесін жүзеге асырудың мұқият ойластырылған тәсілін көрсетеді. Дегенмен, бұл процестің максималды тиімділігіне қол жеткізу үшін параметрлерді дәлірек реттеу қажет, бұл математикалық модельдер мен қазіргі заманғы басқару алгоритмдеріне негізделген оңтайлы басқару жүйесін енгізу арқылы ғана мүмкін болады.

Осылайша, бастапқы фосфор қышқылын, натрий сульфидін және мышьяк пен ауыр металдар сульфидтерінің тұнбалары бар шығарылатын фосфор қышқылын тұтынудың оңтайлы режимдерін, сондай-ақ рк1 жоғарғы бөлігінде оңтайлы манометрлік режимді сақтау арқылы лас қышқылды 90-5%

деңгейінде фосфор қышқылын тазартудың қажетті тереңдігіне қол жеткізуге болады.

Айта кету керек, «қышқылды тазарту тереңдігі» және $ks1$ реакциясының бағандарының «өнімділігі» сияқты көрсеткіштер бір-біріне қайшы келеді: бағандардың «өнімділігі» неғұрлым жоғары болса, соғұрлым «тазарту тереңдігі» көрсеткіші төмен болады. Бұл мынаған байланысты - $v1$ цистернасынан қышқыл шығыны неғұрлым жоғары болса (бұл тұтыну $ks1$ реакторларының өнімділігін анықтайды), $h2s$ күкіртті сутегінің мышьяк және қорғасын қосылыстарымен жанасу ұзақтығы соғұрлым қысқа болады, демек (2) және (3) реакциялардың толықтығы.



2.2-сурет - Мышьяк пен қорғасын сульфидтерін тұндыру процесінің технологиялық схемасы

Мұндағы: $e218$ - фосфор қышқылының резервуары, $v1$ - қысымды резервуар, $pk1$ - реакциялық колонна, $e210/3$ - фосфор қышқылы және белсендірілген көмірі бар үш резервуар, $v3$ - қышқылды дисплейге арналған резервуар, $d12s$ қышқылды ерітіндісі $k1 - ks1$, $d2 - na2s$ ерітінділерінің үлестіргіштерінен қышқылды ағызу шүмектері.

Осыған байланысты, оңтайландыру мәселесі мынадай түрде қойылады: бастапқы қышқыл, Na_2S ерітіндісі және $KS1$ аппаратының төменгі бөлігінен шығарылатын қышқыл суспензиясы, сондай-ақ $KS1$ жоғарғы бөлігіндегі вакуумды қолдану режимдері сақталған жағдайда, фосфор қышқылын тазартудың белгіленген деңгейіне қол жеткізу қажет.

Сонымен қатар, $E218$ резервуарындағы қышқылды қыздыру, $B1$

қысымды резервуарға қышқылды жеткізу, B6 және B4 резервуарларында күйдіргіш сода ерітіндісін дайындау, D2-де дистилденген суды дайындау және E210 резервуарында болатын қоспалардың (мысалы, мышьяк пен қорғасын сульфидтерінің) коагуляциясы сияқты қосымша технологиялық процестер қазіргі уақытта толықтай автоматты басқаруға жатады (А қосымшасына сәйкес). Бұл алгоритмдер таза логикалық, детерминирленген сипатқа ие болғандықтан, оларды әрі қарай жетілдіру немесе оңтайландыру қажеттілігі туындамайды.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, біз KCl реакторларында мышьяк пен ауыр металл сульфидтерін тұндыру процесінің келесі кіріс және шығыс айнымалыларын анықтадық:

X1 – фосфор қышқылының көлемдік шығыны, $m^3/сағ$;

X2 – натрий сульфиді ерітіндісінің көлемдік шығыны Na_2S , $m^3/сағ$;

X3 – KCl , па жоғарғы бөлігінен шығатын газдардың вакуумы;

X4 – KCl реакторларының төменгі бөлігінен қышқыл суспензиясының көлемдік шығыны, $m^3/сағ$;

Y – фосфор қышқылы мен KCl тазарту тереңдігі, %.

Ортофосфор қышқылынан сульфидтер түрінде мышьяк (As) және қорғасынды (Pb) тұндыру процесі а маркалы фосфор қышқылын алу үшін негізгі тазарту сатысы болып табылады. Бұл осы элементтердің сульфидтерінің өте төмен ерігіштігімен түсіндіріледі, бұл тазартудың жоғары дәрежесін қамтамасыз етеді.

Ерітіндідегі мышьяк пен қорғасынның болу формалары

Тұндыру алдында мышьяк пен қорғасынның бастапқы фосфор қышқылында қандай формаларда болуы мүмкін екенін түсіну маңызды:

Мышьяк: табиғи фосфаттарда мышьяк әдетте арсенаттар түрінде кездеседі ($As(V)$), бірақ қышқылдық ортада және қалпына келтіретін агенттердің (мысалы, кейбір органикалық қоспалар, сульфидтер) қатысуымен арсениттердің улы және ұшқыш түріне айналуы мүмкін ($As(III)$). Сульфидті тиімді тұндыру үшін $As(V)$ жиі $As(III)$ дейін алдын ала қалпына келтіруді қажет етеді, өйткені мышьяк ($As(III)$) сульфидтері (As_2S_3) мышьяк ($As(V)$) сульфидтерімен (As_2S_5) салыстырғанда айтарлықтай төмен ерігіштікке және жақсы тұндыру сипаттамаларына ие. Тотықсыздандыру процесін, мысалы, SO_2 немесе басқа тотықсыздандырғыштарды қолдану арқылы жүргізуге болады.

Қорғасын: қорғасын әдетте Pb^{2+} екі валентті иондар түрінде болады. Фосфор қышқылының жоғары қышқылдық ортасында ол еритін комплекстер құра алады, бұл оның толық тұндыру үшін жағдайларды мұқият таңдауды талап етеді.

Тұндыру реакцияларының химиясы

Жоғарыда айтылғандай, негізгі реакция натрий сульфидінің фосфор қышқылымен әрекеттесуіне байланысты күкіртті сутегінің *in-situ* түзілуі болып табылады:

Күкіртсутегінің генерациясы: $Na_2S(ерітінді) + 2H_3PO_4(ерітінді) \rightarrow H_2S \uparrow (газ) + 2NaH_2PO_4(ерітінді)$ бұл реакция гетерогенді

(газ-сұйықтық) болғандықтан, ол тікелей газ түзілуінде негізгі рөлді H_2S атқарады аймақ. Бұл газ тәріздес күкіртті сутегін сақтау және тасымалдаумен байланысты тәуекелдерді барынша азайтады, сонымен қатар ерітіндінің негізгі бөлігінде h_2s дисперсиясына байланысты жоғары реактивтілікті қамтамасыз етеді. Алынған натрий дигидрофосфаты (NaH_2PO_4) ерітіндіде қалады.

H_2S генерациясынан кейін негізгі преципитация реакциялары жүреді:

Мышьяк сульфидінің тұнбасы: $2As(ерітінді) + 3H_2S(газ/ерітінді) \rightarrow As_2S_3 \downarrow(тұнба) + 6H^+(ерітінді) + \text{мышьяк сульфиді} (As_2S_3, \text{орпимент})$ – сары түсті тұнба, қышқыл ортада өте нашар ериді, мышьяқты тиімді жоюға мүмкіндік береді. Иондардың түзілуі рН аздап төмендеуіне әкеледі, бұл оңтайлы жағдайларды сақтау кезінде ескеру маңызды.

Қорғасын сульфидінің тұнбасы:

$Pb(ерітінді) + H_2S(газ/ерітінді) \rightarrow PbS \downarrow(тұнба) + 2H^+(ерітінді) + \text{қорғасын сульфиді} (PbS, \text{галена})$ қара түсті тұнба, оның ерігіштігі өте төмен. Оның жауын-шашыны салыстырмалы түрде қышқыл ортада да тиімді болады.

Мышьяк(V) сульфидінің тұнбасы (бар болса):

$2H_3AsO_4(ерітінді) + 5H_2S(газ/ерітінді) \rightarrow As_2S_5 \downarrow(тұнба) + 8H_2O(сұйықтық)$ \

V) сульфиді (As_2S_5) - сарғыш -қызылт түсті тұнба. Оның жауын-шашыны As_2S_3 -пен салыстырғанда H_2S жоғары концентрациясын немесе ұзақ реакция уақытын қажет етеді. Қоршаған ортаның жоғары қышқылдығы As_2S_5 гидролизіне ықпал ете алатынын атап өту маңызды, сондықтан рН бақылауы өте маңызды.

Седиментация процесіне негізгі факторлардың әсері

Сульфидті тұндыру тиімділігі келесі факторларға байланысты: қоршаған ортаның рН : ең маңызды параметрлердің бірі болып табылады. Әрбір сульфидті тұндыру үшін оңтайлы рН жеке болып табылады. As_2S_3 үшін және PbS , ең жақсы жағдайлар әдетте сәл қышқыл немесе бейтарап ортада болады. Тым қышқыл ортада (фосфор қышқылына тән) сульфидтердің ерігіштігі аздап артып, h_2s генерациясы басылуы мүмкін. Дегенмен, тым жоғары рН басқа қоспалардың (мысалы, темір немесе алюминий гидроксидтерінің) тұнбаға түсуіне немесе жағымсыз реакцияларға әкелуі мүмкін. Сондықтан рН-ны дәл бақылау қажет, мүмкін оны түзету үшін көмекші реагенттерді қолдану арқылы.

Сульфидтеу агентінің (h_2s) концентрациясы: толық тұндыру үшін сульфидтің стехиометриялық артық мөлшері қажет. H_2s жеткіліксіздігі толық тазартылмауға әкеледі, ал артық болса жағымсыз реакцияларға (мысалы, басқа металдармен), газдағы h_2s қалдығының жоғарылауына және қымбат реагент тұтынуының артуына әкелуі мүмкін.

Температура: температураның жоғарылауы әдетте реакция жылдамдығын арттырады, бірақ h_2s ерітіндідегі ерігіштігін төмендетуі және сульфидтердің ерігіштік тепе-теңдігіне әсер етуі мүмкін. Оңтайлы h_2s ерігіштігімен және аз шығынмен жеткілікті реакция жылдамдығын

қамтамасыз ету үшін ымыраға келу қажет.

Байланыс уақыты (тұру уақыты): h_2s және қоспалар арасындағы жеткілікті жанасу уақыты реакцияның толық жүруі және тұнбаның пайда болуы үшін қажет. Тым қысқа уақыт тазартудың толық болмауына әкеледі, тым ұзақ уақыт зауыт өнімділігінің төмендеуіне әкеледі.

Көпіршіктері мен саптаманың конструкциясы арқасында) реагенттердің біркелкі таралуын қамтамасыз етеді, h_2s концентрациясы төмен жергілікті аймақтардың пайда болуына жол бермейді және сұйық және газ фазалары арасындағы тиімді байланысқа, сондай-ақ шөгінділердің пайда болуына ықпал етеді.

Технологиялық схема және оны оңтайландыру аспектілері

Рк1 реакциялық бағандарындағы мышьяк пен қорғасын сульфидтерін тұндырудың ұсынылған технологиялық схемасы мәселені шешудің жақсы ойластырылған тәсілін көрсетеді. Оның элементтерін оңтайландыру мүмкіндіктері тұрғысынан қарастырайық:

Полиэтиленді орауышпен рк1 реакциялық колонналары: буып-түйілген колонналарды таңдау газ тәріздес н арасындағы үлкен жанасу бетін жасау қажеттілігіне байланысты.

2s және сұйық фосфор қышқылы. Полиэтиленді қаптамалар агрессивті ортаға химиялық төзімділігі және жоғары спецификалық беті бар масса алмасудың жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді .

Оңтайландыру: орауыштың түрі мен өлшемін, сондай-ақ орау төсегінің биіктігін өзгерту тиімділікті одан әрі жақсартуға мүмкіндік береді. Интеллектуалды алгоритмдерді кіріс параметрлеріне байланысты орауыштың оңтайлы геометриясын анықтау үшін пайдалануға болады.

Натрий сульфидінің мөлшерлеу жүйесі (d2): натрий сульфиді ерітіндісі мен қышқыл арасындағы 1:(45-50) арақатынасын дәл сақтау өте маңызды.

Оңтайландыру: кіріс мышьяк пен қорғасын концентрациясына және қышқыл өнімділігіне негізделген d2 сорғыларын автоматты басқару на -ның артық тұтынылуын болдырмайды.

2s және толық жауапты қамтамасыз етіңіз. Жоғары дәлдікпен және контроллерге кері байланыспен шығын өлшегіштерді пайдалану міндетті болып табылады. Интеллектуалды контроллер кіріс кедергілеріне байланысты бұл қатынасты динамикалық түрде өзгерте алады.

Қышқылды мөлшерлеу жүйесі (d1): v1 резервуарынан rk1-ге келетін қышқылдың шығынын реттеу зауыттың тұру уақыты мен өнімділігіне тікелей әсер етеді.

Оңтайландыру: бұл параметрді оңтайлы басқару цикліне қосу тазалау сапасын жоғалтпай зауыт өнімділігін ағымдағы өндірістік қажеттіліктерге бейімдеуге мүмкіндік береді.

Манометриялық режим (рк1-дегі вакуум): rk1 реакторларының жоғарғы бөлігінде оңтайлы вакуумды сақтау h шығарындыларының алдын алады.

2s атмосфераға түседі және газ тәріздес н-ның тұрақты сіңіру процесін қамтамасыз етеді

2s сұйық фазада.

Оңтайландыру: жалпы зияткерлік жүйеге біріктірілген қысым сенсорларына негізделген сору жүйелерін немесе вакуумдық сорғыларды автоматты басқару қауіпсіздік пен тиімділікті арттырады.

Rk1-дегі ортофосфор қышқылының деңгейі (k1 арқылы бақылау): бұл параметр реакция аймағының тиімді көлеміне және сәйкесінше реагенттердің нақты тұру уақытына әсер етеді.

Оңтайландыру: кіріс ағынының өзгеруіне және басқа жағдайларға жауап беретін интеллектуалды контроллерлерді пайдалана отырып, деңгейді оңтайлы мәнде (көлемнің 1/7) ұстап тұру процестің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Тұнбалардың белсендірілген көмірмен коагуляциясы (e210/3): бұл соңғы кезең тұнбаны бөлу және мөлдір, таза фосфор қышқылын алу үшін өте маңызды. Белсендірілген көмір, коагуляциядан басқа, қалдық органикалық қоспаларды және басқа да жағымсыз компоненттерді сіңіре алады.

Оңтайландыру: белсендірілген көмірді тұтынуды, араластыру уақытын және осы резервуарлардағы тұндыру уақытын оңтайландыру сүзу қасиеттері жақсы (үлкен, тығыз үлпектер) шөгінді шығарады және шөгіндімен құнды өнімнің жоғалуын барынша азайтады. Зияткерлік алгоритмдер бұл параметрлерді динамикалық реттеу үшін бұлыңғырлық пен бөлшектердің өлшемі деректерін талдай алады.

Процесті басқарудағы қиындықтар мен қиындықтар

Көрінетін қарапайымдылығына қарамастан, мышьяк пен қорғасын сульфидтерін өндірістік жағдайларда тұндыру процесі бірқатар күрделі мәселелермен байланысты:

Көп компонентті орта: мышьяк пен қорғасыннан басқа, ортофосфор қышқылының құрамында h-мен әрекеттесе алатын басқа қоспалар (темір, алюминий, фторидтер, органикалық заттар) болуы мүмкін.

2s немесе na2s, реагент үшін бәсекелеседі немесе тұнбаның қасиеттеріне әсер етеді.

Шламның түзілуі және қасиеттері: алынған тұнбаның сапасы (бөлшектердің өлшемі, тығыздығы, шөгу жылдамдығы) кейінгі бөлудің (сүзу, тұндыру) тиімділігіне үлкен әсер етеді. Бақыланбайтын процесс ұсақ дисперсті, қиын бөлінетін шөгінділердің пайда болуына әкелуі мүмкін.

Реагенттер мен өнімдердің уыттылығы: күкіртсутек пен мышьяк өте улы заттар. Басқару жүйесіндегі кез келген ақаулық қауіпті шығарындыларға немесе ағып кетуге әкелуі мүмкін.

Ортаның коррозиялық қасиеті: ортофосфор қышқылы агрессивті орта болып табылады, ол жабдық материалдарына және олардың беріктігіне қатаң талаптар қояды. Шөгінділердің жиналуы жергілікті коррозияға әкелуі мүмкін.

Экономикалық тәуекелдер: қымбат натрий сульфидін немесе белсендірілген көмірді шамадан тыс пайдалану өнімнің өзіндік құнын айтарлықтай арттыруы мүмкін. Тазалаудың жеткіліксіздігі сапаның жоғалуына және ықтимал айыппұлдарға әкеледі.

Процестің динамикалық сипаты: шикізат жеткізудегі ауытқулар, қоспалардың концентрациясы, температура – мұның бәрі басқару жүйесінен жылдам және дәл жауап беруді талап етеді.

Бұл есептерді шешудегі интеллектуалды алгоритмдердің рөлі

Жоғарыда аталған қиындықтарды ескере отырып, интеллектуалды алгоритмдерді қолдану тек қалаулы ғана емес, оңтайлы басқаруға қол жеткізудің қажетті шарты болып табылады:

Белгісіздікке бейімделу: зияткерлік жүйелер (мысалы, ann немесе анық емес логикаға негізделген) әр ластаушының дәл аналитикалық үлгісін қажет етпей-ақ өзгертін кіріс as және pb концентрацияларын үйреніп, бейімделе алады.

Көп мақсатты нақты уақыттағы оңтайландыру: mpc жүйесіне біріктірілген генетикалық алгоритмдер немесе бөлшектер тобының алгоритмдері өнімнің тазалығы, реагент шығыны және тұнба көлемі арасындағы теңгерімдеу арқылы күрделі оңтайландыру мәселесін шеше алады.

Болжау және болжамды бақылау: ann негізіндегі модельдер ластаушы заттардың концентрациясының немесе тұнба қасиеттерінің өзгеруін болжай алады, бұл бақылау жүйесіне белсенді әрекет жасауға мүмкіндік береді (мысалы, са-ға дейін pa2s беруін арттыру, шығару). Нормадан асып түседі).

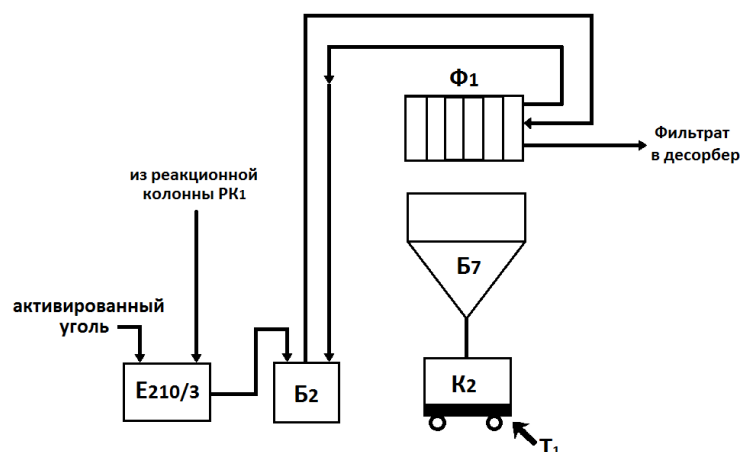
Параметрлерді автоматты түрде баптау: интеллектуалды алгоритмдер контроллердің параметрлерін (мысалы, pid коэффициенттері немесе анық емес логика ережелері) автоматты түрде реттей алады, олардың жұмысын әртүрлі режимдерде оңтайландырады.

Ақауларды диагностикалау және болжау: ann көмегімен деректерді талдау жабдық жұмысындағы ауытқуларды анықтауға немесе техникалық қызмет көрсету қажеттілігін болжауға көмектеседі, осылайша жүйе сенімділігін арттырады.

2.2.1 Кіріс және шығыс айнымалыларды анықтау және фильтрация процесі үшін оңтайлы басқару мәселесін қалыптастыру

Сүзгі престің жұмыс принципі

Сүзгілеу процесінде (2.3-суретке қараңыз) целлюлоза қатар орналасқан тік пластиналар арасында түзілген камераларға жоғары қысыммен жіберіледі. Сүзу циклі барысында пульпаның ішкі қысымы әсер еткен кезде, пластиналар арнайы гидравликалық итергіштер арқылы өзара тығыз жанасатындай етіп қатты қысылып тұрады.



2.3-сурет - Сүзу процесінің технологиялық схемасы

Мұндағы: e210/ - қышқылы және белсендірілген көмірі бар резервуар , в2 - аралық резервуар - дәл, f 1 - сүзгі пресі fmm 65-1000-35-b101, b7 - бункер-шұңқыр, К2 – тұнбаға арналған контейнер, т1 – өздігі жүретін арбша

Целлюлозаға түсетін қысым фильтраттың сүзгі маталары арқылы өтіп, қажетті сусыздандыру деңгейіне жеткенге дейін әсер етеді.

FMM 65 сүзгісі үшін келесі қосымша операциялар қарастырылады:

- алынған тұнбаны диафрагма арқылы сығып, қалдық ылғалдылықты азайту;
- тұнбаны жуу;
- қалдық ылғалдылықты төмендету үшін тұнбаны ауамен үрлеу;
- соңында сүзгі пластиналары ажыратылып, сусызданған целлюлоза шығарылады.

Бұл процесс кезең-кезеңмен жүретін мерзімді сипатта болады және төмендегі әрекеттер ретін қамтиды:

- сүзгі пресінің камераларын жабу;
- камераларды тұнбамен толтыру;
- Қосымша операциялар ретінде:
- тұнбаны диафрагма арқылы сығу / жуу / ауамен үрлеу;
- пластиналарды ашу және сусызданған шламды (тортты) түсіру;
- сүзгі жабдығын қайта қалпына келтіру.
- FMM 65 үлгісіндегі сүзгі-престердің негізгі артықшылықтары:
- қарапайым құрылымы және жоғары сенімділігі;
- негізгі жинақ құрамына шайқау және сүзгі мата жуу құрылғылары енеді;
- тұнбаны түсіру мүмкіндігі;
- сүзгі маталарын қайта қолдануға дайындау мүмкіндігі.

FMM 65-1000-35-B101 үлгісіндегі сүзгі пресі үшін сүзу циклі төмендегі операциялардан тұрады:

- сүзу процесі;
- шөгіндіні сығылған ауамен механикалық түрде сығу;
- тұнбаны жуу;
- шөгіндіні ауамен кептіру;

- орталық арнаны үрлеу;
- тұнбаны түсіру;
- сүзгі жабдығын регенерациялау.

Бұл процестер өте қарапайым, логикалық тұрғыдан анықталған және алдын ала болжанатын сипатта болғандықтан, қосымша жетілдіру немесе оңтайландыруды қажет етпейді.

Фосфор қышқылынан мышьяк пен қорғасынның сульфидтерін тұндырғаннан кейін, тазартылған қышқыл мен сульфидті шөгінділерден тұратын суспензия (пульпа) түзіледі. Жоғары сапалы (А дәрежелі) фосфор қышқылын алу және қатты заттарды сұйық фазадан тиімді бөлу үшін сүзу процесі аса маңызды. Бұл мақсатта ең тиімді және жиі қолданылатын құрылғылардың бірі — фильтр-пресс. Өнім сапасын сақтау, шығынды азайту және өндіріс өнімділігін арттыру үшін сүзгі жұмысына үнемі бақылау жасау қажет.

Сүзгі престің жұмыс істеу принципі және конструкциясы: Сүзгі пресси - қысыммен суспензияларды қатты (шөгінді, торт) және сұйық (фильтрат) фазаларға бөлуге арналған мерзімді құрылғы. Оның конструкциясы мен жұмыс принципі, әсіресе сульфидті шөгіндіге тән қатты фаза концентрациясы салыстырмалы түрде төмен немесе ұсақ дисперсті бөлшектері бар суспензиялар үшін жоғары бөлу тиімділігін қамтамасыз етеді.

2.3-суретте көрсетілгендей (сурет рефератқа қосылады деп болжануда), сүзгі престің негізгі элементтері:

Сүзгі тақталары (рамалары): бұл сүзу камераларын құрайтын негізгі элементтер. Олар агрессивті орталарға (мысалы, полипропилен, тот баспайтын болат, қапталған шойын) төзімді берік материалдардан жасалған және фильтратты дренажға арналған арналары бар.

Сүзгі элементтері (мата): пластиналардың арасына сүзгі матасы (мысалы, полипропилен, лавсан) тартылады, ол сұйықтықтың өтуіне мүмкіндік беріп, қатты бөлшектерге тосқауыл ретінде қызмет етеді.

Гидравликалық итергіш : сүзгі пластинасының орауыштарын бір-біріне қысып, күшті және біркелкі қысуды қамтамасыз ететін арнайы гидравликалық механизм. Бұл іргелес пластиналар арасында тығыздалған қуыстарды (камералар) жасайды.

Тарату жүйесі: целлюлозаны камераларға беру және фильтратты алу үшін арналар мен коллекторлар жүйесі.

Жұмыс принципі:

Целлюлозаны тиеу (толтыру): фильтрация циклінің басында пластиналар гидравликалық итергішпен тығыз қысылған кезде целлюлоза (мышьяк пен қорғасын сульфидтерінің тұнбалары бар фосфор қышқылының суспензиясы) орталық коллектор арқылы жоғары қысыммен пластиналар арасындағы қалыптасқан қуыстарға (камералар) беріледі.

Сүзу: жасалған қысымның әсерінен сұйық фаза (фильтрат – тазартылған фосфор қышқылы) сүзгі матаның кеуектерінен өтіп, пластинкалардың дренаждық арналары арқылы арнайы коллекторға шығарылады. Қатты

бөлшектер (сульфидті шөгінділер) сүзгі матаның бетінде ұсталып, сүзгі тортты деп аталатын қабатты құрайды. Торт матаға жиналып, оның қабаты қалыңдайды, бұл фильтрацияға төзімділіктің жоғарылауына және фильтраттың ағу жылдамдығының төмендеуіне әкеледі.

Торттың қалыптасуы : процесс камералар тортпен толығымен толтырылғанша немесе сүзу жылдамдығы рұқсат етілмейтін төмен деңгейге дейін төмендегенше жалғасады, бұл сүзу кезеңінің аяқталуын білдіреді.

Тортты жуу (міндетті емес): торттан қалған фосфор қышқылын кетіру және торттың тазалығын жақсарту үшін торт арқылы жуу сұйықтығын (мысалы, су) өткізуге болады. Бұл сонымен қатар торт құрамындағы қоспаларды азайтуға көмектеседі.

Тортты престоу (міндетті емес): кейбір сүзгі престерінде (мысалы, мембраналары бар камералық престер) престоу фазасы болуы мүмкін, онда мембраналар үрленеді, тортты қысады және одан әрі сұйықтықты кетіреді, оның ылғалдылығын төмендетеді.

Торттың ағызуы : барлық фазалар аяқталғаннан кейін гидравликалық итергіш қысымды босатады, пластиналар бір-бірінен қозғалады, ал алынған торт (қатты шөгінді) ауырлық күшімен немесе арнайы механизмдердің көмегімен сүзгі пресс камераларынан шығарылады.

Сүзу процесін оңтайландырудың маңыздылығы

А маркалы фосфор қышқылын өндіруде сүзу процесі соңғы өнімнің тазалығы ғана емес, сонымен қатар өндірістің экономикалық көрсеткіштері де тәуелді болатын тар жол болып табылады. Бұл процесті оңтайландыру қажеттілігі келесі факторларға байланысты

Өнімнің сапасы: негізгі мақсат - құрамында суспензияланған бөлшектердің (сульфид қалдықтары) ең аз мөлшері бар а маркалы фосфор қышқылын алу. Жеткіліксіз тиімді сүзу өнімнің ластануына әкеледі, бұл тағамдық санат үшін қолайсыз.

Өнімділік: сүзу – мерзімді процесс. Сүзу циклінің ұзақтығы (тиеу, сүзу, жуу, сығу, түсіру) зауыттың жалпы өнімділігіне тікелей әсер етеді. Оңтайландыру цикл уақытын қысқартуға және уақыт бірлігінде өңделген целлюлоза көлемін ұлғайтуға мүмкіндік береді.

Реагентті тұтыну және өнімнің жоғалуы: оңтайлы емес процесс мыналарға әкелуі мүмкін:

Тортпен фосфор қышқылының жоғалуы : егер торт жеткілікті түрде жуылмаса немесе басылмаса, құнды өнім (фосфор қышқылы) қатты фазада қалады, бұл тікелей экономикалық шығын.

Шаю суын шамадан тыс пайдалану: шаю суын шамадан тыс пайдалану ағынды судың көлемін және оны кейінгі тазартуға арналған энергия шығындарын арттырады.

Жабдықтың тозуы: шамадан тыс сүзу қысымы, дұрыс жұмыс істемеу немесе тым тығыз торттың пайда болуы сүзгі маталарының және сүзгі пресінің механикалық бөліктерінің тозуына әкелуі мүмкін.

Торттың сапасы (оның ылғалдылығы, тығыздығы) оны түсіру және

кейіннен жоюдың қарапайымдылығына әсер етеді. Оңтайлы фильтрация тортты кептіруге және ықшамдауға мүмкіндік береді, бұл оны тасымалдау және кәдеге жарату шығындарын азайтады.

Энергияны тұтыну: целлюлозаны қысыммен беру үшін сорғылардың жұмысы, сондай-ақ сүзгі пресінің гидравликалық жүйелері айтарлықтай энергия шығынын қажет етеді. Режимдерді оңтайландыру бұл тұтынуды азайтуға мүмкіндік береді.

Жауын-шашынның күрделілігі: сульфидті тұнбалар сүзгі шүберегінде тығыз, төмен өткізгіш қабаттар түзіп, сүзуді қиындатады. Олардың жауын-шашынның шарттары (алдыңғы бөлімде талқыланған) торттың қасиеттеріне тікелей әсер етеді.

Кіріс және шығыс айнымалыларды анықтау және оңтайлы басқару есебін құрастыру

Сүзгі пресінің жұмысын тиімді басқару және оңтайландыру үшін негізгі параметрлерді анықтау қажет.

Басқару жүйесі жауап беруі тиіс кіріс айнымалылар (бұзушылықтар):

Целлюлозаның қасиеттері:

$C_{solid,in}$ – целлюлозадағы қатты фазаның (сульфидті тұнба) бастапқы концентрациясы (мас. %). Алдыңғы жауын-шашын кезеңінің тиімділігіне байланысты өзгеруі мүмкін.

D_p – целлюлозадағы бөлшектердің мөлшерінің таралуы (орташа диаметр, дисперсия). Торттың өткізгіштігін анықтайды.

Тұтқырлық

Целлюлоза – целлюлозаның тұтқырлығы.

pH целлюлоза – целлюлозаның pH .

Енгізу сүзгі параметрлері:

P беру – целлюлоза беруінің сүзгі пресіне қысымы (сорғымен қамтамасыз етіледі).

Q беру – сүзгі пресінің кірісіндегі пульпа ағынының жылдамдығы. t целлюлоза – пульпа температурасы. Жүйе белсенді түрде өзгерте алатын басқарылатын айнымалылар:

P фильтрациясы – сүзу қысымы (сорғы немесе реттегіш клапандар арқылы реттеуге болады).

T фильтрация – сүзу циклінің уақыты (немесе сүзу фазасы).

Q жуу – жуу сұйықтығын (суды) тұтыну.

T_{wash} – жуу уақыты.

P_{sygu} – қысу қысымы (мембраналық сүзгі пресі үшін).

T_{sygu} – қысу уақыты.

Жиілік $cake$ – разряд – торт разряд жиілігі (яғни цикл жиілігі).

Шығарылатын айнымалылар (бақыланатын параметрлер мен мақсаттар)

Сүзгі сапасы:

$C_{solid,out}$ – сүзіндідегі қалқымалы қатты заттардың концентрациясы (тазартылған фосфор қышқылы) (mg/l немесе ppm) – азайтылатын негізгі мақсатты параметр.

Бұлыңғырлық фильтрат – фильтраттың лайлылығы (тазалығын жылдам бағалау үшін).

Торттың қасиеттері :

Ылғалдылық торт – торттың ылғалдылығы (массасы %) – азайтуға байланысты.

Тазалық торт – торттың тазалығы (бағалы компоненттердің мазмұны, егер олар торттың құрамында болса).

Өнімділік:

Q фильтрат – фильтрат сыйымдылығы (м³/сағ).

Цикл_уақыты – толық сүзу циклінің ұзақтығы (мин).

Экономикалық көрсеткіштер:

Энергия

Тұтыну – бір циклге энергия тұтыну (кВт/сағ). Химиялық

Los – тортпен фосфор қышқылының жоғалуы (кг).

Жуу_суын_тұтыну – жуу суының шығыны (м).

Сүзу процесін оңтайлы басқару мәселесінің қойылуы

Сүзгі престі оңтайлы басқару мәселесі көп критерийлі оңтайландыру мәселесі ретінде тұжырымдалған:

Торт ылғалдылығын (ылғал) азайта отырып, сүзгі престің өнімділігін (q фильтраты) және фильтраттың тазалығын (с қатты, ықшамдатылған) арттырыңыз. Торт), тортпен фосфор қышқылын жоғалту және жуу суын тұтыну, сонымен қатар энергия шығынын азайту және барлық технологиялық шектеулерді сақтау.

Математикалық тұрғыдан мұны j мақсаттық функциясын оңтайландыру ретінде көрсетуге болады:

Минимизация $j = w_1 \cdot c \text{ қатты, сырттан } + w_2 \cdot \text{ылғалдылық торт} + w_3 \cdot \text{химиялық шығын} + w_4 \cdot \text{жуу_суы_тұтынуы} - w_5 \cdot q \text{ фильтрат} + i \sum \text{айыппұл мен}$

Сағат сәйкестік келесі шектеулер :

C қатты, сыртқа $\leq c$ қатты, макс_норма (максимум қолайлы шоғырлану салмақты бөлшектер в тамақ қышқыл) ылғалды торт $\leq$ ылғалдылық торт, макс (талаптар кімге ылғалдылық кекка үшін ыңғайлы пайдалану) р фильтрация, мин $\leq r$ фильтрация $\leq r$ фильтрация, макс (қолайлы диапазон қысым фильтрациялар)

T сүзу, мин $\leq t$ сүзу $\leq t$ сүзу, макс (технологиялық диапазон уақыт фильтрация) $q_{\text{filtrate, min}} \leq q_{\text{фильтрат}}$ (талап кімге минималды өнімділік) айыппұл

I – басқа технологиялық параметрлерді бұзғаны немесе циклдің рұқсат етілген уақытынан асып кеткені үшін айыппұлдық функциялар.

Салмақ факторлары w_i әрбір критерийдің басымдылығын анықтау. Мысалы, өнім сапасына (төмен лайлылық) әдетте ең жоғары басымдық беріледі, одан кейін өнімділік пен экономикалық тиімділік.

Сүзуді оңтайландыру үшін интеллектуалды алгоритмдерді пайдалану

Сүзу процесінің күрделі, динамикалық және сызықты емес сипаты, сондай-ақ көптеген параметрлердің өзара байланысы оны интеллектуалды

басқару алгоритмдерін қолдану үшін тамаша үміткер етеді:

Бейімделетін қысымды және сүзу уақытын бақылау: тарихи деректерге үйретілген интеллектуалды жүйелер кіріс пульпаның өзгеретін қасиеттеріне (концентрация, бөлшектердің өлшемі, тұтқырлық) байланысты сүзу фазасының оңтайлы қысымы мен ұзақтығын болжай алады. Бұл сүзгі матасына зақым келтіруі мүмкін шамадан тыс қысымды болдырмайды және циклдің мерзімінен бұрын аяқталуын болдырмайды.

Жуу және айналдыруды оңтайландыру: ann немесе анық емес логиканы жуудың оңтайлы ағыны мен уақытын анықтау үшін пайдалануға болады, өнімнің жоғалуын барынша азайтады, сонымен бірге жууға арналған суды тұтыну мен цикл уақытын азайтады.

Болжалды басқару: ann немесе басқа машиналық оқыту әдістеріне негізделген модельдер кіріс деректері негізінде торттың түзілуін немесе өткізгіштігінің төмендеуін болжай алады, бұл басқару жүйесіне параметрлерді (мысалы, қысым, қоспалар) белсенді түрде реттеуге мүмкіндік береді.

Өзін-өзі диагностикалау және тозуды болжау: интеллектуалды алгоритмдерді пайдалана отырып, сүзгі пресстерінің деректерін (қысым, ағын, температура, лайлылық) талдау бітелген сүзгі матасын, пластинаның зақымдалуын немесе басқа ақауларды көрсететін ауытқуларды анықтай алады, техникалық қызмет көрсету қажеттілігін болжайды.

Циклды жоспарлауды оңтайландыру: бірнеше сүзгі пресстері үшін интеллектуалды алгоритмдер олардың жүктемесі мен қолжетімділігіне негізделген тазартылған фосфор қышқылының үздіксіз ағынын сақтау үшін олардың кестесін оңтайландыра алады.

Оқытуды күшейту үйрену): rl агенті жоғары өнімділік пен сүзгі тазалығы үшін «сыйлықтар» және ресурстарды шамадан тыс пайдалану немесе рұқсат етілген концентрациядан асып кеткені үшін «айыппұлдарды» ала отырып, бүкіл сүзгі басу циклін оңтайландыруға үйретілуі мүмкін.

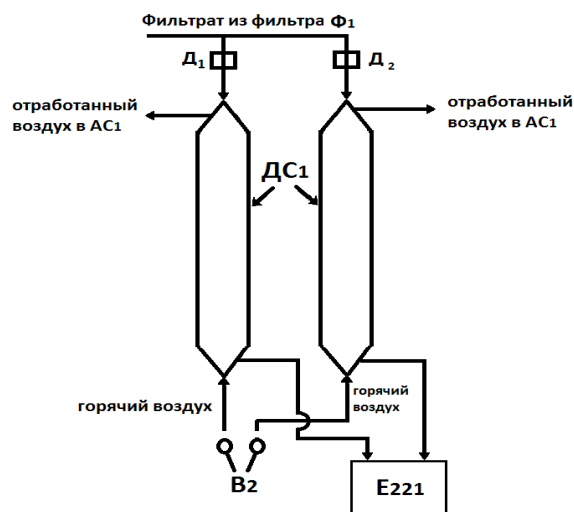
Сүзгі прессін басқарудың интеллектуалды жүйелерін енгізу мышьяк пен қорғасын сульфидтерін бөлу процесінің тиімділігін айтарлықтай арттырады, а маркалы фосфор қышқылының тұрақты жоғары сапасын қамтамасыз етеді, операциялық шығындарды азайтады және химиялық өндірістің жалпы өнімділігін арттырады.

2.2.2 Кіріс және шығыс айнымалыларды анықтау және фильтраттан күкіртсутекті десорбциялау процесін оңтайлы басқару есебін құру.

F1 сүзгісінің шығысындағы фильтратта газ тәрізді еріген күкіртсутек сақталады. Сүзінді негізінен тауарлық фосфор қышқылынан тұратындықтан, ондағы H_2S қалдықтарын жою қажет, себебі бастапқы күкіртсутек концентрациясының шамамен 10–15%-ы әлі де қалады.

Қышқылдан қалған күкіртсутекті жою процесі екі десорбер — DS1-де жүзеге асырылады. Бұл — ішінде қалпақшалары бар пластиналар орнатылған тік цилиндрлік аппараттар. Қышқыл жүйеге жоғарыдан енгізіледі, ал төменгі жағынан B2 ыстық ауа үрлегіш арқылы берілетін қыздырылған ауа жеткізіледі

(4-суретке қараңыз). Осы әсерден күкіртсутек сұйық фазадан бөлініп шығады да, H_2S -ті жою үшін АС1 абсорберіндегі пайдаланылған газдармен бірге шығарылады. Ал тазартылған қышқыл өз салмағымен дайын өнімге арналған Е221 резервуарына ағып түседі. 2.4-суретте күкіртсутекті десорбциялау процесінің технологиялық сұлбасы берілген.



2.4-сурет – Күкіртсутекті десорбциялау процесінің технологиялық сұлбасы

Қышқылдану процесі келесі элементтер арқылы іске асады: ds1 – екі десорбер, v2 – ыстық ауа үрлегіш, D1 және d2 – фильтрат ағынының датчиктері, ал e221 – дайын өнім жиналатын резервуар.

Қалдық күкіртті сутектің булануы tfc өндірістік цехынан келетін 60°-90°С температурадағы ыстық ауаның әсерінен фосфор жану кезінде жүреді. Ауа жүйесіндегі қысым айналмалы демпфер арқылы қашықтан басқарылып реттеледі, ал температура – жылу алмастырғыштағы бу қысымын өзгерту арқылы бақыланады.

Күкіртсутекті үрлеу сапасын бағалау органолептикалық әдіспен (яғни, иіс арқылы) жүргізіледі. Сонымен қатар, ауа құбыры арқылы десорберге келетін ауа қысымы мен температурасы, сондай-ақ тарату коллекторындағы сығылған ауаның шығыны үнемі қадағаланады. Ds1 десорберінен ac1 абсорберіне баратын ауа жүйесіндегі вакуум деңгейі де бақыланады. Белгілі бір мерзімдерде e221 резервуарындағы қышқыл құрамындағы негізгі компоненттерге аналитикалық тексеріс жасалады; егер өнім сапасы талапқа сай болмаса, ол қайта өңдеу үшін e218 резервуарына жіберіледі.

Фосфор қышқылы фильтратынан күкіртті сутектің десорбциясын талдау бұл процестің келесі кіріс және шығыс параметрлерін анықтайды:

X1 – f1 сүзгісінен алынған фосфор қышқылы фильтратының көлемдік шығыны ($m^3/c\alpha$),

X2 – v2 үрлегіштен шығатын ыстық ауаның көлемдік шығыны ($m^3/c\alpha$),

X3 – үрлегіштен шыққан ауаның температурасы (°C),

Y – фосфор қышқылын тазалау тереңдігі (%).

Күкіртті сутекті десорбциялау процесіндегі басты мақсат – «А» маркалы тауарлық фосфор қышқылының сапасын тұрақты сақтау. Бұл ретте, ГОСТ талаптарына сай бола отырып, операторлар зауыттағы энергия шығынын қысқартуға тырысады, атап айтқанда – ыстық ауа арқылы жоғалатын жылу мөлшерін азайтуға ұмтылады. Осыған байланысты, десорбция процесін оңтайландырудың мәні келесідей тұжырымдалады: тауарлық фосфор қышқылының қажетті сапасын сақтай отырып, ыстық ауамен бірге кететін жылу шығынын барынша азайту.

Айта кету керек, бұл шығынды тек ыстық ауаның көлемін (ағынын) реттеу арқылы басқаруға болады, себебі ауа температурасына тікелей әсер ету мүмкін емес.

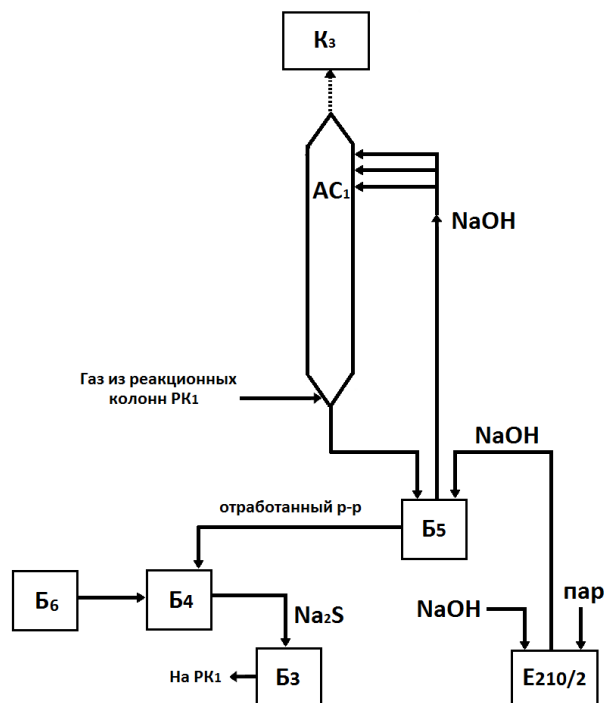
Осылайша, оператор x_1 – фильтрат ағыны мен x_3 – ыстық ауа температурасына сүйене отырып, x_2 – ыстық ауаның шығынын минималды деңгейде ұстап, қышқыл сапасының «А» маркасына сай болуын қамтамасыз етуге тырысады.

Сондықтан да, бұл процесті дәл осындай тәсілмен басқара алатын интеллектуалды басқару алгоритмін жасап шығару қажет. Бұл алгоритм тәжірибелі оператордың (сарапшының) «сандық егізі» рөлін атқарып, тиімді басқару шешімдерін қабылдай алады.

2.2.3 Кіріс және шығыс айнымалыларды анықтау және күкіртсутекті адсорбциялау процесі үшін оңтайлы басқару есебін құру

Газ немесе бу қоспасынан қажетті компоненттерді еритін сұйық абсорбент арқылы таңдаулы сіңіру – абсорбция процесі деп аталады. Бұл процестердің сипаттамалары олардың статикасы мен кинетикалық параметрлеріне негізделеді. Абсорбцияның статикасы – газ бен сұйық фазалардың ұзақ уақыт өзара әрекеттесуі нәтижесінде орнаған тепе-теңдік жағдайын сипаттайды. Ал абсорбцияның кинетикасы жүйенің тепе-теңдік күйінен ауытқу дәрежесіне, абсорбер мен газ құрамындағы компоненттердің физикалық-химиялық қасиеттеріне және фазалардың бір-бірімен жанасу әдісіне байланысты. Абсорбциялық процестерді іске асыру үшін арнайы абсорбциялық қондырғылар пайдаланылады, олардың басты бөлігі – абсорбциялық аппарат. Бұл курстық жобада қарастырылған сіңіру бағанасы құрамында сутегі бар газды тазартуға арналған. Тазартылған газ кейіннен дистиллят пен қалдық мұнай фракцияларын өндеуге арналған мұнайды гидротазалау қондырғысында қолданылады. Бұл фракциялар алдын ала парафинизациядан өткен. Майларды гидротазалау процесі күкірт пен кокс мөлшерін төмендетіп, өнімнің тұрақтылығы мен түсін жақсартады. Аталған жағдайда қолданылған абсорбер – пластиналы типке жатады және оның қақпағында бір ағынды пластиналар орнатылған. Шағын бағаналар, қысыммен, қарапайым сыйымдылық құрылғылары ретінде есептеледі, ашық ауада орнатылған үлкен бағандар жауапты құрылымдар болып табылады. Олар қысымның, ауырлық күшінің және жел жүктемелерінің бірлескен әрекеті үшін есептелуі керек. Салмақ жүктемесі тік қысу күшін тудырады. $Q_{\max}$

бағанының максималды массасы мен q_{min} бағанының ең аз массасы арасында айырмашылық жүргізіледі. Максималды салмақ құрылғының өзінің салмағынан, бағанға тірелген барлық құрылымдардан, оқшаулаудан және қондырғыны гидравликалық сынау кезіндегі сұйықтықтан тұрады. Құрылғының ең аз салмағы - ішкі құрылғылары жоқ бос құрылғы.



2.5-сурет – Газдарды сіңіру процесінің технологиялық схемасы.

Суретте көрсеткен: AC1 – абсорбер, K3 – тамшы ұстағыш, B6 – тазартылған суға арналған ыдыс, B4 – Na_2S ерітіндісін дайындайтын резервуар, B5 – NaOH ерітіндісін дайындау үшін арналған цистерна, B3 – дайын Na_2S ерітіндісін сақтауға арналған резервуар, E210/2 – NaOH қабылдауға арналған ыдыс.

Десорберлер мен PK1 реакциялық колонналарынан бөлінетін газдарды, әсіресе күкіртсутекті (H_2S) тазарту мақсатында AC1 абсорбері қолданылады (2.5-суретке жүгініңіз). Абсорбент ретінде B5 резервуарында дайындалатын каустикалық соданың 8-10%-дық ерітіндісі пайдаланылады. 8-цехтан 44%-дық NaOH ерітіндісі эстакада арқылы E210 қабылдау ыдысына жеткізіліп, сол жерден қажетті мөлшер B5 цистернасына жіберіліп, 10%-дық ерітіндіге дейін сұйылтылады. Сұйылту үшін қажетті дистилденген су B6 резервуарынан алынады.

Абсорбциялық ерітінді сорғы арқылы AC1 абсорбері мен B5 циркуляциялық ыдысы арасында айналымда болады. Осы процесте газ тәріздес H_2S пен сілтілік NaOH ерітіндісі арасында бейтараптандыру реакциясы жүреді. NaOH ерітіндісі жүйеде үздіксіз айналымда жүргенде, газ тәріздес H_2S пен сұйық NaOH өзара әрекеттесіп, ерітінді біртіндеп бейтараптанады. Сілтінің концентрациясы 1-2%-ға дейін төмендегенде, ерітінді жұмсалды деп есептеледі. Осы кезде Na_2S ерітіндісі циркуляциядан

алынып, В4 ыдысына бағытталады – мұнда ол мышьяк пен қорғасын сульфидтерін тұндыруға арналған реакциялар (1-4) үшін қайта қолданылады. Na_2S ерітіндісі В3 цистернасы арқылы процестің басына қайтарылады.

Егер В5 ыдысындағы Na_2S деңгейі төмендесе, ағызу тоқтатылады. Осыдан кейін В210/2 резервуарынан концентрлі NaOH және дистилденген су қосылып, жаңа суару ерітіндісі дайындалады.

NaOH негізіндегі сілтілік ерітінді арқылы газ тәріздес H_2S -ті сіңіру (абсорбция) технологиясын сараптау бұл процестегі негізгі кіріс және шығыс параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді:

Десорберлер мен РК1 реакциялық колонналарынан шығатын H_2S газдарының көлемдік шығыны ($\text{м}^3/\text{сағ}$);

В5 ыдысынан NaOH ерітіндісінің көлемдік шығыны ($\text{м}^3/\text{сағ}$);

В5 цистернасындағы NaOH ерітіндісінің концентрациясы (%);

Y – тазартылған газдардағы H_2S -ті жою деңгейі (%).

Десорбция процесі дискретті-үздіксіз сипатта жүреді: NaOH ерітіндісі жүйеде үздіксіз айналып, концентрациясы 1-2%-ға дейін азайған кезде жаңа, 10%-дан жоғары концентрациялы ерітінді дайындалады. Сондықтан мұндай процесс үшін дәстүрлі (дискретті-үздіксіз) модель негізінде басқару қолайлы болып табылады.

Фосфор қышқылынан h_2s десорбцияланғаннан кейін, мен тазалау процесінің келесі маңызды қадамына тап болдым: әлі де күкіртсутегімен жүктелген газ ағыны атмосфераға шығарылғанға дейін өте төмен концентрацияға дейін төмендетілуі керек еді. Осы мақсатта мен адсорбция процесін таңдадым, бұл біздің кешенді тазарту жүйеміздің соңғы сатысы болып табылатын газ тәрізді қоспалардың іздік мөлшерін жоюдың жоғары тиімді әдісі.

Мен ескерген адсорбция процесінің физика-химиялық принциптері

Адсорбат, бұл жағдайда h_2s қатты дененің (адсорбент) бетінде тартылып, ұсталатын процесс екенін түсіндім. Мен бұл процестің экзотермиялық екенін білдім және мен үшін адсорбцияның екі негізгі түрін ажырату маңызды болды:

Физикалық адсорбция (физсорбция): мен оның әлсіз молекулааралық күштердің әсерінен болатынын және қайтымды екенін түсіндім, бірақ менің мақсаттарым үшін тереңірек тазарту қажет болды.

Химиялық адсорбция (хемосорбция): h_2s жою үшін мен хемосорбцияға қабілетті адсорбенттерге назар аудардым (мысалы, әртүрлі реагенттермен модификацияланған белсендірілген көмірлер; металл оксидтері), өйткені бұл айтарлықтай тереңірек тазартуды және маған қажет селективтілікті қамтамасыз етеді.

Мен сондай-ақ адсорбциялық сыйымдылық (адсорбент ұстай алатын h_2s максималды мөлшері), адсорбция изотермасы, адсорбция динамикасы (адсорбент уақыт бойынша қалай қанықтырады) және бақылау үшін ең маңыздысы, h_2s серпіліс құбылысы (шығу концентрациясы жоғарылайтын нүкте) сияқты негізгі адсорбция сипаттамаларын қарастырдым. Және, әрине,

мен қаныққаннан кейін адсорбент регенерацияны қажет ететінін түсіндім - оның адсорбциялық қабілетін қалпына келтіру процесі. Мен әдетте бекітілген төсек бағаналы аппарат болып табылатын $ас1$ сіңіргішіне назар аудардым (4-суретті қараңыз, мұнда бұл құрылғы бейнеленген деп ойлаймын). Мен циклді түрде жұмыс істейтін екі немесе одан да көп адсорбциялық бағандарды пайдалануды қарастырдым. Бұл процесс үздіксіздігін қамтамасыз ете отырып, бір бағанды адсорбциялық режимде болған кезде қалпына келтіруге мүмкіндік береді.

Жұмыс принципі:

H_2s қалдығы бар $ds1$ десорберлерінен газ ағыны $ас1$ -ге түседі. H_2 молекулалары адсорбцияланады, ал тазартылған газ барлық экологиялық стандарттарға сәйкес келетін адсорберден шығады.

Регенерация фазасы: критикалық қанықтылыққа жеткенде (немесе есептелген уақытта), мен газ ағынын басқа, әлдеқашан қалпына келтірілген бағанға автоматты түрде ауыстыруды қамтамасыз еттім. Қаныққан баған қалпына келтіру үшін жұмыстан шығарылады, оған ыстық газ немесе бумен тазарту кіреді.

Салқындату фазасы: ыстық регенерациядан кейін мен адсорбентті циклге қайтармас бұрын оның суығанын қамтамасыз еттім.

Белсендірілген көмірдің h_2s адсорбциясы үшін әдетте қолданылатынын, кейде тиімділікті арттыру үшін сіңдірілгенін ескердім. Маған адсорбция процесін оңтайлы бақылау тек қалаулы ғана емес, сонымен қатар бүкіл а дәрежесіндегі фосфор қышқылы жобасының табысты болуы үшін маңызды екені анық болды.

Қатаң экологиялық стандарттар: менің басты мақсатым - айыппұлдар мен қоршаған ортаға теріс әсер етуді болдырмау үшін атмосфераға h_2s шығарындылары әрқашан шекті рұқсат етілген концентрациядан төмен болуын қамтамасыз ету.

Экономикалық тиімділік: адсорбенттер қымбат, ал регенерация энергияны қажет етеді. Менің мақсатым адсорбенттің қызмет ету мерзімін ұлғайту және регенерация үшін энергияны тұтынуды оңтайландыру арқылы осы шығындарды азайту болды.

Қауіпсіздік: h_2s улы және тұтанғыш екенін есіме түсірдім. Бақыланбайтын h_2s бөлінуінің алдын алу персонал қауіпсіздігі және жазатайым оқиғалардың алдын алу мәселесі болып табылады.

Процестің тұрақтылығы: мен нақты өндірісте сөзсіз кіріс газының h_2s концентрациясының, ағынының жылдамдығының немесе температурасының ауытқуларына қарамастан тұрақты жұмыс істейтін жүйені жобаладым.

Кіріс және шығыс айнымалыларды анықтау және оңтайлы басқару мәселесін тұжырымдау адсорбцияны басқарудың тиімді жүйесін құру үшін мен барлық параметрлерді нақты анықтадым.

Менің жүйем жауап беруі тиіс кіріс айнымалылары (бұзулар) : $c_{h_2s, in}$ – адсорбцияға түсетін газдағы күкіртсутегінің концентрациясы. Бұл басты алаңдаушылық, q газ, in – көлемдік газ шығынының жылдамдығы.

Адсорбенттің жасы – адсорбенттің қартаю немесе деактивация дәрежесі.
Мен басқара алатын бақыланатын айнымалылар
(адсорбция/регенерация циклінің параметрлері):

T адсорбция – адсорбция циклінің ұзақтығы.

Q regen_ agent – қалпына келтіретін агентті тұтыну.

T regen_ agent – қалпына келтіретін агент температурасы.

T регенерация – регенерация фазасының ұзақтығы.

Flow_ direction – газ ағынының бағыты.

Бағандар арасында ауысу: бұл жүйе автоматты түрде орындауы тиіс дискретті басқару әрекеті.

Мен бақылайтын және оңтайландыратын шығыс айнымалылары
(басқару параметрлері мен мақсаттары):

Ch2 s, out – тазартылған газдағы күкіртсутегінің соңғы концентрациясы менің басты мақсатым болып табылады, мен оны өте төмен мәндерге дейін азайтуға тырысамын.

Қысымның тамшысы – адсорбция қабатындағы қысымның төмендеуі (бітелу индикаторы).

Adsorbent_ saturation – адсорбенттің нақты қанығу дәрежесі.

Энергия regen – регенерацияға арналған энергияны тұтыну – оны барынша азайтқым келеді.

Adsorbent_ life - адсорбенттің нақты қызмет ету мерзімі - мен мұны барынша арттырғым келеді.

Мен as1 адсорберін оңтайлы басқару мәселесін күрделі көп критерийлі есеп ретінде тұжырымдадым:

Менің мақсатым – адсорбер шығысындағы күкіртті сутегінің концентрациясын (ch2 s, out) қажетті экологиялық стандарттарға дейін азайту, бұл ретте эксплуатациялық шығындарды (регенерацияға жұмсалатын энергия шығыны, регенерациялаушы реагенттерді тұтыну) және адсорбенттің қызмет ету мерзімін барынша ұзарту (adsorbent_ life) , қондырғының қауіпсіз жұмыс істеуін қамтамасыз ету.

Математикалық тұрғыдан бұл j мақсатты функциясын оңтайландыруға ұқсайды:

Минимизация $j = w_1 \cdot ch_2 s, out + w_2 \cdot \text{энергия regen} - w_3 \cdot \text{адсорбент}_life + i \sum \text{айыппұл } i$ мен келесі шектеулерді бердім: $ch_2 s, out \leq ch_2 s, pdk$ (катаң экологиялық стандарттар). Ауқымдар q газы үшін ,in , t regen_ agent , t адсорбция , t регенерация. P қысым_төмендеу $\leq$ p қысым_төмендеу , макс (үшін алдын алу зақымдану). Айыппұл функциялары (пенальти i) басқа технологиялық параметрлерді бұзғаны үшін. Сондай-ақ мен салмақ факторлары w i әрбір критерийдің басымдылығын көрсетуі керек екенін түсіндім және мен үшін экологиялық стандарттарға сәйкестік (ch2s, out) әрқашан бірінші орында тұрды.

3 ОҢТАЙЛЫ АДСОРБЦИЯНЫ БАСҚАРУ ҮШІН ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ АЛГОРИТМДЕРДІ ҚОЛДАНУ

Классикалық басқару әдістері (pid контроллерлері) адсорбция процестерінің сызықты еместігін, динамизмін және дискреттілігін тиімді жеңе алмайтынын түсіндім. Сондықтан мен интеллектуалды алгоритмдерге бет бұрдым және практикалық нәтижелеріме tia portal , nntool және fuzzy арқылы қол жеткіздім. Matlab логикасы бұл тәсілдің дұрыстығын растады.

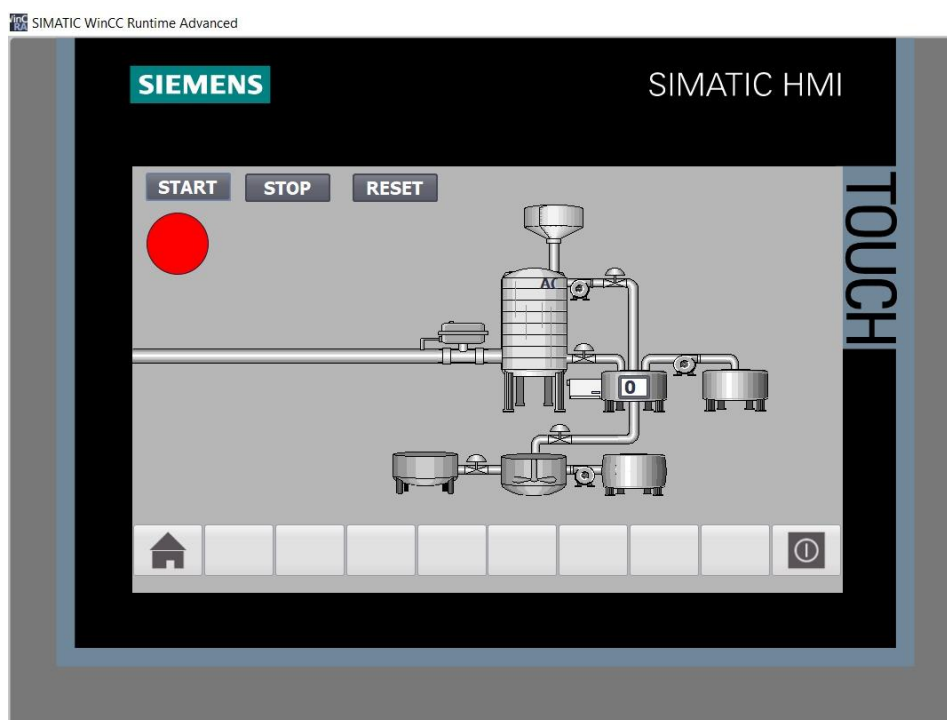
3.1 Tia portal порталдағы модель және симуляциясы

Тәжірибелік жұмысымның бір бөлігі ретінде tia порталында адсорбция процесінің үлгісін жасадым . Мен үшін бұл виртуалды сынақ алаңы болды, онда мен әзірлеген күрделі басқару алгоритмдерін қауіпсіз түрде тексеріп, жөндеуге болатынмын. Бұл маған мүмкіндік берді:

Нақты жабдыққа қауіп төндірмей, әртүрлі жұмыс сценарийлерін және бақылау әрекеттерін қауіпсіз сынақтан өткізіңіз.

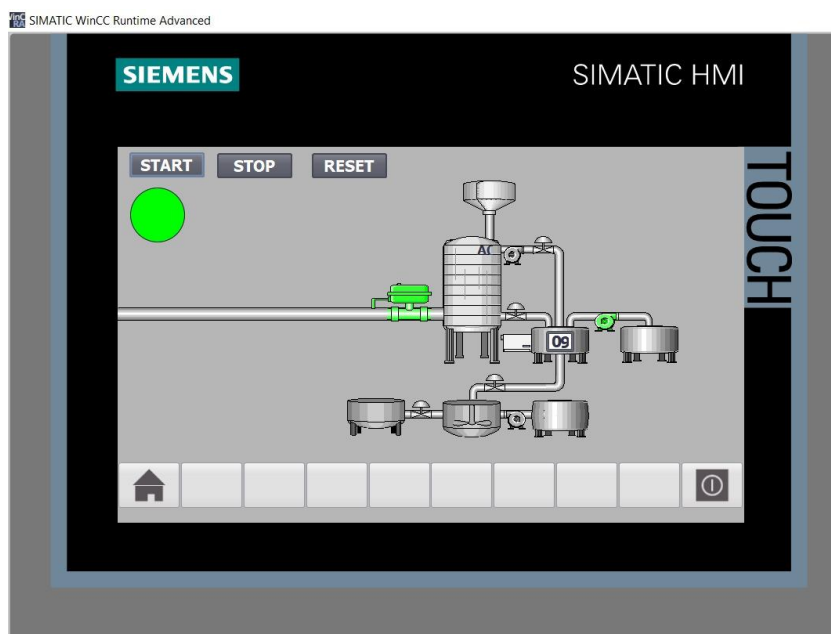
Имитировать динамическое поведение адсорбера под воздействием меняющихся входных условий, таких как колебания концентрации h_2s или расхода газа.

3.1-суретте адсорбция процесінің tia portal дағы моделі көрсетілген. экранда көрсетілгендей start басатын болсақ жүйе іске қосылатын болады, stop батырмасын басатын болсақ жүйе толық тоқтайды, reset батырмасы жүйені басынан бастауға көмектеседі



3.1-сурет– Адсорбция процессінің tia portalдағы визуализациясы

3.2-суретте включенный модель адсорбционного процесса в tia portal, экранда көрсетілгендей start басақандағы жүйе іске қосылғаны көрсетілген.



3.2-сурет - START tia порталындағы адсорбция процесінің үлгісі

Барлық негізгі параметрлерді – ағындарды, концентрацияларды, қысымдарды, адсорбент күйлерін елестетіңіз, олар түсіну және реттеу үшін өте құнды болды.

Адсорбциялық бағандар мен регенерацияны басқару арасында ауысу логикусын біріктіріңіз, содан кейін оны нақты plc-ге тікелей жүктеуге болады.

3.3 - суретте tia портал негізгі ob 1 тағы көрсетілген

Tia порталында «ob1» (ұйым блогы 1) plc (бағдарламаланатын логикалық контроллер) циклдік түрде орындалатын негізгі бағдарлама блогы болып табылады. Бұл пайдаланушы бағдарламасының жүрегі, мұнда әдетте негізгі басқару коды орналасады және басқа функционалды блоктар (fb) және функция объектілері (fc) шақырылады.

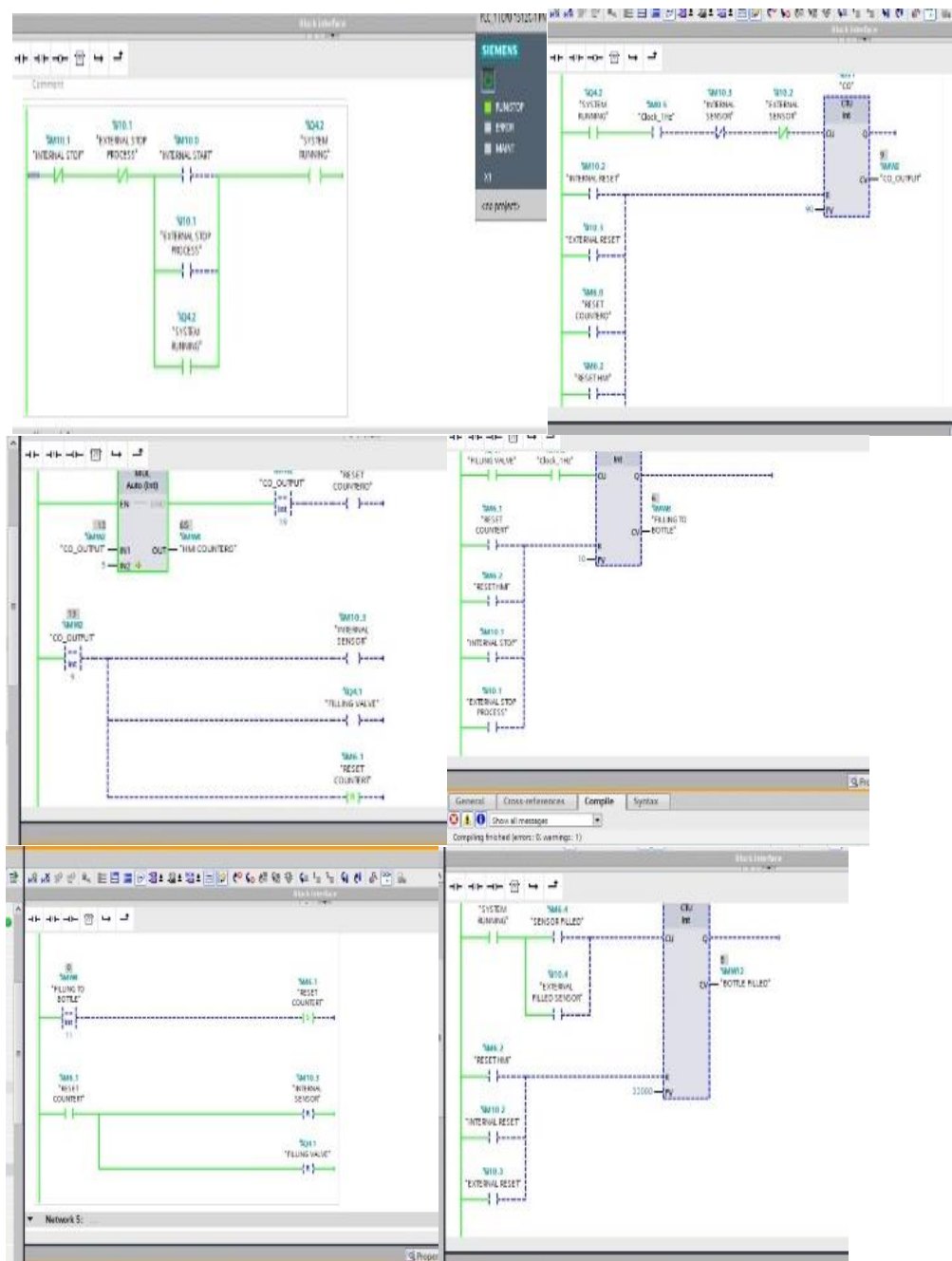
Ob1 негізгі сипаттамалары мен мақсаты:

Циклдік орындалу: ob1 plc операциялық жүйесімен қайта-қайта шақырылады, бұл бағдарламаның үзіліссіз орындалуын қамтамасыз етеді. Бұл операциялық жүйенің барлық қажетті тапсырмалары мен басқа басымдықты об орындалғаннан кейін орын алады.

Негізгі басқару ағыны: ob1 -де бағдарламашы әдетте бағдарламаның барлық басқа бөліктеріне қоңырауларды ұйымдастырады. Бұл процестің белгілі бір бөліктерін басқару, деректерді өңдеу, диагностикалау және т.б. Үшін функционалды блоктарды шақыру болуы мүмкін.

Басымдық: ob1 ұйым блоктары арасында ең төменгі басымдыққа ие. Бұл жоғары басымдықпен об орындауды талап ететін оқиғалар орын алса (мысалы, қателерді өңдеу об, уақытша об, жоғары жылдамдықпен циклдік об), ob1 орындалуы үзіліп, содан кейін қайта жалғасады дегенді білдіреді.

Кіріс және шығыс аймақтары: әрбір ob1 орындау циклінің алдында plc кіріс кескін жадына физикалық кірістердің күйлерін оқиды (процесс сурет кіріс) және ob1 орындағаннан кейін шығыс кескін жадының күйлерін жазады (процесс сурет шығыс) физикалық шығыстарға. Бұл деректердің әрбір циклге қатысты болуын қамтамасыз етеді.



3.3-сурет – Tia порталының негізгі ob1

Порталындағы бұл модель мен үшін сенімділік пен болжамдылықты қамтамасыз ететін интеллектуалды басқару жүйемді әзірлеу және сынау үшін іргелі негіз болды.

3.2 Nntool көмегімен нейрондық желілерді оқыту

Мен nntool (neural желі тәжірибесі порталындағы егжей-тегжейлі модельдеуден немесе эксперименттік өлшемдерден алынған деректерге нейрондық желіні үйрету үшін matlab жүйесінде құралдар жинағы). Бұл нейрондық желі мен үшін адсорбердің дәл болжамды үлгісі болды.

Nntool — neural сөзінің қысқартылған нұсқасы желі matlab бағдарламалық құралының бөлігі болып табылатын toolbox™.

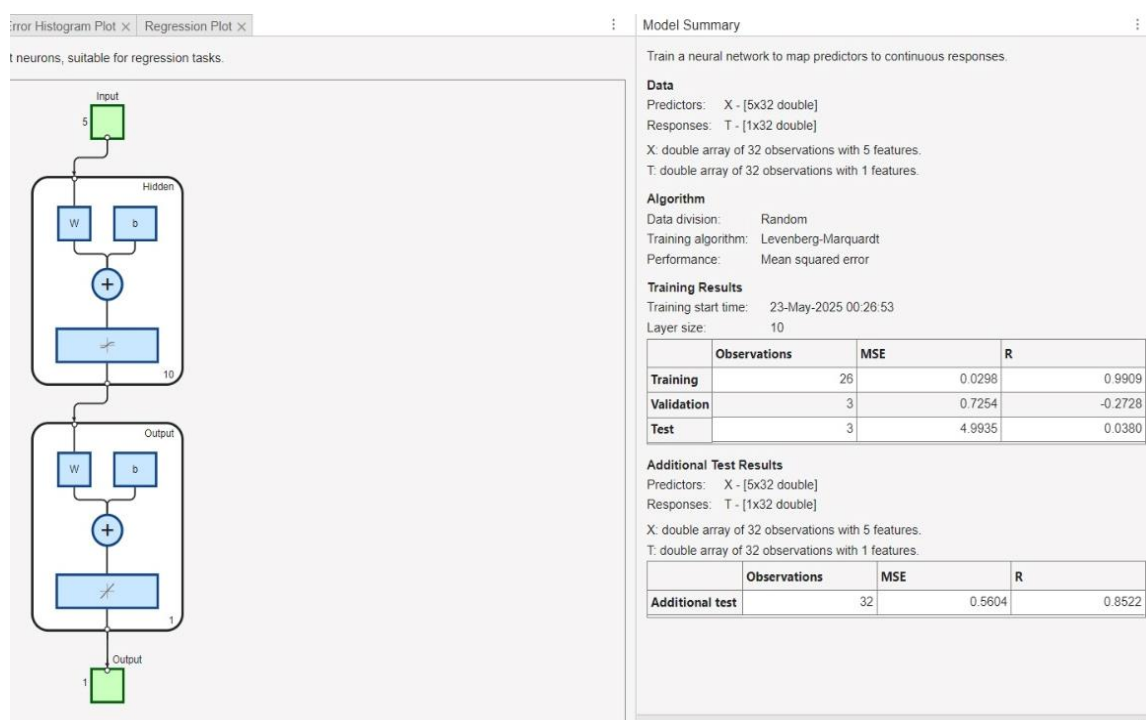
Бұл құралдар мен функциялардың арнайы жиынтығы:

Нейрондық желілерді құру және оқыту: nntool әртүрлі нейрондық желі архитектураларын әзірлеуге арналған функцияларды қамтамасыз етеді, мысалы, көп қабатты перцептрондар (mlp), радиалды негіздік функциялар (rbf), қайталанатын желілер, өздігінен ұйымдастырылатын карталар және т.б.

Әртүрлі есептерді шешу үшін нейрондық желілерді қолдану: жіктеу, регрессия, кластерлеу, үлгіні тану және уақыттық қатарларды болжау мәселелерін қамтиды.

Желінің өнімділігін визуализациялау және талдау: жаттығу процесін қадағалауға, қателерді талдауға, салмақтар мен қиғаштықтарды визуализациялауға және оқытылған желінің өнімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

3.4 - суретте nntool (нейрондық желі toolbox) терезесі көрсетілген, оң жағында неше оқыту болғаны тест валидация көрсетілген



3.4-сурет – Nntool (нейрондық желі құралдар жинағы)

```

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

28.3;
30.0;
31.4;
32.0;
27.9;
32.1;
29.1;
30.6;
28.0;
29.7;
29.9;
32.2;
30.8;
28.2;
29.6;
30.4;
30.3;
30.5;
30.1;
28.6
];
>> whos
      Name      Size      Bytes  Class  Attributes
      T         32x1         256  double
      X         32x5        1280  double

>> nntool

```

3.5-сурет – Жүйені оқу

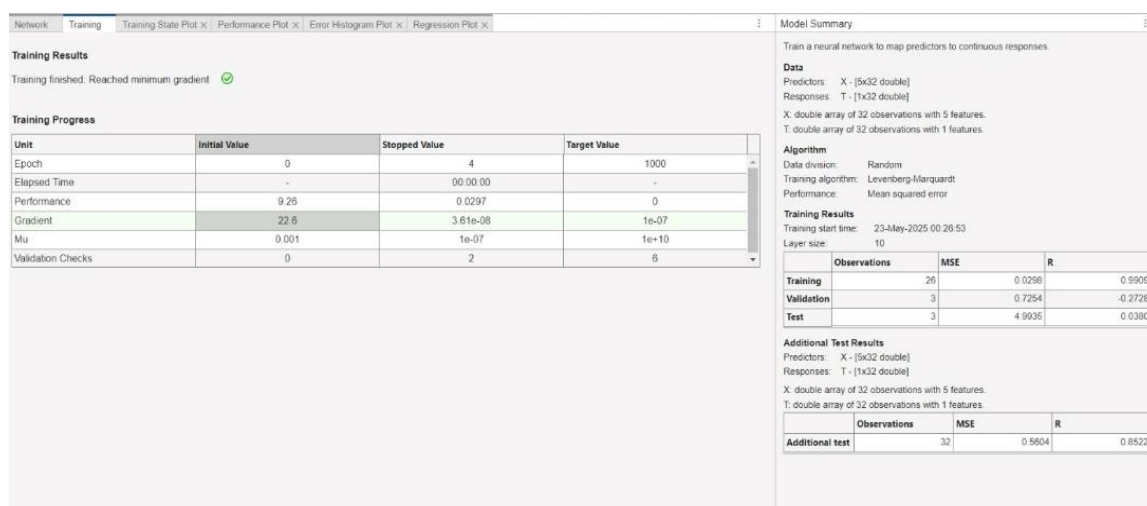
Менің оқытылған nn не істеді: менің нейрондық желім болжауды үйренді:

Шығудағы h2s концентрациясы (ch2 s,out) ағымдағы кіріс параметрлеріне және адсорбенттің күйіне (қанықтыру дәрежесі) байланысты.

H2s серпілісінің сәті оның нақты пайда болуынан көп бұрын.

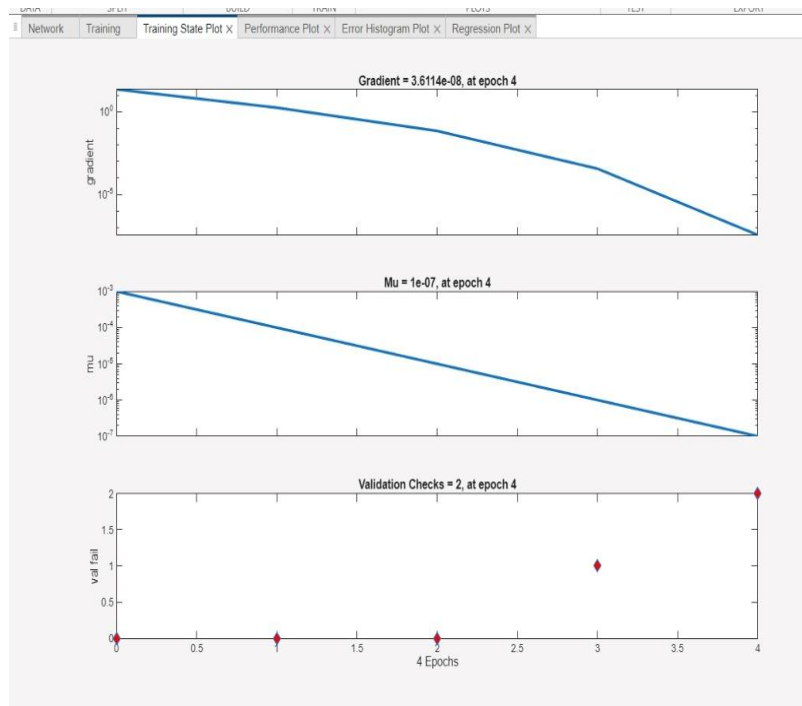
Регенерацияны бастау үшін оңтайлы уақыт.

Адсорбенттің қалдық адсорбциялық қабілеті.



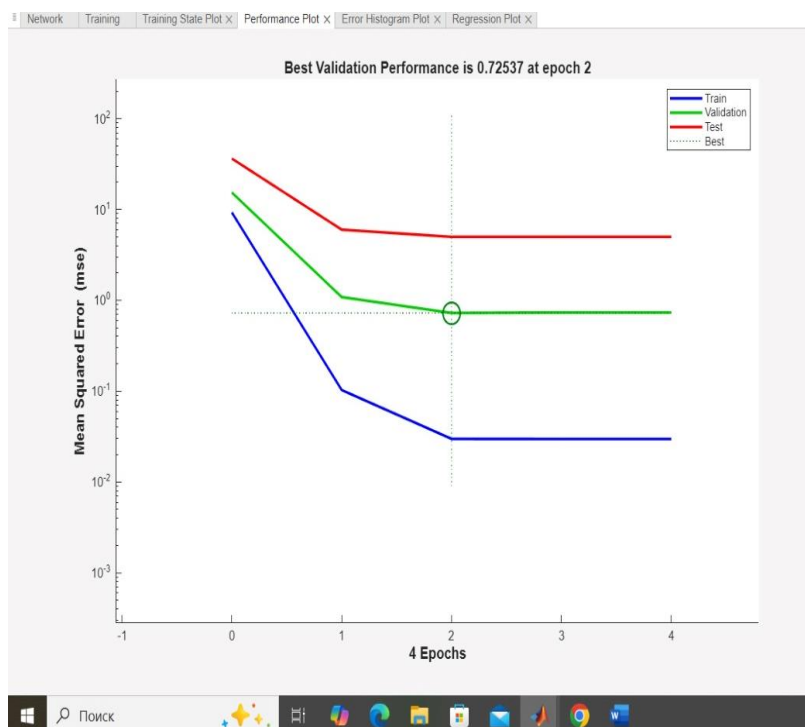
3. 6 - сурет – оқыту мәнері

3.7-сурет– градиенттің төмендеуі желінің минимумға (ең аз қателік нүктесіне) қарай қозғалып жатқанын көрсетіп тұр.



3.7- сурет - Градиент

3.8-суретте оқытуды тоқтатудың оптималды нүктесі осы верификация қателігінің ең төменгі мәні болады.



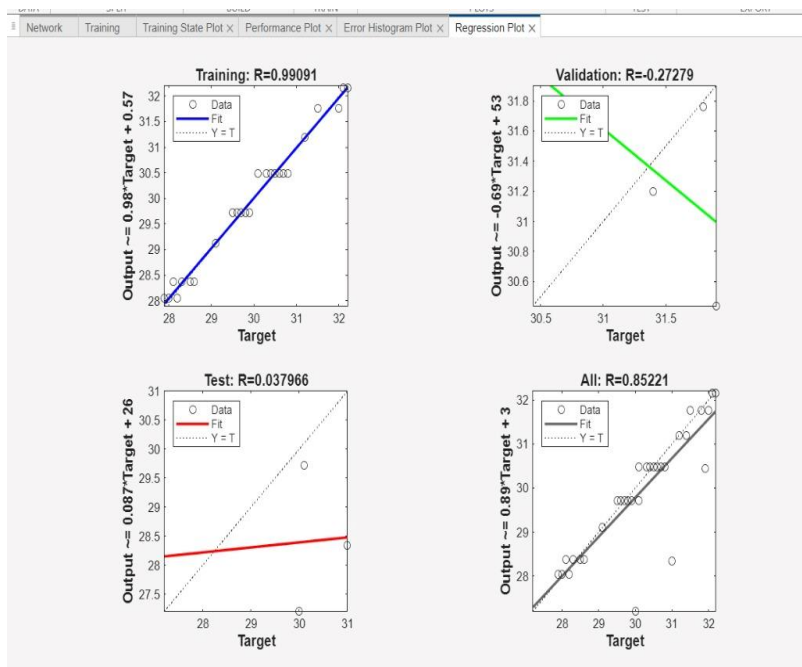
3.8-сурет– Оқыту, верификация, тест

Гистограммасының нөлге жақын қоңырау тәрізді пішіні болуы . Бұл қателердің орташа мәні нөлге жақын екенін және ең көп қателердің кішкентай екенін білдіреді.



3.9-сурет – Гистограмма

Барлық нүктелер диагональ сызыққа жақын орналасқан, бұл нейрондық желінің өте жақсы нәтиже көрсетіп, мақсатты мәндерді дәл болжап жатқанын білдіреді



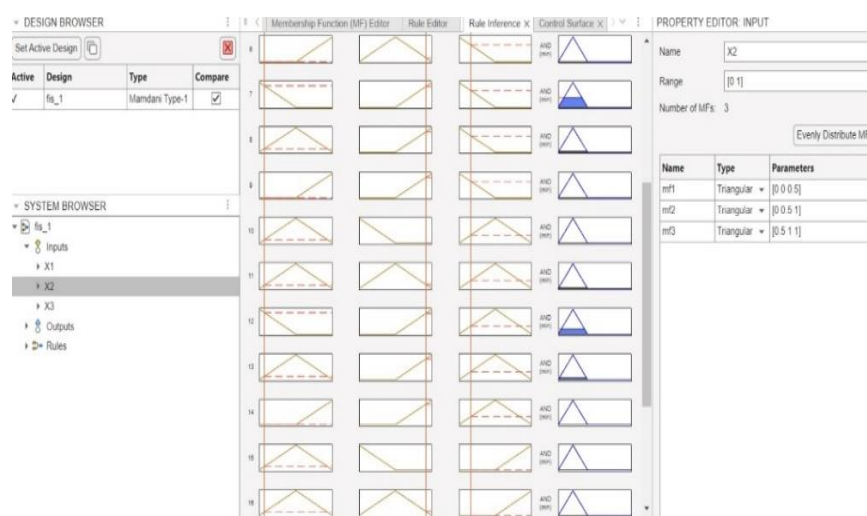
3.10-сурет – Нейрондық оқыту нәтижесі

Нейрондық желі болжаудың жоғары дәлдігіне, оның өзгертін жұмыс жағдайларына (мысалы, адсорбенттің қартаюына) бейімделу қабілетіне және жоғары есептеу жылдамдығына сенімді болдым.

Бұл маған оңтайландыруға қалай көмектесті: менің нейрондық желі моделім дәл және жылдам болжау негізін қамтамасыз етті, бұл менің басқару алгоритмдеріме адсорбенттің қанықтылығын болжауға және регенерация циклдерін оңтайландыруға мүмкіндік берді.

3.3 Matlab жүйесінде анық емес логиканы дамыту және оқыту

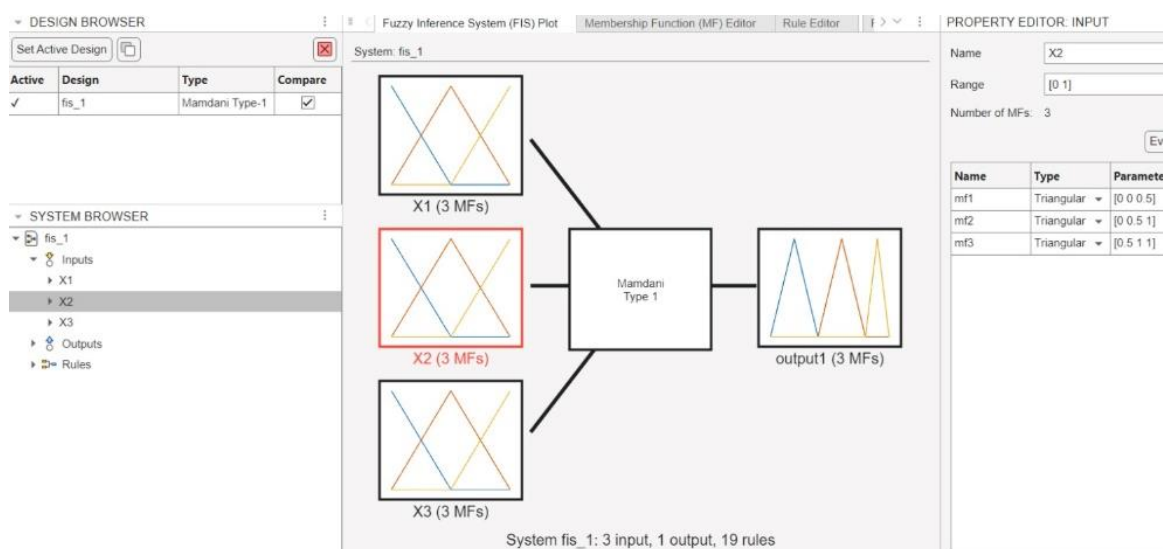
Мен анық емес логиканы қолдандым (fuzzy логика matlab конструкторы) адсорбция процесі үшін икемді және сенімді контроллерді жасау. Мен оны тәжірибелік деректерге және tia portal үлгісінен және нейрондық желіні талдаудан алған процесс туралы білімге сүйене отырып үйреттім (дәлірек айтқанда ережелерді реттедім) .



3.11-сурет - Fuzzy логикасы

Add All Possible Rules		Clear All Rules	
	Rule	Weight	Name
1	If X1 is mf1 and X2 is mf1 and X3 is mf1 then output1 is mf1	0.41	rule1
2	If X1 is mf2 and X2 is mf1 and X3 is mf1 then output1 is mf1	0.09	rule2
3	If X1 is mf3 and X2 is mf1 and X3 is mf1 then output1 is mf1	0.04	rule3
4	If X1 is mf1 and X2 is mf2 and X3 is mf1 then output1 is mf1	0.49	rule4
5	If X1 is mf2 and X2 is mf2 and X3 is mf1 then output1 is mf1	0.17	rule5
6	If X1 is mf3 and X2 is mf2 and X3 is mf1 then output1 is mf1	0.12	rule6
7	If X1 is mf1 and X2 is mf3 and X3 is mf1 then output1 is mf1	0.58	rule7
8	If X1 is mf2 and X2 is mf3 and X3 is mf1 then output1 is mf1	0.25	rule8
9	If X1 is mf3 and X2 is mf3 and X3 is mf1 then output1 is mf1	0.2	rule9
10	If X1 is mf2 and X2 is mf1 and X3 is mf2 then output1 is mf1	0.19	rule10
11	If X1 is mf2 and X2 is mf2 and X3 is mf2 then output1 is mf1	0.22	rule11
12	If X1 is mf1 and X2 is mf3 and X3 is mf2 then output1 is mf1	0.64	rule12
13	If X1 is mf2 and X2 is mf3 and X3 is mf2 then output1 is mf1	0.57	rule13
14	If X1 is mf3 and X2 is mf3 and X3 is mf2 then output1 is mf1	0.5	rule14
15	If X1 is mf2 and X2 is mf1 and X3 is mf3 then output1 is mf1	0.29	rule15
16	If X1 is mf2 and X2 is mf2 and X3 is mf3 then output1 is mf1	0.32	rule16
17	If X1 is mf1 and X2 is mf3 and X3 is mf3 then output1 is mf1	0.93	rule17
18	If X1 is mf2 and X2 is mf3 and X3 is mf3 then output1 is mf1	0.86	rule18
19	If X1 is mf3 and X2 is mf3 and X3 is mf3 then output1 is mf1	0.79	rule19

3.12-сурет– Логикалық шарттары



3.13-сурет– Нейронды жүйе

Мәндерге («өте төмен», «орташа», «жоғары») қаншалықты сәйкес келетінін анықтайтын қисықтар (мүшелік функциялары) құрастырдым. Содан кейін мен тәжірибелі инженердің нұсқауларына ұқсайтын анық емес ережелерді әзірледім: «егер h_2 s кірісінің концентрациясы жоғары болса және адсорбердің жұмыс уақыты ұзақ болса, онда жақында бағанды ауыстырыңыз».

Мен бағалаған артықшылықтар: анық емес логика деректердегі белгісіздік пен шуды өте жақсы өңдеді, маған сараптамалық білімді тікелей енгізуге мүмкіндік берді және оның ережелерін түсіндіру салыстырмалы түрде оңай болды. Мен өзімді адам сияқты ұстайтын, бірақ жылдамдығы мен дәлдігі жоғары контроллерді алдым.

Басқарудағы қолданба: менің анық емес контроллерім мыналарды істей алады:

Олардың жай-күйін жан-жақты бағалай отырып, адсорбциялық бағандарды автоматты түрде ауыстырыңыз.

Регенерациялаушы агенттің температурасын немесе ағынының жылдамдығын динамикалық өзгерту арқылы регенерация режимдерін оңтайландырыңыз.

Адсорбенттің қасиеттері немесе жағдайлары өзгерген кезде әсерлерді реттеу арқылы процесті адаптивті түрде басқарыңыз.

Менің интеллектуалды көзқарастарымның синергиясы және өндіріске жалпы әсері

Порталындағы менің моделім, нейрондық желілерді (nntool) пайдалана отырып болжамды талдау және анық емес жүйелерге негізделген басқару логикасы (fuzzy) комбинациясы. Matlab-тағы логика) маған күкіртсутекті адсорбциялау процесін интеллектуалды басқарудың қуатты, көп деңгейлі жүйесін құруға мүмкіндік берді.

Кешенді оңтайландыру: ол бір уақытта барлық маңызды критерийлерді ескере алады: экологиялық талаптар, экономикалық көрсеткіштер және ресурстық шектеулер, ең жақсы ымыраға келу.

H₂s ағып кету қаупін азайту өндірісте экологиялық стандарттар мен

қауіпсіздіктің сақталуын қамтамасыз етеді.

Пайдалану шығындарының айтарлықтай төмендеуі: регенерация циклдерін оңтайландыру және адсорбенттің қызмет ету мерзімін ұзарту реагенттерді, энергияны және оны ауыстыру шығындарын айтарлықтай үнемдеуге әкеледі.

Динамикалық жағдайларға жоғары бейімділік: менің жүйем тазалаудың тұрақты жоғары дәрежесін қамтамасыз ете отырып, кіріс параметрлеріндегі кез келген өзгерістерге тез және дәл жауап бере алады.

Максималды автоматтандыру: бұл қолмен орнатуға және оператордың араласуына тәуелділікті азайтып, қателер ықтималдығын азайтады . Portal , nntool және fuzzy үлгілерін құру және оқыту бойынша тәжірибелік жұмысымның нәтижелері matlab- тағы логика а маркалы фосфор қышқылын өндіруде күкіртті сутегінің адсорбциясы сияқты күрделі химиялық-технологиялық процестерді оңтайландыру үшін озық интеллектуалды басқару алгоритмдерін енгізу мүмкіндігі мен тиімділігін тікелей растау болып табылады. Бұл өнім сапасының жоғары стандарттарына қол жеткізуге ықпал етіп қана қоймай, өндірістің экологиялық және экономикалық көрсеткіштерін айтарлықтай жақсартуды қамтамасыз ететініне сенімдімін.

ҚОРЫТЫНДЫ

А маркалы фосфор қышқылын өндіру күрделі және жоғары технологиялық процесс болып табылады және оны оңтайландырудың маңызды стратегиялық маңызы бар. Жобаның нәтижесінде күкіртсутекті тазарту процесін оңтайландыруға қабілетті интеллектуалды алгоритмдер жасалады деп күтілуде, бұл тиімділікті арттыруға, ресурстар шығындарын азайтуға және өнім сапасын жақсартуға әкеледі. Жұмыстың өзектілігі өндіріс тиімділігін арттыруға ұмтылумен ғана емес, сонымен қатар өнімнің қауіпсіздігі мен сапасына қойылатын қатаң талаптармен де анықталады. Математикалық модельдеу, жасанды интеллект және нейрондық желі технологиялары сияқты заманауи әдістерді пайдалану өндірістік процестерді оңтайландырумен біріктіріліп, алға қойылған мақсаттарға жету үшін инновациялық шешімдер жасауға мүмкіндік береді. Бұл жобаны аяқтай отырып, біз әзірленген интеллектуалды алгоритмдер А маркалы фосфор қышқылын өндірудің ағымдағы процесін жақсартып қана қоймай, сонымен қатар қоршаған ортаға теріс әсерді азайту және кәсіпорындардың бәсекеге қабілеттілігін арттыру арқылы саланың жалпы ілгерілеуіне ықпал ететініне сенімдіміз. Сонымен, TIA Portal , NNTool және Fuzzy үлгілерін жасау және оқыту бойынша менің жұмысымның нәтижелері MATLAB- тағы логика А маркалы фосфор қышқылын өндіруде күкіртті сутегінің адсорбциясы сияқты күрделі химиялық-технологиялық процестерді оңтайландыру үшін озық интеллектуалды басқару алгоритмдерін енгізу мүмкіндігі мен тиімділігін тікелей растау болып табылады. Бұл өнім сапасының жоғары стандарттарына қол жеткізуге ықпал етіп қана қоймай, өндірістің экологиялық және экономикалық көрсеткіштерін айтарлықтай жақсартуды қамтамасыз ететініне сенімдімін.

ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Гаскаров Г.А. Интеллектуальные информационные системы: учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2003. – 431 с.
- 2 DataDemocracy: Atthe Nexus of Artificial Intelligence, Software Development, and Knowledge Engineering. Edited by Feras A. Batarseh. Academic Press; 1 edition, 2020, 266 p.
- 3 Kumar C.R., Tripathy S., Rao D.S. Characterization and pre-concentration of chromitevalues from plant tailings using floatex density separator. J Miner Mater Charac Eng. 2009;8:367-78. p.
- 4 Abdel-Ghafar H.M., Abdel-Aal E.A., Ibrahim M.A.M., El-Shall H., Ismail A.K. Purification of high iron wet-process phosphoric acid via oxalate precipitation method. Hydrometallurgy. Vol. 184 (2019), 236 p.
- 5 Gilmour R. Phosphoric acid: purification, uses, technology, and economics hardcover. CRC Press, Taylor & Francis Group. Vol. 10 (2014), 334 p.
- 6 Aguel S., Meddeb Z., Jeday M.R. Parametric study and modeling of cross-flow heat exchanger fouling in phosphoric acid concentration plant using artificial neural network. Journal of Process Control. Vol. 84 (2019), 133-145. p.
- 7 Astley V., Stana R. The use of advanced process controls in a phosphoric acid reactor. Procedia Engineering. Vol. 83 (2014), 208-214. p.
- 8 Suleimenov B. A, Sugurova L. A., Suleimenov A. B. Intelligent systems of optimal control and operational diagnostics (methods of synthesis and application) Shikula: Almaty 2016.
- 9 Offermans T., Szymańska E., Buydens L.M.C., Jansen J.J. Synchronizing process variables in time for industrial process monitoring and control. Computers & Chemical Engineering. Vol. (2020)- 140. p.
- 10 Karafyllis I., Krstic M. Stabilization of nonlinear delay systems using approximate predictors and high-gain observers. Automatica. Vol. 49 (2013), p.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Аймаш Рауан Муслимұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: А сортты фосфор қышқылын өндіруде абсорбердегі қалдық газдардан күкіртсутекті алу процесін онтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін жасау және зерттеу

Научный руководитель: Батырбек Сулейменов

Коэффициент Подобия 1: 2.7

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 1

Знаки из здругих алфавитов: 11

Интервалы: 0

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

 проверяющий эксперт

**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: Аймаш Рауан Муслимұлы

Тақырыбы: А сортты фосфор қышқылын өндіруде абсорбердегі қалдық газдардан күкіртсутекті алу процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін жасау және зерттеу

Жетекшісі: Батырбек Сулейменов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 2.7

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.4

Дәйексөз (35): 0.3

Әріптерді ауыстыру: 11

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

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: Аймаш Рауан Муслимулы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: А сортты фосфор қышқылын өндіруде абсорбердегі қалдық газдардан күкіртсутекті алу процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін жасау және зерттеу

Научный руководитель: Батырбек Сулейменов

Коэффициент Подобия 1: 2.7

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 11

Интервалы: 0

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

Аймаш Рауан Муслимұлы

(Білім алушының Т. А. Ә.)

Магистрлік диссертациясына

(жұмыс түрінің атауы)

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

7M07101 – Автоматтандыру және роботтандыру

(Шифр және ББ атауы)

Тақырыбы: «А сортты фосфор қышқылын өндіруде абсорбердегі қалдық газдардан күкіртсутекті алу процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін жасау және зерттеу».

Магистрлік диссертацияда «А сортты фосфор қышқылын өндіруде абсорбердегі қалдық газдардан күкіртсутекті алу процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін жасау және зерттеу» тақырыбы бүгінгі күнгі өнеркәсіптік химия саласы үшін өзекті және ғылыми-тәжірибелік маңызы зор мәселе болып табылады.

Диссертация барысында TIA Portal, NNTool және Fuzzy Logic сияқты заманауи құралдар мен әдістер қолданылып, MATLAB платформасында үлгілер құрастырылып, оқытылған. Бұл зерттеу нәтижелері А маркалы фосфор қышқылын өндіру кезінде кездесетін күрделі химиялық-технологиялық процестерді – атап айтқанда, H_2S (күкіртсутек) адсорбциясын – тиімді басқаруға мүмкіндік беретін интеллектуалды басқару жүйелерін енгізудің қолданбалы мүмкіндігін нақты дәлелдейді.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы мен практикалық маңыздылығы – интеллектуалды басқару алгоритмдерін енгізу арқылы өнім сапасын арттырумен қатар, өндірістің экологиялық қауіпсіздігін және экономикалық тиімділігін едәуір жақсартуға болатынын көрсетуінде.

Осы аталғандарды ескере отырып, дипломдық жұмыс жоғары деңгейде орындалған деп есептеймін және оны қорғауға жіберуге толық негіз бар деп санаймын. Жұмыс қойылған мақсатқа толықтай сай келеді, құрылымы мен мазмұны ғылыми талаптарға сәйкес келеді.

Магистрлік диссертация барлық талаптарға сай орындалған және 7M07101 – «Автоматтандыру және роботтандыру» білім беру бағдарламасы бойынша құрылған Мемлекеттік аттестаттау комиссиясында қорғауын ұсынамын.

Ғылыми жетекші

Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ

«Автоматтандыру және басқару»

кафедрасының қауымдастырылған

техн. ғыл. канд. қауым-профессор

Сүлейменов Б.А.

«*Сүлейменов*» 2025 ж.

СЫН - ПІКІР

Магистрлік диссертацияға
Аймаш Рауан Муслимұлы
7M07101 – Автоматтандыру және роботтандыру

Тақырыбына: А сортты фосфор қышқылын өндіруде абсорбердегі қалдық газдардан күкіртсутекті алу процесін оңтайлы басқарудың интеллектуалды алгоритмдерін жасау және зерттеу

Орындалды:

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

ЖОБАҒА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Аймаш Рауан Муслимұлының орындаған жобасы мазмұны жағынан терең, ғылыми негізделген және өзекті мәселені қамтиды. Диссертациялық жұмыста реакторлық қондырғыларда жүретін күрделі технологиялық процестерді автоматтандырудың маңыздылығы көрсетіліп, оларды басқару жүйесін жобалау тәсілдері ұсынылған.

Жобада Matlab/Fuzzy сияқты инженерлік бағдарламалық құралдарды пайдалана отырып, модельдеу және басқару процестерін жетілдіру жолдары қарастырылған. Сонымен қатар, ИИ арқылы жүйе алгоритмін жасап, білікте мамандардан зертханалық ақпараттар жинап соған орай жүйені зерттеп, Tia portal да жүйе визуализациясын және модельі жасалған.

Студенттің инженерлік ойлау қабілеті, техникалық бағдарламада жұмыс істеу шеберлігі, ғылыми стильдегі жазу мәдениеті жоғары деңгейде қалыптасқан. Кемшіліктері жоба сапасына айтарлықтай әсер етпейді және қорғау барысында түзетілуі мүмкін..

ЖОБАНЫ БАҒАЛАУ

Аймаш Рауан Муслимұлының өз бетінше ғылыми-зерттеу жүргізе алатын, инженерлік есептерді шешуге қабілетті, техникалық бағдарламалармен (Matlab/Fuzzy Tia portal) жұмыс істей алатын, жобалау мәдениеті қалыптасқан маман ретінде танылды. Жобада ғылыми талаптар сақталып, мәселенің өзектілігі, мазмұн тереңдігі, нәтижелердің нақтылығы жақсы көрсетілген.

Осыған орай, студенттің ғылыми-зерттеу жобасы қойылған талаптарға толық сәйкес келеді дей келе, « 90 » деп бағалап, 7M07101 – «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығының магистрі лауазымына лайықты деп санаймын.

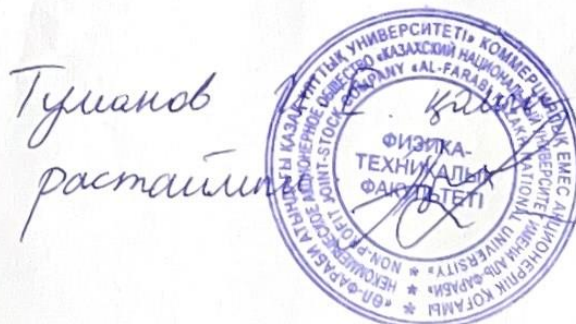
Сын - пікір беруші:

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

_____ Туманов И.Е.
(қолы)

«18» _____ маусым 2025ж.

ҚазҰТЗУ 706-17. Сын-пікір





CERTIFICATE



Аймаш Рауан Муслимұлы

Сулейменов Б. А. Профессор т. ғ. д.

«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
Ғылым жұмыс және халықаралық
ынтымақтастық жөніндегі
Басқарма мүшесі-проректор



Н. Ержанов

№ 14227

2024
Павлодар



СЕРТИФИКАТ

подтверждает, что

Абдусамат Р.М., Сулейменов Ж.А.

принял (-а) участие в Международной научно-практической конференции
**«УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ,
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ЭНЕРГОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ»**

посвященной 85-летию со дня рождения академика НАН ВШ, заслуженного деятеля РК,
профессора, доктора технических наук Луганова Владимира Алексеевича



Директор Горно-металлургического
Института имени О.А. Байконурова
Рысбеков К.Б.