

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Қайназар Батыр Нағашыбайұлы

Мырыш ұнтағын сілтіздендіру процесін автоматтандыру

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200 - Автоматтандыру және басқару мамандығы

Алматы 2022

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы
Қайназар Батыр Нағашыбайұлының
дипломдық жобасына

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

**Тақырыбы: «Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін
автоматтандыру»**

Дипломдық жобада мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін автоматтандыра отырып, қоршаған ортаның ластану деңгейін барынша төмендету, шығындарды азайту сияқты талаптарға сай келуін қамтамасыз ету мәселесі қарастырылды.

Жұмыс нәтижесінде өндірістің тиімді математикалық моделі визуалды жобалау ортасында жасалып, алгоритмдік жобалау ортасында оның шынайылығы тексеріледі.

Математикалық моделдегі ерітіндінің тиімді құрамы, нақтырақ, оның мырыштық құрамының мейлінше көп болуы тиімді басқару алгоритмінің критерийі ретінде алынып, MatLab ортасында жобаланады. ПИД-реттегіш нысанды түзетуші құрылғы ретінде таңдалып, оның тиімді параметрлері анықталды.

Дипломдық жоба Қазақстан Республикасының жоғарғы оқу орындарына қойылатын талаптарды қанағаттандырады. Орындалған жұмыс берілген тақырыпқа сәйкес. Жобаның графикалық бөлімі берілген талаптарға сай орындалған.

Жұмыс барысында студент Қайназар Б.Н. автоматтандыру үрдісі бойынша толықтай өз білімін көрсетіп, алдына қойылған тапсырмаларға зейін салып, оларды шеше білді.

Жалпы дипломдық жобаны толық деп бағалап, оны орындаушы Қайназар Батыр Нағашыбайұлы 5B070200 - «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша дипломдық жобаны қорғауға және бакалавр академиялық дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Ғылыми жетекші:

«Автоматтандыру және басқару»
кафедрасының лекторы,
техн.ғыл.магистрі

 Г.Е.Қуандықова

«13» 05 2022 ж.

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы
Қайназар Батыр Нағашыбайұлының
дипломдық жобасына
СЫН - ПІКІР

**Тақырыбы: «Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін
автоматтандыру»**

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 2 парақ
б) түсініктеме 67 бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жобаның өзекті мәселесі мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін автоматтандыру болып табылады.

Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін автоматтандырудың ең басты мақсаты ретінде гидрометаллургияның пирометаллургиядан ерекшеліктерін, тиімділігін сипаттаған және де кеспекті араластырғышты нысан ретінде ала отырып, оның автоматты басқару мен бақылау параметрлерінің негіздемесін және технологиялық нысанының декомпозициясын қарастырған. Теориялық зерттеу барысында мырышты таза күйінде алу жолдары мен оның сілтісіздендіру жүйесінің технологиялық үрдісі, автоматтандырылған жабдықтардың нақтылығы есептелініп, технологиялық үрдістің сұлбалары жасалған.

Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін автоматтандыра отырып, олардың шығынын азайтып, жұмыс тиімділігін анықтаған.

Дипломдық жоба Қазақстан Республикасының жоғарғы оқу орындарына қойылатын талаптарды қанағаттандырады.

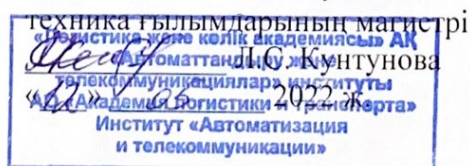
Орындалған жұмыс берілген тақырыпқа сәйкес және өзекті. Жобаның графикалық бөлімі берілген талаптарға сай орындалған.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы дипломдық жобаны «А- (өте жақсы)» (90) және толық деп бағалап, оны орындаушы Қайназар Батыр Нағашыбайұлы 5B070200 - «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша дипломдық жобаны қорғауға және бакалавр академиялық дәрежесіне лайықты деп санаймын.

СЫН - ПІКІР БЕРУШІ

ЛжТА ассистент-оқытушысы,



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Қайназар Батыр

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін автоматтандыру

Научный руководитель: Гульбагила Куандикова

Коэффициент Подобия 1: 10.3

Коэффициент Подобия 2: 6.1

Микропробелы: 9

Знаки из других алфавитов: 20

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 11.05.2022 н.

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Қайназар Батыр

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін автоматтандыру

Научный руководитель: Гульбагила Куандикова

Коэффициент Подобия 1: 10.3

Коэффициент Подобия 2: 6.1

Микропробелы: 9

Знаки из других алфавитов: 20

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 укрывтия 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

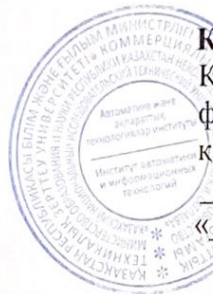


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы



ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

Кафедра меңгерушісі
физ-мат. ғыл. кандидаты,
қауымдастырылған профессор

Н.У.Алдияров

« 05 » 2022 ж.

«Мырыш ұнтағын сілтіздендіру процесін автоматтандыру»
тақырыбына

дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200 - Автоматтандыру және басқару мамандығы

Орындаған

Қайназар Б.Н

Сын - пікір беруші
ЛжТА ассистент-оқытушысы,

Ғылыми жетекші
техн.ғыл.магистрі, лектор

Т.Ғ.М.
«Автоматика және көлік академиясы» АҚ
«Автоматтандыру және
телекоммуникациялар» институты
АК «Академия ауыстыру және транспорт»
Институт «Автоматизация
и телекоммуникации»

Г.Е. Қуандықова
« 12 » 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

5B070200 - Автоматтандыру және басқару



БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі
физ-мат. ғыл. кандидаты,
қауымдастырылған профессор

Н.У.Алдияров

« 15 » 05 2022 ж.

**Дипломдық жобаны дайындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Қайназар Батыр Нағашыбайұлы

Жобаның тақырыбы: «Мырыш ұнтағын сілтідендіру процесін автоматтандыру»

Университеттің «24» 12 2021 жылғы ғылыми кеңесінің № 489-17/0 шешімімен бекітілген.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі «16» мамыр 2022 ж.

Түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диплом жұмысының мазмұны:

- а) кіріспе;
- ә) технологиялық бөлім;
- б) арнайы бөлім.

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген):
автоматтық сұлбасы, принципіалдық сұлбасы, құрылымдық сұлба

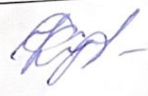

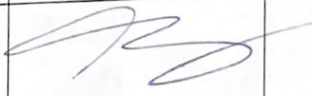
Ұсынылған әдебиет тізімі:

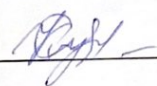
- [1] Снурников А. П. Гидрометаллургия цинка. - М., «Металлургия», 1981.
- [2] Петухов О.Ф., Санакулов К., Хасанов А.С., Мустакимов., О.М. Окислительно-восстановительные процессы в металлургии.-Т.:ФАН,2013.-С. 200-211.
- [3] Марченко Н. В., Вершинина Е. П., Гильдебрандт Э. М., Металлургия тяжелых цветных металлов.Электронное учебное пособие.–Красноярск : ИПК СФУ, 2009. -С. 176-180.


Дипломдық жобаны даярлау
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Технологиялық бөлім	25.01.22 - 28.02.22	
Арнайы бөлім	3.03.22 - 01.04.22	

Аяқталған дипломдық жобаның және оларға
катысты диплом жобасы бөлімдерінің кеңесшілері мен нормалық
бақылаушының қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Технологиялық бөлім	Г.Е. Қуандыкова техн.ғыл.магистрі, лектор	06.04.22	
Арнайы бөлім	Г.Е. Қуандыкова техн.ғыл.магистрі, лектор	30.04.22	
Нормалық бақылаушы	Н.С.Сәрсенбаев техн.ғыл.кандидаты, ассистент профессор	06.05.2022	

Ғылыми жетекшісі  Г.Е. Қуандыкова

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Б.Н.Қайназар

Күні « 6 » қаңтар 2022 ж.

КІРІСПЕ

Мырыш металлургиясы басқа да ауыр түсті металдар металлургиясы сияқты отанымыздың өндірісінің басты буындарының бірі болып қарастырылады. Қазақстан Республикасында ауыр металдар өндірісінің үлесіне жалпы өнімнің айтарлықтай бөлігі тиеді. Мырыштың адам өміріндегі мәні жылдан жылға өсіп келеді. Бұл үрдіс энергетика, электроника, машина жасау саласы, авиациялық, космостық және атомдық технологияларда маңызды қарқынды дамуымен сипатталады. Мырыш өндірісінің бұдан әрі дамуы мен оның техникалық деңгейі біздің мемлекетіміздегі көптеген халық шаруашылығының техникалық прогрессымен, сонымен қатар микропроцессорлық техниканың дамуымен сипатталады.

Жобаның мақсаты: Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін автоматтандыру.

Жобаның міндеті: Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін автоматтандыра отырып, қоршаған ортаның ластану деңгейін барынша төмендету, шығындарды азайту сияқты талаптарға сай келуін қамтамасыз ету.

Берілген дипломдық жоба өзектілігі: бүгінгі күні тәжірибеге кеңінен енген, мырышты сілтісіздендіруді гидрметаллургиялық әдіспен алу технологиясы және де сол қабылданған технологияны тиімділеу мен адам жұмысын барынша азайту мақсатында құрылған автоматтық басқару жүйесін құру.

Жоба жаңалығы: Жұмыс нәтижесінде өндірістің тиімді математикалық моделі визуалды жобалау ортасында жасалып, алгоритмдік жобалау ортасында оның шынайылығы тексеріледі. Математикалық моделдегі ерітіндінің тиімді құрамы, нақтырақ, оның мырыштық құрамының мейлінше көп болуы тиімді басқару алгоритмінің критерийі ретінде алынып, MatLab ортасында жобаланады. ПИД-реттегіш нысанды түзетуші құрылғы ретінде таңдалып, оның тиімді параметрлері анықталады.

Өндіріс өнімінің жаңа заманғы сапа талаптарының, қоршаған ортаны қорғау қажеттіліктері және экономикалық тиімділеу қажеттілігінің өсуі өндіріс үрдісінің күрделенуіне әкеліп соқтырып отыр. Бұл өз кезегінде ескі металл өндіріс үрдісін жетілдіру қажеттілігін туғызды және де жаңа әлдеқайда тиімді қоршаған ортаны қорғауды, шикізаттың барлық компоненттері мен жылу туғызушы қабілеттілігін қолдануды және қаржылық, эксплуатациялық шығынды азайтуды сонымен қатар технологиялық үрдіс автоматтық басқару жүйесін кеңінен қолдануды қамтамасыз ететін үрдістердің туындауымен сипатталады.

Жаңа заманғы талаптарды мырыш өндірісінде толығымен қанағаттандыра алатын үрдістің бірі, ол мырыштың ұнтақталған концентратын кеспекте қышқылмен сілтісіздендіру гидрметаллургиялық үрдісі болып табылады. Бұл үрдіспен сілтісіздендіру технологиясының жасалып, өндіріске енгізілуі ерте заманық тарихы бар. Қоғам мәдениеті өсе бастаған сайын металды рудадан ажырату әдістері де жетіле бастады. Қорыту үрдісінде және басқа металлургия үрдістерінде болатын физика-химиялық құбылыстарды зерттеудің адам

металлургия үрдісін өз билігіне көндіріп, оны керекті бағытта жүргізетін болды. Бұрын, бұдан шамасы 50 - 100 жыл бұрын, металды жер жыныстарынан ажыратудың негізгі әдісі жоғарғы температураға дейін қыздырып, қорыту болатын. Қазіргі уақытта металлургия ғылымы қорытудан гөрі оңай әрі тиімді үрдістерді игеріп отыр, мысалы, қышқыл, сілті ерітінділерін қолданып, электр тогын қолданып, металды ажыратып алатын үрдістерді іске асырады. Сөйтіп қазір металлургия өнеркәсіптің маңызды салалары болып отыр.

1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМ

1.1 Мырыш металлургиясы

Металдар табиғатта таза күйінде өте сирек кездеседі. Олардың көбі таза күйінде мүлде кездеспейді. Тек алтын, күміс сияқты асыл металдар мен мыс қана сирек таза күйінде кездесіп қалады. Металды пайдалану үшін, оны жер жыныстарынан, рудадан ажыратып, таза күйге келтіріп алу қажет. Металды рудадан ажыратып алу ісі-өте күрделі іс. Ол үшін рудалардың, жер жыныстарының, әр түрлі қосылстардың қасиеттерін жақсы білу керек, өндіріс процестерін, өндіріс аппараттарын жақсыбілу қажет.

Мырыш – ұшымпаз металл. Қызған мырыш, температура 290°C асқан соң-ақ буға айналып, ұша бастайды. Мырыш температура $419,4^{\circ}\text{C}$ жеткенде балқиды; одан әрі қыздыра берсе, балқыған мырыш температура 906 градусқа жеткенде қайнай бастайды.

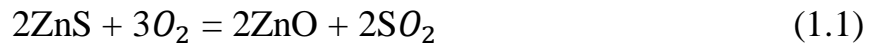
Металлургия, яғни металды рудадан ажыратып алу ісі ерте замандарда өріс ала бастаған. Мысалы, XVIII ғасырда Балқашта қыстаған қазақтар жайлауға шыққанда Қызылеспе деген жерге тоқтап, қорғасын қорытып алады екен. Руданы олар баялыш, көкпек, қарағай, тобылғы, сексеуіл, қый сияқты отынның қызуына салып қорытса керек [1].

Қоғам мәдениеті өсе бастаған сайын металды рудадан ажырату әдістері де жетіле бастады. Қорыту үрдісінде және басқа металлургия үрдістерінде болатын физика-химиялық құбылыстарды зерттеудің адам металлургия үрдісерін өз билігіне көндіріп, оны керекті бағытта жүргізетін болды. Бұрын, бұдан шамасы 50 - 100 жыл бұрын, металды жер жыныстарынан ажыратудың негізгі әдісі жоғарғы температураға дейін қыздырып, қорыту болатын. Қазіргі уақытта металлургия ғылымы қорытудан гөрі оңай әрі тиімді үрдістерді игеріп отыр. Мысалы, қышқыл, сілті ерітінділерін қолданып, электр тогын қолданып, металды ажыратып алатын үрдістерді іске асырады.

Металлургия – металды рудадан, өндіріс қалдықтарынан ажыратып алатын өндіріс әрекеттері туралы ғылым.

Металлургияда металды жер жыныстарынан шығаратын әдістер алуан түрлі. Ол үшін рудалардың, жер жыныстарының, әр түрлі қосылыстардың қасиеттерін жақсы білу керек. Ең ескі әдіс, қызуды, яғни жоғарғы температураны, отты пайдаланып, қорытып, байытып ажырату әдісі. Бұл әдіс пирометаллургия (пиро – от деген сөз) деп аталады. Кейінгі уақытта металды жер жыныстарынан, рудадан әртүрлі қышқыл мен сілтілер ерітіндісі арқылы ажыратып алатын әдіс кең өріс алуда. Бұл әдіс бойынша рудадағы металл қышқыл немесе сілті арқылы ерітіледі де, кейін сол ерітіндіден бөлініп алынады. Бұл гидрометаллургия (гидро – су деген сөз) [1].

Мырыш концентратынан металды ажыратып алу үшін қолданылатын металлургиялық операциялар концентратты күйдіру операциясынан басталды. Егер концентратты $700 - 800^{\circ}\text{C}$ дейін қыздырса, концентраттағы сфалерит ауада мына реакция арқылы жана бастайды.



Былайша айтқанда, сфалериттің жануының (яғни тотығуының) арқасында мырыш тотығы мен күкірт тотығы пайда болады. Күкірт тотығы жайшылықта газ күйінде болады, сондықтан ұшып кетеді. Мырыш зауытының трубасынан ақ түтін будақтап тұрады, бұл ақ түтін – күкірт тотығы, яғни күкірт газы.

Күйдірілген концентрат металлургияда огарок деп аталады. Мырыш огарогынан мырышты енді жоғарыда айтылған екі әдістің бірімен: пирометаллургия әдісімен, немесе гидрометаллургия әдісімен ажыратып алуға болады. Мырыштың гидрометаллургиялық зауыты жұмысқа қосылғаннан кейін, қашан тоқтағанша көп жылдар бойы тоқтамай үздіксіз істейді. Сондықтан байыту фабрикаларында шикізаттар зауытқа үздіксіз тасылып тұруы керек.

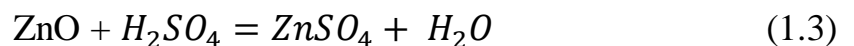
Пирометаллургия әдісінің мәні мынада. Егер огарокты көмірмен қосып, жабық, ауа кірмейтін пеште $1200 - 1300^\circ\text{C}$ дейін қыздырса, мынадай реакция өтеді:



Осылайша пайда болған мырыш қызған материалдың ішінде буға айналып, ұша бастайды (мырыштың жоғарғы температурада ұшымпаз келетіні жоғарыда айтылды), яғни мырыш дистилляцияланады. Енді ұшқан мырыштың жолына салқын ыдыс қойса, мырыш буы қайтадан конденсацияланып (будың сұйыққа не қаттыға айналуы конденсация делінеді), ұсақ түйіршіктер күйінде сол ыдысқа жиналады. Осылай жиналған мырышты енді балқытып, әртүрлі тазалау операцияларнан өткізіп, кесек етіп алуға болады. Мырышты огароктан ажыратып алудың бұл әдісі кейде дистилляциялық әдіс деп те аталады.

Мырыш алудың пирометаллургиялық, яғни дистилляциялық әдісі ең бірінші қолданылған, ескі әдіс және бұл әдістің үлкен кемшіліктері бар; бірінші кемшілігі – үрдістің температурасы тым жоғары, екіншіден, бұл әдіспен алынған мырыш айтарлықтай таза болмайды. Сондықтан, кейінгі кезде көбінесе гидрометаллургиялық әдіс қолданылуда.

Мырышты аулудың гидрометаллургиялық әдісінің мәні мынада. Егер огарокты күкірт қышқылына салып, араластырса мырыш тотығы мына реакция бойынша күкірт қышқылды мырышқа айналып, еріп кетеді:



Күкірт қышқылы мырыштың, яғни мырыш сульфатының судағы ерітіндісінен (әуелі ерітіндіні кейбір зиянды заттардан тазартып алғаннан кейін) тұрақты ток арқылы мырышты ажыратып алуға болады.

Гидрометаллургиялық әдіс жоғары температураны, қызуды керек етпейді, екіншіден, бұл әдіспен алынған мырыш өте таза болады. Және де ең тиімді әдістердің бірі болып табылады.

1.2 Мырышты алудың гидрoметаллургиялық тәсілі

Мырышты гидрoметаллургиялық тәсілмен алу үрдісі бүгінгі күні мырышты алудың негізгі әдісі болып табылады. Бұл тәсіл бойынша күйдірілген мырыш концентраты күкірт қышқылымен өңделеді, алынған сульфаттық ерітіндіні оларды мырыштық ұнтақ көмегімен тұндыру арқылы әртүрлі қоспалардан тазалайды және қорғасыннан немесе винипласттан тығыздалып жасалған ванналарда электрлизге ұшыратады. Нәтижесінде мырыш бөлшектері алюминийлік катодтарға қонады, қонған мыс катодтардан тәулік сайын сыпырылып алынады және индукциялық пештерде балқытылады. Электролиттік тәсілмен алынған мырыштың тазалығы әдетте 99,95 % құрайды. Оның концентраттардан бөліп алу қалыңдығы 93-94 % құрайды, ал өндіріс қалдықтарынан мырыштық купорос, қорғасын Pb, мыс Cu, кадмий Cd, алтын Au, күміс Ag алынады.

Қазіргі таңда гидрoметаллургиялық тәсілдің пирометаллургиялық тәсілден артықшылығы өте көп. Олардың негізгілеріне тоқталатын болсақ:

- берілген шикізатты өндеудің толық қанды мүмкіндіктері;
- әр түрлі дәрежедегі шикізаттарды пайдаланудың жоғары мүмкіндіктері;
- табиғатта кездесетін энергияның қолайлы түрін пайдаланады;
- қоршаған ортаны қорғау жүйесінің ыңғайлы жүзеге асырылуы;
- еңбекті қорғаудың жоғарғы мүмкіндіктері;
- автоматтандыру жүйелерінің жүзеге асыру дәрежесінің мүмкіндіктері;
- мырыш сапасының жоғарғы деңгейі.

Сонымен, мырыш концентратынан мырыш алудың гидрoметаллургиялық әдісінің өндірістік процесі негізінен мына операциялардан тұрады:

- мырыш концентратын күйдіруге дайындау;
- концентратты күйдіру;
- күйдірілген концентратты (огарок) еріту;
- күйдірілген өнімді жіктеу;
- күйдірілген өнімді сілтісіздендіру;
- ерітіндіні тазарту;
- электр тогы арқылы мырышты ерітіндіден ажырату (бұл үрдіс техникада электролиз деп аталады);
- электролиз арқылы алынған мырышты балқытып, кесектеу.

Әрине, мырыш зауытының үрдісі тек осы алты операциядан ғана тұрып қоймайды, көптеген аралық үрдістерде болады; Мысалы, концентратты күйдіргенде шаң пайда болады, мырыш ертіндісін тазартқанда да бірнеше заттар пайда болады; қазіргі үрдісте бұл артық қнiмдердің бәрiн өз бетiмен жинап, iске асыру көзделеді, ол үшін зауытта арнаулы цехтар, бөлімдер құрылады.

Шикізатты күйдіруге дайындау кезеңінде соларды тасымалдау және сақтаудың белігіленген шарттарын талап етеді. Шихтаның бөлімдерінің анықталған және есептелген құрамын қамтымасыз ету үшін соларды қойманың ішінде бөлек-бөлек сақтау қажет. Сульфидті мырыш концентраттардың күйдіру

кезеңінің мақсаты – мырыштың күкіртті қосылыстарын тотықтыру, күкіртті жою және сілтісіздендіруге қабілетті өнімді бөліп алу болып саналады.

Сульфидті мырыш концентраттарды күйдіру кезеңінің мақсаты – мырыштың күкіртті қосылыстарын тотықтыру, күкіртті жою мен сілтісіздендіруге қабілетті өнімді алумен сипатталады.

Бөлініп алынған ұнтақ сілтісіздендіру үрдісіне жіберіледі. Үрдістің мақсаты ұнтақтың зиянды қосылыстармен ластануын барынша төмендету бола отырып, ерітіндіге мырыш және басқа да бағалы компоненттерді толықтай шығарумен айналысады. Еріткіш ретінде күкірттің әлсіз қышқылы қолданылады. Ұнтақты қышқылмен араластыру кезінде мырыш тотығының толығымен еру үрдісі және басқа металлдардың жартылай еру процесі жүзеге асады. Нәтижесінде ерітіндіге мырыш, кадмий, темір, мыс, мышьяк, сурьма, индий және тағы басқалар өтеді. Ерімейтін қосылыстарға (темір тотығы, қорғасын сульфаты және т.б.) мырыштық кекте қатты күйде қалады қалады. Мырыштық ерітіндіні тұндыру немесе сүзбелеу жүйесі айырып, қосылыстардан тазартуға жібереді, ал кекті шаю арқылы содан әрі өңдеуге жібереді [2].

Сілтісіздендіру құрылғысы ретінде пневматикалық немесе механикалық араластырғышы бар кеспек қолданылады. Сілтісіздендіру үрдісінің әрбір операциясы келесі қадамдардан тұрады: қышқылдың, айналым ерітінділерінің және ұнтақтың кеспекке жүктелуі, араластыру мен пульпаны шығару. Қазіргі замандық зауыттарда екі стадиялық сілтісіздендіру сұлбасы қолданылады. Стадияның оң жақ бөлігінде нейтралды яғни бос сілтісіздендіру үрдісі жүреді де, сол жақ бөлігінде қышқыл сілтісіздендіру үрдісі жүреді. Екі кезеңді сілтісіздендіру кек қосылыстарының толығырақ өтуін қамтамасыз етеді. Ерітінділердің тазалығы барлық гидрометаллургиялық сілтісіздендіру үрдісі бойынша маңызды мәнге ие болады.

Ерітіндідегі орындалатын қосылыстардың бәрі келесі топтарға жіктеуге болады:

- темір, мыс, мышьяк, сурьма, кремнезем, талий – ерітіндіден гидролиз-бен, тұндырумен және абсорбциямен шығарылады;
- мыс, кобальт, кадмий, талий – цементация әдісімен шығарылады;
- кобальт, хлор, фтор – химиялық тазарту әдісімен шығарылады, үрдістен кейін ерімейтін қосылыстар түзіледі;
- калий, магний, натрий, марганец ерітіндіде жиналып қалады. Олардан құтылу үшін ерітіндінің бөлігін өндіріс циклынан шығару керек.

Электролиз мырыштың гидрометаллургиялық өндірісінің аяқтаушы кезеңі болып табылады.

Электролиздің мақсаты ерітіндіден катодтық мырышты алу үшін қолданылады. Электролиздің сапалық көрсеткіштері осыған дейінгі операциялардың сапалы орындалуымен көрсетіледі. Мырыштың концентрациясы 100 - 150 г/л болатын тазартылған мырыш сульфатының нейтралды ерітіндісі үздіксіз электролиздік ваннаға беріледі. Ваннаның аноды қорғасыннан, ал катоды алюминийден жасалған. Өңделген электролит

сілтісіздендіру процессіне жіберіледі. Ерітіндірелдің тазалығы барлық гидрометталургиялық сілтісіздендіру үрдісі үшін маңызды мәнге ие болады.

1.3 Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру

Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру үрдісінің негізгі мақсаты ерітіндіге оның басқа қоспалармен ластануының барынша аздығын қамтамасыз ете отырып, мырыштың барынша көп мөлшерін шығарумен сипатталады. Ерітіндінің басқа қоспалармен ластануы қатты заттан сұйықты бөлумен және мырыштың электрлік тұну операциясынмен күрделендіреді. Электролиз мырыштың гидрометаллургиялық өндірісінің аяқтаушы кезеңін көрсетеді.

Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру үрдісі күкірттің әлсіз қышқылының араласуымен және 65-70⁰С температурада жүреді. Тәжірибеде берілген үрдіс мырыш сульфатының ерітіндісінің электролизі арқылы алынатын өңделген электролит көмегімен жүргізіледі.

Электролиз цехына жіберілетін мырыштың күкіртті қышқыл ерітіндісі әртүрлі қоспалардан тазалануы керек. Ерітіндінің әртүрлі қоспалардан тазалану қажеттілігі мырыштың электролиттік бөліну үрдісінің талаптарымен сипатталады.

Сульфатты ерітіндінің сапасы электролиз кезіндегі электроэнергия шығынына, катодты мырыш сапасына, мырыштың ағыс бойымен шығысына және жалпы электролиз цех жұмысының техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етеді. Сондай-ақ мырыштық ерітіндісіндегі кейбір қоспалар бағалы компоненттер (кадмий, индий, талий, мыс) болып табылады, олардың тауарлық өнімге шығарылуы үлкен маңызға ие.

Мырыш сульфатының ерітіндісінен қоспаларды бөліп алу үрдісін жүзеге асыру үшін әртүрлі әдістерді пайдаланады: гидролиздік, цементациялық, химиялық, электролиздік.

Гидролиздік тазарту ерітіндіден темірді, мышьяқты, сурьманы, алюминийді, германийді, индийді, кейде тіпті мысты бөліп шығару үшін пайдаланылады [2].

Цементациялық әдіс ерітіндінің мыстан, кадмийден, кобальттан, никельден терең тазалануы үшін қолданылады, сонымен қоса үрдіс барысында ерітіндіден талий, индий, сурьма жойылады.

Химиялық әдіс ерітіндіден хлор, фтор, кейде кобальтты бөліп шығару үшін пайдаланылады. Ерітіндіде екі валентті ион күйінде кездесетін марганецті мырыш сульфаты ерітіндісінің электролизі кезінде жойылады. Онда марганец анодта тотығады және анодтық шламға марганецтің диоксиді күйінде тұнады. Ұнтақты қышқылмен араластыру кезінде мырыш тотығының толығымен еру үрдісі және басқа металдардың жартылай еру үрдісі жүзеге асады. Нәтижесінде ерітіндіге мырыш, кадмий, темір, мыс, мышьяк, сурьма, индий және тағы басқалар қосылады.

Ерітіндідегі калий, натрий және магний қоспаларының жойылу үрдісі айтылған әдістер көмегімен жүзеге асырылмайды және керісінше ерітіндіде жинала бастайды. Олардың ерітіндідегі белгіленген концентрациясын тұрақты сақтап тұру үшін ерітіндінің бір бөлігін электролиз үрдісінен шығаруға және жаңа дайындалған, құрамында қоспалары жоқ ерітіндіні қайта құюға тура келеді.

1.4 Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процессінің технологиялық сұлбалары

Дүниежүзілік және отандық тәжірибеде сілтісіздендірудің негізінен екі әдісін пайдаланады: үздіксіз сілтісіздендіру және периодты сілтісіздендіру. Олардың әр қайсысы сілтісіздендіру кезеңдерінің әртүрлі санымен жүзеге асырылуы мүмкін: бір кезеңнен бастап үш кезеңге дейін. Сонымен қатар сілтісіздендіру әдістері ұнтақтың ерітіндіге берілу тәсілдерімен және бірінші мен екінші кезеңдердегі қышқыл концентрациясымен ерекшеленуі мүмкін.

Сілтісіздендірудің үздіксіз әдісі гидрометаллургиялық құрылғыны жоғары тиімділікпен қолдануға мүмкіндік береді, себебі бұл әдіс кезінде аппаратураның толтырылуы мен босатылуына кететін уақыт жоққа шығады, технологиялық режимнің толық автоматтандырылған басқару жүйесін жүзеге асыруға болады, экзотермиялық реакциялардың жылуын одан әрі жүретін операцияларға сақтауға мүмкіндік береді. Бірақ бұл әдіспен құрамы орнықты жоғары сортты шикізатты ғана өңдеуге мүмкіндік береді. Төмен сортты және құрамы өзгергіш шикізатты өңдеу әдетте технологиялық үрдістің айтарлықтай бузылуын тудырады. Сонымен қатар сілтісіздендірудің үздіксіз үрдісі ұнтақты тасымалдау үшін айналымды ерітіндінің үлкен көлемін қамтамасыз етеді.

Сілтісіздендірудің үздіксіз үрдісі кезінде ұнтақ және қышқылды ерітінді сілтісіздендіру үрдісіне үздіксіз белгіленген массалық және көлемдік қатынаста түсіп отырады. Бұл кезде пульпа механикалық немесе пневматикалық араластырғышы бар тізбектей орнатылған кеспектен бірнеше рет өтеді.

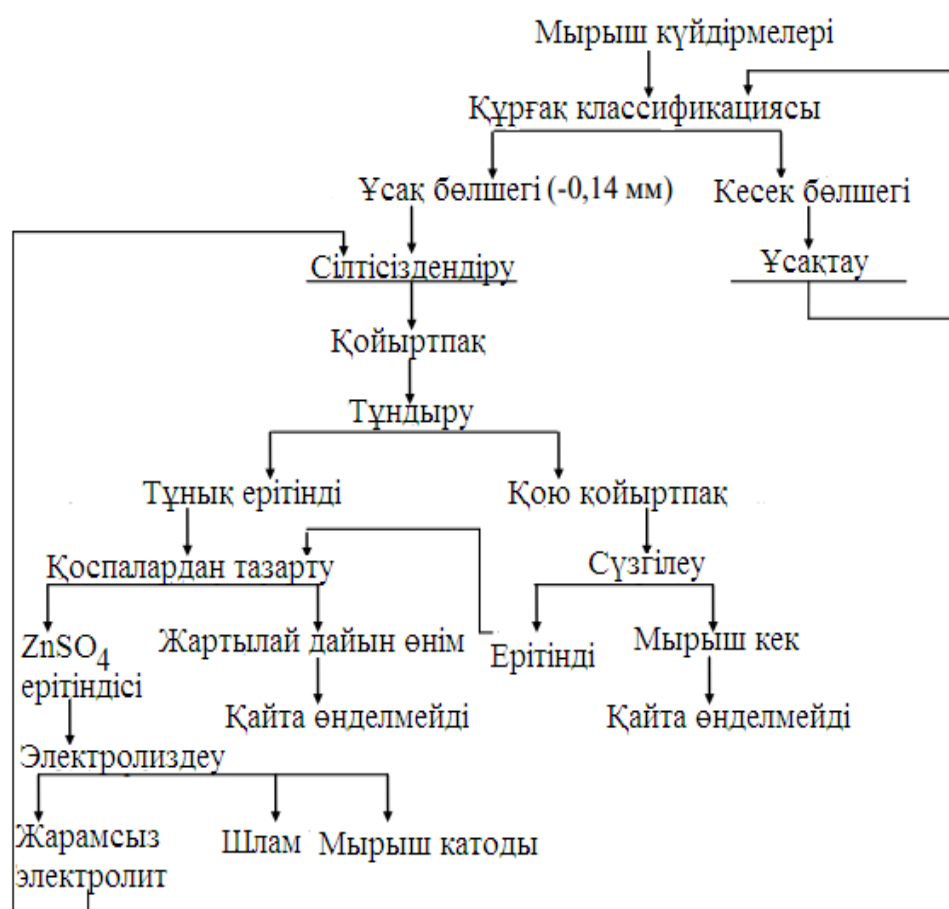
Периодты сілтісіздендіру әдісі үздіксіз сілтісіздендіру әдісінен бірінші кезекте өндірістің бірлік өндірістік ауданына қатынасының төмендігімен, қымбаттылығымен және құралдардың күрделілігімен, үрдіс жүрісінің үздіксіз бақылау талабымен айырықша жүйеге ие [2].

Периодты үрдіс сілтісіздендіру операцияларының үзіліп жүруімен және мырышты материал мен күкірт қышқылының бөлшектенген мөлшерленуімен сипатталады. Периодты сілтісіздендіру әдісі құрамы жағынан төмен сортты және күрделі шикізатты өңдеу үшін қолайлы болып есептеледі, себебі үрдіс жүрісі мен дайын пульпаның сапасын қатаң бақылау мүмкіндігін береді. Периодты үрдістің құрылғысы ретінде әдетте механикалық, кейде пневматикалық араластырғышы бар кеспекті пайдаланады. Сілтісіздендірудің әр операциясы (электролиз арқылы өңделген) күкірт қышқылының, айналмалы ерітіндінің, күйдірілген концентраттың кеспекке кезекті жүктелуінен, олардың белгілі уақыт аралығында

араластырылуынан және дайын пульпаның оның тұнуы мен сүзбеленуі үшін құралдарға шоғарылуынан тұрады.

Периодты сілтісіздендіру әдісі құрамы жағынан төмен сортты және күрделі шикізатты өңдеу үшін қолайлы болуымен ерекшеленеді, себебі үрдіс жүрісі мен дайын пульпаның сапасын қатаң бақылау мүмкіндігін қамтымасыз етеді.

Сілтісіздендіру сұлбасының қайсысын таңдау керек екендігі өңделетін шикізаттың сапасына тәуелді болып табылады. Өндірістің үлкен көлемінде, шикізат құрамының орнықтылығы және оның жоғары сапасы кезінде үздіксіз сілтісіздендіру әлде қайда дұрыс шешім болып отыр. Периодты сілтісіздендіру икемдірек үрдіс ретінде құрамындағы қоспалар көлемі жоғары шикізатты өңдеу кезінде қолайлы деп саналады [3].



1.1 Сурет - Бір кезеңді технологиялық сұлба

Бір кезеңді сілтісіздендіру кезінде ұнтақты айналмалы шайылған судың көп емес мөлшерін қоса отырып, жасалып біткен электролитпен бір кезеңде өңделеді. Қолданылатын ерітінділердің қоспаларының қышқылдығы жасалып біткен электролиттегі күкірт қышқылының концентрациясынан көп ерекшеленбейді. Бір кезеңді сілтісіздендірудің жүзеге асу операциясы ұнтақты еріту әдісіне байланысты бір құрылғы немесе бірнеше құрылғыда орындалуы мүмкін.

Периодты бір кезеңді сілтісіздендіру кезінде басында бастапқы материалдардың еруі жүреді, бұл әрекет кезінде ерітінді қышқылдығы 2-3г/л-ге дейін төмендейді (1-саты). Содан кейін араластыруды тоқтатпай қосылыстарды гидролиздік тұндыру мақсатында пульпаға ұнтақты қосып қалдық қышқылдықты жібереді (2-саты). Нәтижелік пульпа рН=4,8-5,1 көрсеткішін көрсетеді. Берілген үрдісті 70⁰ С температурада 2-3 сағат жүргізеді. Дайын бос пульпаны қоюлатқышта, жақтаулық және табақшалық сүзгіште тізбектей бөліп қарастырады.

Үздіксіз бір кезеңді сілтісіздендіру кезінде реакторға пульпаның қышқылдығын 2-3 л/г-ға дейін тез төмендететіндей ұнтақтың асқын мөлшерін жібереді.

Екі жағдайда да бос ерітіндіні қатты қалдық – кектен бөлгеннен кейін қоспалардан әрі қарай тазартуға, содан электролизге қайтадан бағыттайды.

Бір кезеңді технологиялық сұлба бойынша қоспалардың кекке күкірт қышқылымен шайылуын қайталамай шығаратындығы мен олардың айналмалы шайылатын судың құрамындағы мөлшерінің мардымсыздығынан қоспалардың толықтай бөлігінің жоқтығынан басқа сұлбалармен салыстырғанда таза бос ерітіндіні алады. Сондай-ақ берілген сұлба бойынша технологиялық жабдықтың мөлшері көп болмайды. Бұл сұлба қарапайымдылығымен, жанжақтылығымен және жоғары еңбек өнімділігімен ерекшеленіп көрінеді. Бірақта бұл сұлбаны жүзеге асыру үшін ұнтақ жақсы дайындалған және барынша жіңішке ұсақталған болуы керек, себебі сұлбаның екінші сатысында сілтісіздендіру ұнтақтың жоғары мөлшерімен жүріп, сол үшін сол толығымен мырыштың ерітіндіге тікелей өтуін төмендетіп қатты қалдық күйінде қалады. Мырыштың бір кезеңді сұлба бойынша ерітіндіге өтуі 88-90 %-да құрайды.

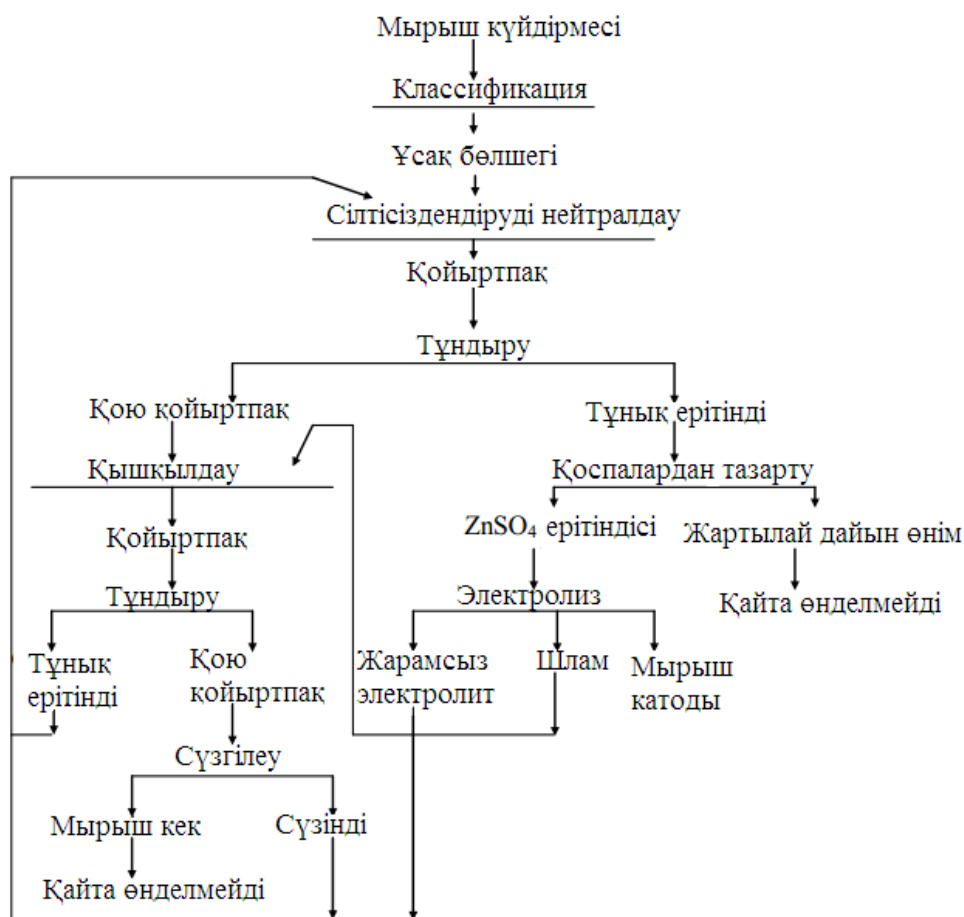
Екі кезеңді сұлбаға келетін болсақ, сол бүгінгі күні ең таралғаны болып саналады.

Бірінші кезеңде бос сілтісіздендіру жүреді де, ал екінші кезеңде қышқылдық сілтісіздендіру жүзеге асады. Бос сілтісіздендіру кезеңінде ұнтақты екінші қышқылдық кезеңнің айналмалы ерітіндісімен араластырады, және пульпаның анықталған рН=5,2-5,4 мәніне дейін босатумен бітіреді. Бос сілтісіздендірудің қорытынды мақсаты гидролизациялайтын қоспалардан тазартылған мырышты ерітіндіні алумен ерекшеленеді. Сондай-ақ сілтісіздендірудің бос кезеңінде ұнтақтан ерітіндіге мырыштың не бары 30-40 % ғана араласады. Қалған мырыш қышқылдық кезеңде сілтісіздендіріледі. Осылайша бос кезең құрылғылары соңына дейін сілтісіздендірілмеген материалдың үлкен бөлігімен асырыла жүктелген, бұл жайт оның қолдануын төмендетеді.

Ерітіндінің негізгі бөлігінің қатты қалдықтан бөлінгенінен кейін құрамында мырыш тотығының асқын мөлшері бар қоюланған бос пульпаға дайындалған электролитті қосады және екінші кезеңді жүргізіледі.

Қышқылдық кезеңде бірінші кезеңде пульпаны босату кезінде тұнған қоспалардың бір бөлігі қайта ерітіндіге өтеді және уақыт өте келе процесс барысында жинала береді.

Бірінші кезеңде әдетте бос сілтісіздендіру жүргізіледі де, ал екінші кезеңде қышқылдық сілтісіздендіру жүреді. Бос сілтісіздендіру кезеңінде ұнтақты екінші қышқылдық кезеңнің айналмалы ерітіндісімен араластырады, және пульпаның анықталған $pH=5,2-5,4$ мәніне дейін босатумен бітіреді. Бос сілтісіздендірудің қорытынды мақсаты гидролизациялайтын қоспалардан тазартылған мырышты ерітіндіні алу болып айқындалады [3].



1.2 Сурет - Екі кезеңді технологиялық сұлба

Әдетте сілтісіздендірудің бос кезеңінде ұнтақтан ерітіндіге мырыштың небары 30 - 40 % ғана өтеді. Қалған мырыш қышқылдық кезеңде сілтісіздендіріледі. Осылайша бос кезең құрылғылары соңына дейін сілтісіздендірілмеген материалдың үлкен мөлшерімен асырыла жүктелген, бұл жайт оның қолдануын төмендетеді.

Ерітіндінің негізгі бөлігінің қатты қалдықтан бөлінгеннен кейін құрамында мырыш тотығының асқын мөлшері бар қоюланған бос пульпаға дайындалған электролитті қосады да, екінші кезеңді жүргізеді.

Қышқылдық кезеңде бірінші кезеңде пульпаны босату кезінде тұнған қоспалардың бір бөлігі қайта ерітіндіге өтіп, уақыт өте келе үрдіс барысында жинала береді. Бұл жағдайда тепе-теңдік орындалып тек екінші кезеңдегі ылғалды мырыштық кекпен үрдістен шығарылатын қоспалардың мөлшері

үрдіске ұнтақтан және басқа материалдардан келетін қоспалардың мөлшеріне тең болғандағы көрсеткіші. Қоспалардың айналысы нәтижесінде екі кезеңдік сұлба кезінде бос сілтсіздендіру кезеңінде бір кезеңді сұлбамен салыстырғанда қоспалардың ерітіндідегі мөлшері көбірек болады. Алайда бұған қарамастан бұл сұлба мырыш пен басқа бағалы компоненттердің ерітіндіге көбірек шығарылуын қамтымасыз етеді (90-92 %).

Сілтсіздендіру үрдісінде алынған ерітінді қоспалардың айтарлықтай мөлшерін көрсетеді. Мырышпен қоса ерітіндіге мыс, кадмий, кобальт, никель, мышьяк, сурьма, темір, индий, германий және тағы басқа компоненттер өтеді. Мұндай ерітінді одан мырышты электролиз әдісімен бөліп алуға жарамайды, оны тазалаудан өткізеді.

Қатты қалдық – мырыштық кекке бос жыныстар компоненттері өтеді. Мысалы, қорғасын, асыл металдар және сирек металдардың бір бөлігі. Оның сонымен бірге мырыштың белгілі бөлігі бар, әдетте олар сульфид және фиррит түрінде орын алады. Кектің шығысы ұнтақ массасының 20 - 30 % құрайды. Мырыштық кектер пирометаллургиялық немесе гидрометаллургиялық әдістермен мырышты соңына дейін бөліп алу үшін өңделеді.

1.5 Мырыш ұнтағын сілтсіздендіру үрдісінің теориялық негіздері

Сілтсіздендіру үрдісіне түсетін мырыш ұнтағының құрамында мырыш басым жағдайда оксид күйінде кездеседі, сонымен бірге ұнтақ құрамында аз көлемде (3-4 %) мырыш сульфат түрінде де орын алады. Бұл қатынас мырыш сульфатының суға ерітінділігінен сілтсіздендіру кезіндегі күкірт қышқылын үнемдеу үшін сақталады. Мырыш окиды күкірт қышқылымен келесі реакция бойынша жүреді

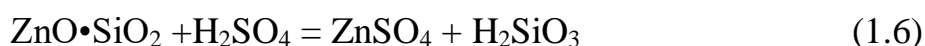


Сульфидті күкірттің ұнтақ құрамындағы қатынасы 0,3 % аспайды. Мырыш сульфиді сілтсіздендіру жағдайында ерімейді және ерітіндіге мырыштың шығуын төмендете отырып, кектерде қала береді.

Ұнтақтың құрамында сонымен қоса мырыштың және басқа да металдардың силикаттары мен ферриттері аздап кездеседі. Мырыштың ферриті күкірт қышқылының араласқан ерітіндісінде ерімейді десе де болады. Оның ерітіндіге өту деңгейі 4 % аспайды



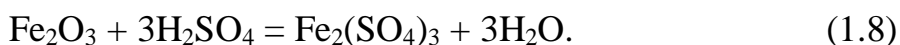
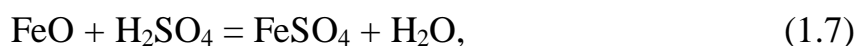
Мырыш силикаттары суда жақсы ериді, бірақ ерітіндіге қосылғаннан кейін солар кремний қышқылын яғни коллоидтық қосылысты түзеді де, бұл өз кезегінде сілтсіздендіруден кейінгі пульпаның қоюлануын, сүзбеленуін баяудатады



Ұнтақтың құрамында мырышпен бірге темірдің, мыстың, кадмийдің, қорғасынның, күмістің, алтынның, никельдің, кобальттың, марганецтың, барийдің, кальцийдің, алюминийдің және тағы басқа металлдардың қосылыстары кездеседі.

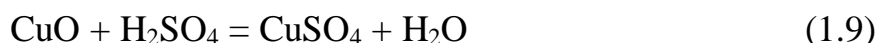
Кадмий физикалық және химиялық қасиеттері бойынша мырыштың қасиеттерімен ұқсас келеді, соның оксиді де мырыштың оксиді сияқты күкіртті қышқыл ерітінділерінде жақсы ериді. Ұнтақтан еріндіге кадмийдің 80-90 %-на дейінгі мөлшері қосылады.

Темір ұнтақтың құрамында көбінесе мырыш және мыс ферриті күйінде кездеседі, сонымен бірге ұнтақ құрамында аз мөлшерде темір Fe_2O_3 және Fe_3O_4 оксидтері және оданда сирек FeO күйінде орын алады. Темірдің оксидтері күкірт қышқылының әлсіз ерітінділерінде ериді



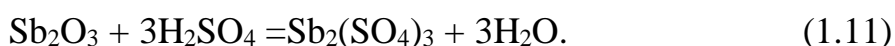
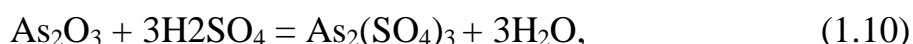
Жалпы ерітіндіге ұнтақ құрамындағы темірдің 3-4 % өтеді де, оның нәтижесінде темірдің ерітіндідегі концентрациясы 1-2г/л болып, бұл жағдай ерітіндінің мышьяктан, сурьмадан, германийден және тағы басқа қоспалардан гидролиздік тазалануы кезінде жағымдылық әсерін тигізеді.

Мыс болса ұнтақ құрамында оксидтер, ферриттер және силикаттар күйінде кездеседі. Күкірт қышқылында ең жақсы еритіні CuO оксиді болып табылды



Мыстың ферриттері де мырыш ферриттері секілді күкірт қышқылының әлсіз ерітіндісінде нашар ериді. Ұнтақтың сілтісізденуі кезінде ерітіндіге ұнтақ құрамындағы мыстың 50 % өтеді, ал қалғаны кекте қалады.

Сурьманың және мышьяқтың тотыққан қосылыстары ұнтақты сілтісіздендіру кезінде ерітіндіге сульфат түрінде өтеді



Ұнтақ құрамындағы никель, кобальт және марганец ерітіндіде сульфат түзе отырып ериді. Қорғасын болса күкірт қышқылымен сілтісіздендіру кезінде ауыр еритін сульфат күйінде толықтай бөлігі кекке өтеді де (ерітінді құрамында оның қатынасы не бары 1-3мг/л концентрациясында болады)

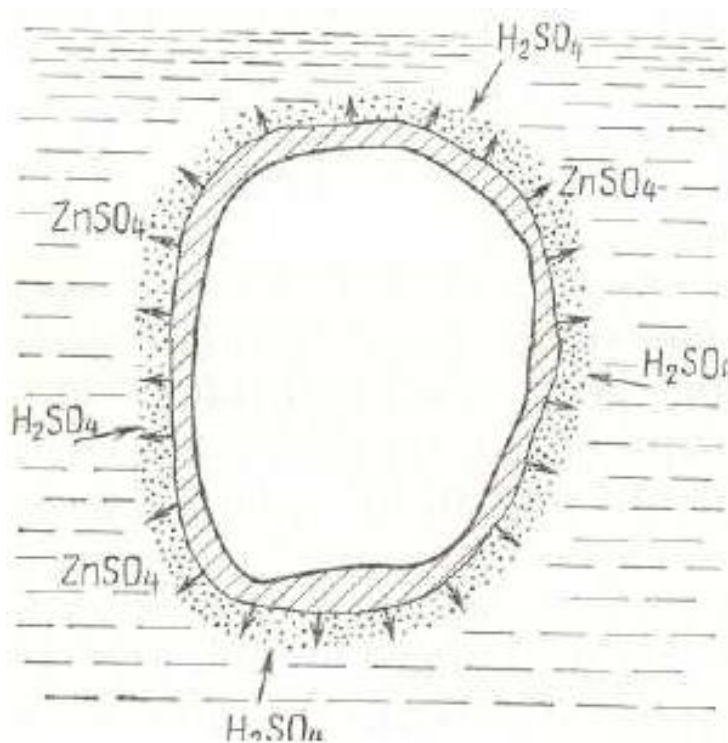


Күміс ұнтақ құрамында сульфид немесе сульфат түрінде орын алады. Күміс сульфаты ерітіндіде ериді, алайда нәтижесінде ерітінді құрамында күміс хлориді күйіндегі хлор иондарымен ерітінді түбіне тұнып қалады. Күмістің сульфиді болса күкірт қышқылында ерімейді және толығымен кекте қалады. Алтын толығымен қатты қалдықтағы күйінде қалады.

Кальцийдің және барийдің оксидтері күкірт қышқылды ерітіндіде ауыр еритін сульфат түзеді.

Қорғасын, кальций және барий күкірт қышқылының бір бөлігін ауыр еритін сульфаттарға байланыстырады, бұл жағдай концентраттарды алдын ала күйдірген кезде ұнтақты құрамындағы күкіртті сульфаттың қышқыл бойынша тепе-теңдік күйін сақтауды талап етеді. Күмістің сульфиді болса күкірт қышқылында ерімейді және және толығымен кекте қалады. Хлордың, фтордың, натрийдің, магнийдің қосылыстары күкірт қышқылында жеңіл ериді де, айналымды ерітіндіге жиналып қалады. Талий, галий, индий және германий сияқты бытыраңқы элементтердің бір бөлігі ерітіндіге өтеді.

Төменде ұнтақ бөлшектерінің күкірт қышқылында еру сұлбасы көрсетілген.

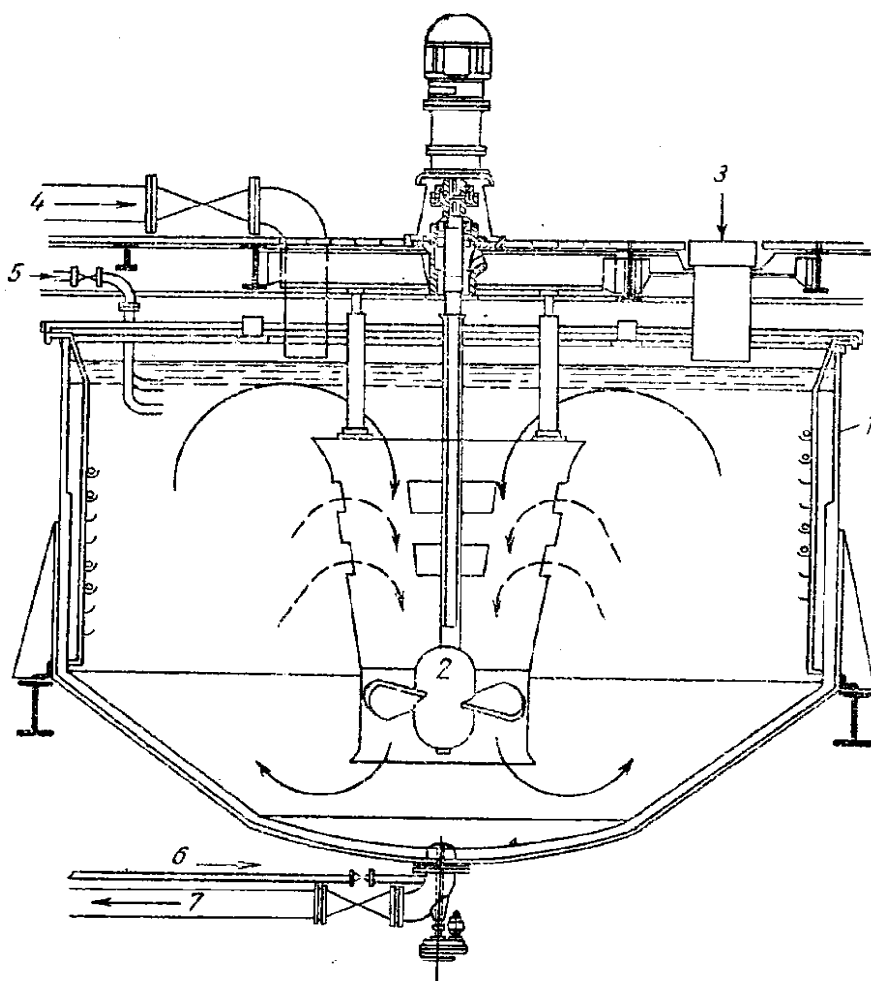


1.3 Сурет - Ұнтақ бөлшектерінің күкірт қышқылында еру сұлбасы

1.6 Мырыш ұтағын сілтісіздендіру үрдісінің құрал-жабдықтары

Мырыштық ұнтақты сілтісіздендіру үрдісін жүзеге асыру мақсатында және ерітіндіні қоспалардан тазарту мақсатында стандартты гидрометаллургиялық құрал-жабдықтарды қолданады: агитаторлар, кеспектер, пульпаны бөлу үшін қоюлатқыштар және түрлі құрылымдағы сүзбелер.

Сілтісіздендірудің үздіксіз әдісі үшін әдетте механикалық аралас-тырғышы бар агитаторды қолданады. Агитатор – түбі конус тәріздес келген цилиндрлік кеспек, ол ағаштан, таттанбайтын болаттан немесе темір бетоннан жасалады, ішінен қорғасынмен жалатылады. Кеспектің биіктігі 6-10м, оның диаметрі 3-4м, кеспектің жұмыстық көлемі – 40-100м³. Кеспектің түбі ондағы айналатын пульпаның тұнбаға түсуін жою үшін конус тәріздес орындалады [5].



1 - бак (сұйық зат құятын ыдыс); 2- пропеллерлі араластырғыш; 3 - күйген концентраттардың жүктелуі үшін арналған саңылау; 4 - пайдаланылған электролитті жіберу үшін арналған труба; 5 - бу жіберуге арналған труба; 6 - ауаны сығуға арналған труба (сығылған немесе қысымдалған ауа береді); 7 - қойыртпақты шығаруға арналған труба.

1.4 Сурет - Агитатордың сұлбасы

Кеспектің ортасында вертикаль орналасқан аэролифт трубасы орнатылады, оның бойымен төмен қарай қысылған ауа беріледі (0,2-0,25 МПа). Берілген ауа пульпамен араласып пульпа мен ауа көпіршіктерінің жеңіл ерітіндісін түзеді, мұндағы ауа көпіршігі мен пульпа төменнен әлдеқайда ауырырақ пульпамен ығыстырылып, пульпаның беткейіне қарай шыға бастайды. Аэролифттің сыртқы жағынан ауамен қанықпаған ауырырақ пульпа төменге қарай түседі және қайта аэролифтке беріледі.

Мұның нәтижесінде пульпаның интенсивті араласу циркуляциясы жүзеге асырылады, ол сілтісіздендірудің негізгі процесстерінің жүрісіне үлкен көмегін тигізеді: гидролиздің бос циклында және осы кезде пайда болатын қышқылды босатуда; қышқыл циклда ұнтақ құрамында орын алатын тотыққан мырыш қосылыстарының және басқа металлдардың қосылыстарының еруіне және темірдің және басқа да тотығу керек қосылыстардың тотығуына;

Сілтісіздендірудің керекті ұзақтығын қамтамасыз ету үшін бірнеше тізбектей қосылған агитаторларды орналастырады. Бастапқы пульпаны басты агитаторге береді, ал соңғы агитатордан пульпаны қоюландырғышқа жібереді.

Ұнтақты сілтісіздендірудің периодты әдісін қолданған кезде және ерітіндіні цементация әдісімен тазарту кезінде процессті механикалық араластырығышы бар агитаторларда жүргізеді. Агитатор мен араластырғыш түбі конус тәріздес келетін цилиндрлік корпус пен араластырғыш құрылғыдан тұрады. Корпустың ішкі бетін қорғасынмен жалатылады немесе қышқылға тұрақты қышқылға тұрақты цементтен жасалған кірпіштен жасалады. Қабат аралығын рубероидтен немесе полиизобутиленнен жасайды. Механикалық агитатордың көлемі 150 м³-ке дейін жетеді.

Араластыру құрылғысы пропеллерлік араластырғыштан тұрады, ол диффузордан және қышқылға төзімді болаттан жасалады. Диффузордың қолданылуы қуатты араластыруды қамтамасыз етеді. Диффузор ішінде пульпа жоғарыдан төмен қарай қозғалады, ал оның сыртында төменнен жоғары қарай қозғалады да, терезешелер арқылы диффузорға құйылады. Пульпаның агрессивті әсерінен қорғану үшін диффузор мен пропеллерлі араластырғышты қышқылға төзімді резинамен қаптайды.

Кейде агитаторларды қышқылға төзімді болаттан жасалған ирек түтіктермен жабдықтайды. Олардың бойымен сілтісіздендіру кезінде пульпаны қыздыру мақсатында пар беріледі.

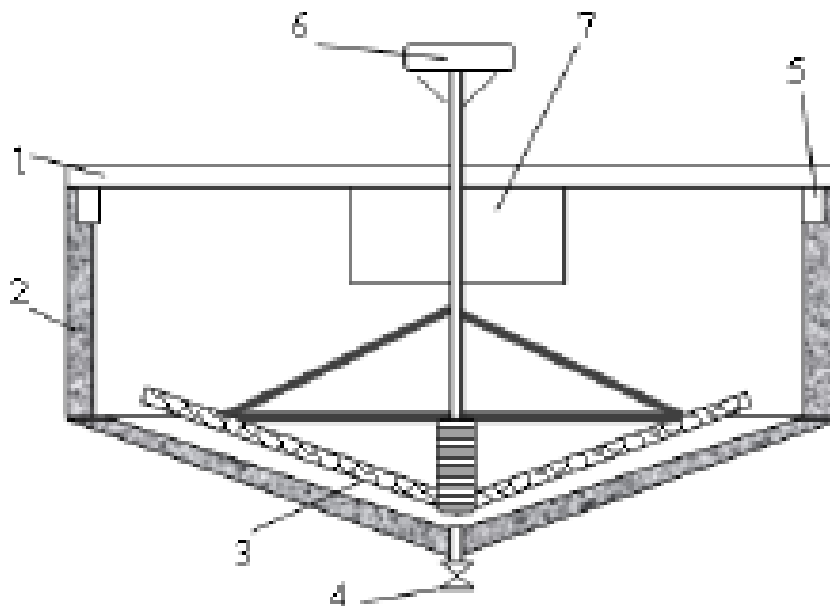
Күйдірілген мырыш концентратын сілтісіздендіруі кезінде және ерітіндіні қоспалардан тазарту нәтижесінде алынған пульпаны сұйық және қатты фаза бөледі. Бөлу үрдісін жүзеге асыру үшін тұндыруды және сүзбелеуді қолданады.

1.5-суретте көрсетілген қоюландырғыш диаметрі 10-18 м және биіктігі 4-5 м болатын күрегіш құрылғы көмегімен фермаға ілінген кеспектен тұрады. Кеспекті ағаштан, темір бетоннан немесе болаттан жасайды және қышқылға төзімді кірпішпен қаптайды. Қоюландырғыштың түбін 8-15° бұрышпен қиғаштап орналастырады, бұл әрекет тұнатын қатты материалдың орталық шығару тесігіне қарай қозғалысын қамтамасыз етеді. Сондай-ақ күрегіш

механизм де сол мақсатта қолданылады. Күрегіш механизм қышқылға төзімді болаттан орындалады немесе болатпен қапталады.

Құрамындағы қатты материал қатынасы 50-100 г/л болатын пульпаны оның құрамындағы кездейсоқ материалдан тазарту мақсатында торлы қабылдағыштан өткізеді.

Қоюландырғышта пульпаның қатты бөлшектері оның түбіне қарай тұнады, содан күрегіш механизм көмегімен аппараттың ортасына қарай жиналады және шығарылады, ал пульпаның сұйық фазасы аппаратқа қайта түсетін ауырырақ пульпамен жоғары қарай ығыстырылады және сақиналы науға қарай тасып төгіледі. Тұну үрдісін қуаттандыру мақсатында пульпаға полиакриламид немесе басқа да флокулянттарды қосады, бұлар пульпадағы ұсақ бөлшектердің ірірек бөлшекке айналуына ықпалын тигізеді. Қоюландырғыштың төгу тесігі құрамында қатты бөлшек жок сұйықтықты тазартуға жібереді, ал қоюланған пульпаны филтрация процессіне жібереді.



1 – қоюландырғыштың жабыны; 2 – темір бетонды кеспек; 3 – күрегіш механизм; 4 – төменгі төгудің шығысының түйіні; 5 – құю науасы; 6 – бастапқы пульпаны қабылдағыш; 7 – қозғалтқыш.

1.5 Сурет - Қоюландырғыштың сұлбасы

1.7 Пульпаның тұнуы мен қоюлануы

Пульпаның қоюлануы мен тұну процессі ретінде құрамында 50 % сұйық фазасы бар бастапқы пульпамен салыстырғанда құрамында қатты фазаның азырақ мөлшерін алуды қарастырады. Тұндыру процессі - ағарған ерітінді күйінде құрамында қатты заттың концентрациясы 1-2 г/л болатын пульпадан

сұйық фазаны бөлу процесі. Айтылып отырған екі процесстің екеуі де физикалық тұрғыдан бірі бірінен қатты ерекшеленбейді және қатты бөлшектердің сұйық фазада тұну процесі ретінде қарастырылады. Тұну және қоюлану процесстері кезінде пульпаның неқұрылым қатаңырақ бөлшектері қоюландырғыштың түбіне әлдеқайда тезірек түседі, ал ең ұсақ бөлшектер төменге баяуырақ жылдамдықпен түседі де, жоғарғы аумақта ұзағырақ уақытқа қалады. Пульпаны ағарту немесе тұну процесі қоюлану процесіне қарағанда баяуырақ жүреді [6].

Пульпаны ағарту үрдісінің жылдамдығының өсуіне және ағарған аумақтың биіктігіне келесі негізгі факторлар әсер етеді: ұнтақтың заттық құрамы және физикалық күйі, сілтісіздендіру режимі, ерітіндінің тығыздығы, пульпаның температурасы, қоюланған зонаның биіктігі.

Күйдірілген өнімдегі еритін силикаттар мен темір тотығының жоғары құрамы тұну немесе ағарту процесіне кері әсерін тигізеді, себебі бұлар ерітіндіге кремний оксиді мен темірдің өтуін жоғарлатады. Сонымен қатар сілтісіздендіру процесінде бұл қоспаларды ерітіндіден жою мақсатында операцияның ұзақтығын ұлғайтуға тура келеді, нәтижесінде ірі колоидты бөлшектер бірі біріне жиналып, пульпаның тұну үрдісін баяулатады. Ұнтақты сілтісіздендіру процесінен қалған ірі қалдықтары жақсы тұнады, алайда олар қоюландырғыштың төменгі бөлігін тығыз массамен бітеп күреуші механизмнің кенет сынуына немесе жұмысының тоқтауына әкелуі мүмкін. Сондықтан ұнтақтың ірі бөлшектерінің классификация кезеңі кезінде бөлінуі қоюландырғыштың істен шықпай жұмыс істеуі үшін қажет.

Кенді байыту фабрикаларындағы кеннің байытылуы кезінде оның бір бөлігі қайта ұсақталады да, концентраттарды ұсақталған материалдармен (құрамында әдетте кремнеземнің үлкен құрамы бар шламмен) ластайды. Концентратты күйдіру кезінде және оның одан арғы күкірт қышқылымен ерітілуі кезінде көлемі небары бірнеше микрометрге жетер-жетпес бөлшектер пайда болады. Бұл бөлшектер пульпаның тұну үрдісін қатты баяулатады, осыдан тұну ауданын үлкейту және ерітіндіні ағарту тұрғысынан арнайы іс-шараларды қабылдау қажеттілігі туады.

Пульпаның тұну үрдісіне айтарлықтай әсерін сілтісіздендірудің режимі және бірінші орында ерітіндінің бастапқы және соңғы қышқылдығы тигізеді, сонымен қатар бұр үрдіс пульпаның температурасына және операцияның ұзақтылығына байланысты. Ерітіндінің бастапқы қышқылдығының жоғарылығы, әсіресе қышқылдық кезеңде, тұнған кремний қышқылы мен металлдардың сутектотығының ерітіндіге күшейтіліп қайта өтуіне әкеледі. Сонымен қатар жоғары қышқылдылыққа құрамында кремний оксидінің үлкен мөлшері бар, күйдірілген концентраттардың күкірт қышқылында ерітілуі кезінде жол берілмеуі тиіс.

Сонымен қатар пульпаның қоюлану және тұну процесіне бос циклда да, қышқылдық циклда да пульпаның соңғы қышқылдығы маңызды әсерін тигізеді. Қышқылдығы $pH < 1-2$ (0,5-5 г/л) болатын пульпалар салыстырмалы жеңілірек

қоюланады, алайда ерітіндінің ағаруы өте баяу жүреді, бұл айтылған рН мәндерде коагуляция процесстерінің жоқтығымен түсіндіріледі.

Ал егер ерітіндіде колоидты бөлшектер болса, пульпаның қоюлануы мен тұнуы шұғыл төмендейді. Ал мұндай үрдіс екі кезеңді сұлба кезінде байқалады, сондықтан айтылған сұлбамен жұмыс істейтін өндіріс орындарында қышқыл пульпаның тұну процесі ерекше баяу жүреді, себебі мұнда қоллоидтардың ұсақ бөлшектері айналмалы ерітінділер құрамында жиналады.

Пульпаның тұнуына әсерін тигізетін факторлар ішіне ерітіндінің тығыздығын да жатқызуға да болады. Құрамында концентрациясы 150 г/л – дан көп мырышы бар және балластты қоспалармен яғни магний, калий, натрий, марганец тұздарымен ластанған ерітінділер үлкен тығыздыққа және тиісінше жоғары тұтқырлыққа ие. Мұндай ерітінділер нашар тұнады және жарамды тұнба алу үшін жоғарырақ температураны талап етеді. Сұйық фаза мен қатты фазаның қатынасы да қоюлану және тұну үрдістеріне белгілі мөлшерде әсер етеді. Бұл қатынастың ұлғаюы кезінде тұну үрдісі жоғарлайды, ал азайған кезде төмендейді [12].

Пульпаның температурасы тұну үрдісіне жағымды әсерін тигізеді. Сондай-ақ тұнуға ыстық ұнтақ пен ерітіндінің байланысы көмектеседі. Пульпаның температурасы 70⁰С жеткенде және асқанда ерітіндінің тұтқырлығы төмендейді және тиісінше тұну жылдамдайды. Ерітіндіні жылыту әсіресе оның үлкен тығыздығы кезінде және оның құрамында темірдің сутектотығы мен кремний қышқылының көп болуы кезінде қажет.

Соңғы жылдары барлық гидрометаллургиялық мырыш шығары кен орындарында пульпаның тұнуын жақсарту мақсатында полиакриламид флокулянтты қолданады. Полиакрилоидты біздің мемлекетте 8 пайыздық тұтқыр ерітінді күйінде шығарады. Оның шығыны пульпаның физикалық күйіне байлағысты 0,1-0,3 л/м³ аралығында тербеледі.

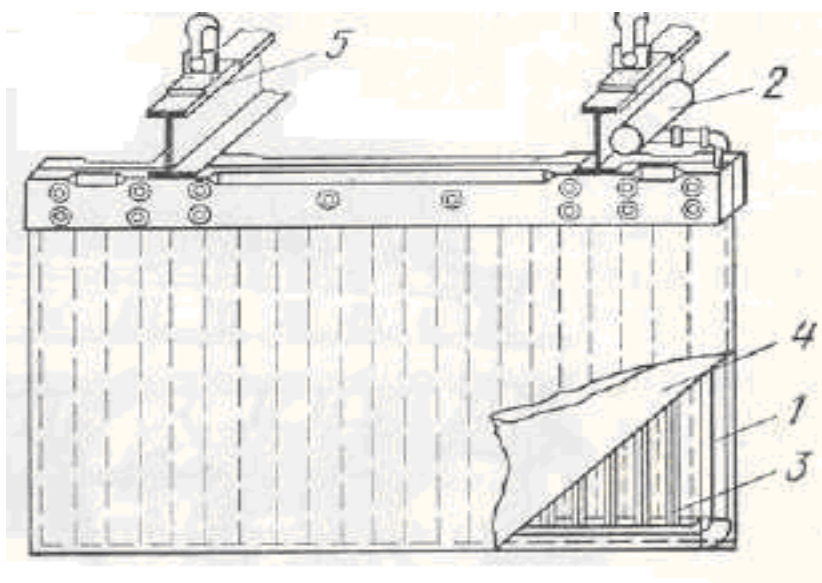
Жоғарыда пульпаның тұну процесіне әсер ететін негізгі факторлар қаратырылды. Алайда тәжірибеде тұну жылдамдығының төмендеуіне әкелетін басқа да себептер бар. Олар толығымен қызмет персоналының жұмыс сапасына және қоюлатқыштың жұмыс ремимінің сақталуына тәуелді. Осындай себептердің бірі қоюланған өнімнің қоюландырғыштан шығарылуының уақытында жүзеге аспауы және қоюланған аумақтың, жоғарғы тұнбалық аумақтағы пульпаның тұнуына кедергі жасайтын, биіктігінің жоғарлауы болып табылады. Тұну үрдісінің бұзылуы кезінде бірінші орында осы себепті жою қажет, яғни қоюландырғыштан қоюланған өнімді шығаруды тездету қажет.

Сонымен қатар пульпаның тұнуының көрсеткіші ретінде тұну жылдамдығын да қарастыруға болады. Оның жылдамдығы ағартылған пульпаныңшыны цилиндрдегі көтерілуімен сантиметрмен есептеледі.

1.8 Ерітінділер мен пульпалардың сүзбеленуі

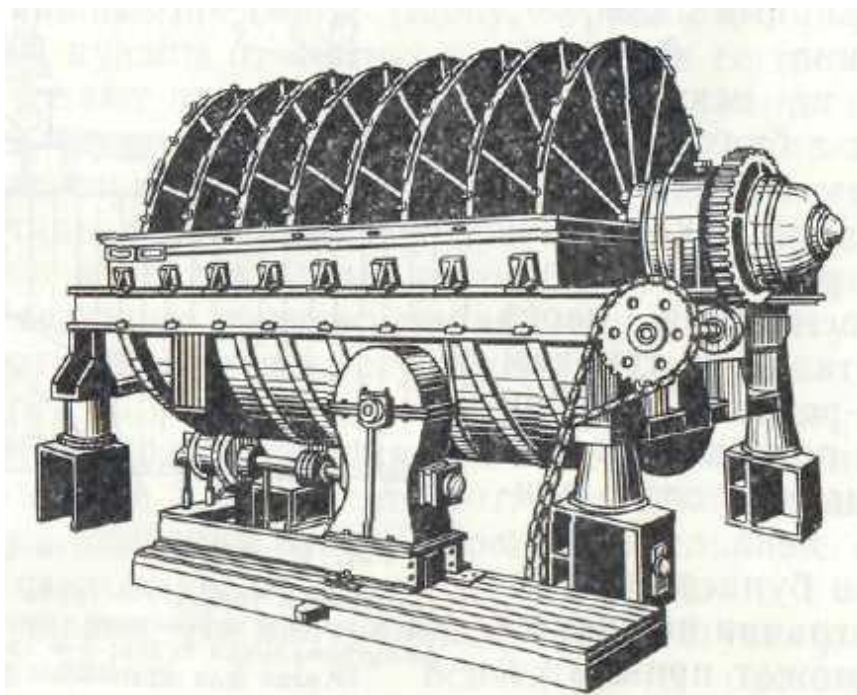
Ерітінді мен қатты қалдықтың толық әрі соңғы бөлінуі сүзбелену нәтижесінде жүзеге асады. Сүзбелену арнайы, сұйықтықты өткізетін және қатты бөлшектерді өткізбейтін, бөлгіш көмегімен орындалады. Ондай бөлгіш құралдың материалы ретінде негізінен синтетикалық сүзгіш ұлпаларды қолданады. Сүзбелену процессін фильтр деп аталатын арнайы аппараттарда жүзеге асырды. Оның екі жағында қысым айырмашылығы туындайды.

Күйдірілген өнімнің сілтісіздендіруден қалған қатты қалдығын(мырыштық кек) қоюландырғыштан қоюланған пульпа күйінде шығарады. Мұндай ылғал материалды одан әрі өңделуі ерітіндінің үлкен шығынымен және мырыштың тікелей алынуының төмендеуімен байланысты. Сондықтан қоюланған пульпаны алдын ала вакуум-фильтрде сүзбелеуге ұшыратады.



1 – мыс трұба; 2 – вакуум сорғыш тұрбасы; 3 – ағаш бөгегіштер; 4 – сүзбелік материал; 5 – рамаларды ұстағыштар

1.6 Сурет - Рамалық вакуум-фильтр



1.7 Сурет - Табақшалық вакуум-фильтр

Басқа мемлекеттердегі кен орындарында қоюланған пульпаны барабанды вакуум-фильтрмен сүзбелейді. Кеңес одағының мемлекеттерінде бұл фильтрдің мұның өнімділігінің төмендігі салдарынан қолданбайды. Мемлекетіміздегі кен орындарда рамалы және табақшалы вакуум-фильтрлерді қолданады, бұлар үлкен өнімділікпен ерекшеленеді. Фильтрлардың жұмысына қажет қысым айырмашылығы вакуум сорғыштармен жасалады. Басында фильтрлік материал кек қабатымен қапталмай тұрған кезінде пульпаның сүзбеленуі үлкен жылдамдықпен жүреді. Содан кек қабатының ұлғаюымен және оның торларының ұсақ бөлшектермен бітелуінен сүзбелену жылдамдығы төмендеп, тіпті мүлдем тоқтап қалуы да мүмкін.

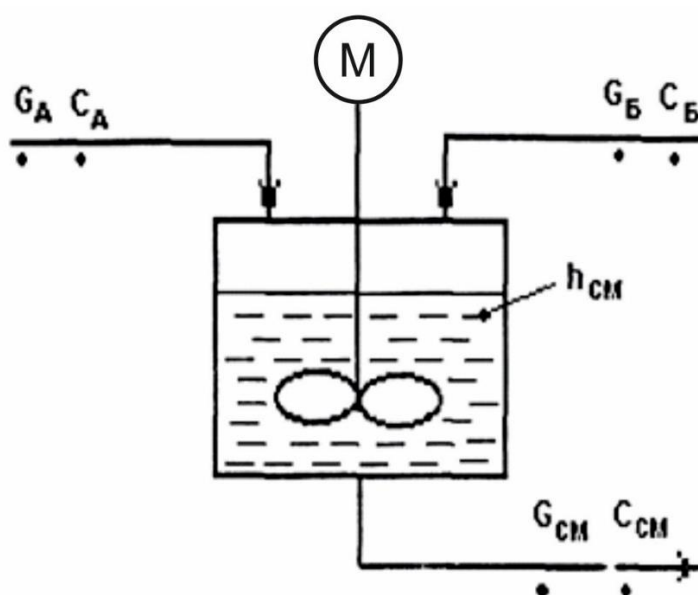
Бұл, сүзбелену жылдамдығының уақыт өте келе тежелу қүбылысы, фильтр бетінен кектің периодты алынып отыру және, оның сүзбелеу қабілеттілігін қайтару мақсатында, сүзбе материалын регенерациялау қажеттілігін тудырады. Кекті сүзбелік материалдың арғы бетінен келетін сығылған ауа көмегімен жояды. Қоюланған пульпаны вакуум-фильтрлерде сүзбелеу үрдісі айналымды жүзеге асады: бірінші кек жиналады, сосын оны ауамен үру арқылы кептіреді, содан сүзбелеу материалынан кекті жою. Кек қабатының жойылуынан соң барлық операциялар қайталанады [14].

2 АРНАЙЫ БӨЛІМ

2.1 Кеспекті араластырғыш бақару нысаны ретінде

Басқару нысаны – араластырғышы бар кеспек, бұл аппарат үздіксіз жұмыс жасайды және мұнда күкірт қышқылының концентрациясы мен мырыштың ертіндіге өту деңгейін сақтай отырып, ерітіндінің гомогендік күйін келтіріледі.

Басқару объектісінің сұлбасы төменде келтірілген.



2.1. Сурет - Басқару нысанының сұлбасы

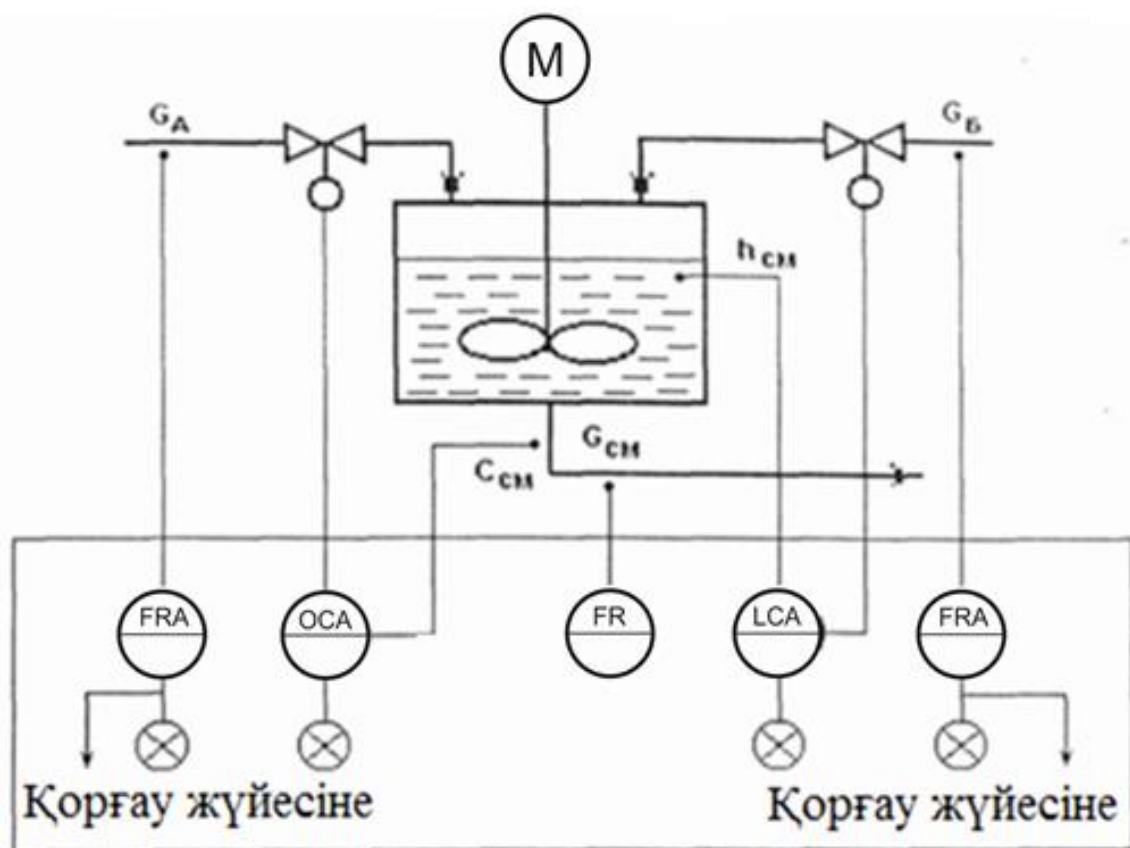
Үрдістің тиімділігінің көрсеткіштері – гомогенделген ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясы мен мырыштың ерітіндіге өту деңгейі.

Процесті басқарудың мақсаты – ерітіндіні тиімді әрі қуатты арластыра отырып қоспаның берілген концентрациясын қамтамасыз ету болып табылады.

Араластырудың тиімділігі араластырушы аппараттың тиімді параметрлерін таңдаумен, араластырғыштың берілген интенсивтіліктегі қоспа концентрациясының берілген уақыттағы біртектілігін жүзеге асыратын араластырғыштың айналу жиілігімен қамтамасыз етіледі.

Алайда нақты жағдайларда технологиялық нысандар сыртқы және ішкі ауытқушы әсерлерге ұшырайды, және сол ауытқушы әсерлер жұмыстың технологиялық режимдерінің есептелген мәндерден ауытқуын туғызады. Автоматтандыру жүйесін құрудың тапсырмасы процесс кезінде сыртқы және ішкі ауытқушы әсерлер жағдайында сапаның талап етілген сипаттамаларын сақтай отырып, оның тиімді әрі қуатты жұмысын қамтамасыз ету болып табылады [16].

Сілтісіздендіру кесбегіндегі араластыру үрдісінің типтік автоматтандыру сұлбасы төмендегі суретте көрсетілген.



2.2 Сурет - Араластырудың типтік автоматтандыру сұлбасы

Автоматтандырудың типтік шешімдері:

1. Реттеу.

Күкірт қышқылының концентрациясын гомогенделген ерітіндіні алу мақсатында араластырылу процессінің тиімділік көрсеткіші ретінде реттеу.

Аппараттағы деңгейді сұйық фаза бойынша материалдық балансты қамтамасыз ету мақсатында реттеу.

2. Бақылау.

- шығын - G_A , G_B , G_{CM} ;

- концентрация - C_{CM} ;

- деңгей - h_{CM} -

3. Сигнализация.

- Деңгей мен концентрация мәнінің берілген мәннен айтарлықтай ауытқуы;

- Бастапқы реагенттер шығынының кенет төмендеуі.

4. Қорғау жүйесі

2.2 Автоматтандыру тапсырмасының қойылымы

Кез келген үрдісті автоматтандырудың тапсырмасы осы үрдісті автоматтандырудың мақсатының салдары ретінде ұсынылады. Және кез келген автоматтандырудың мақсаты өнімділікті жоғарылату, технологиялық үрдістің

жүруінің тиімді жағдайына жету, максималды қайтарымдылыққа жету, құрылғы қызметі кезіндегі еңбек шығынын төмендету, өндірістік үрдістің жүруі жайлы жедел ақпарат жинау болып табылады. Ал мақсатқа қол жеткізуде келесі тапсырмалар шығады: құрылымдық автоматтандыру жоғары деңгейде болу керек, ол үшін сапалы әрі үрдісті толық әрі шынайы сипаттай алатын математикалық модель жасалу керек, үрдісті басқаруды және оның технологиялық режимдерін тиімділеу әдістері таңдалып жүзеге асырылу керек, тиісті және сәйкесінше реттегіштер таңдалып жүзеге асырылу керек. Берілген дипломдық жобаның тапсырмасы да осы критерийлер негізінде құрастырылып жүзеге асырылды [17].

Берілген дипломдық жобада құрастырылатын мырыш ұнтағын сілтісіздендірудің математикалық моделі бүгінгі күні белгілі статикалық режидерді есептеудің модельдерімен салыстырғанда техникалық құбылыстарының жүру динамикасын көрсетеді, сонымен қатар басқа модельдерден ерекшелігі жүйеге қосымша реакциялар қосу арқылы сілтісіздендіру үрдісі кезінде түзілетін өнімдердің өзара әрекеттесу динамикасын ескеруге және диссоциацияланатын күкіртпен қалпына келетін магнетиттің ағымын бағалауға мүмкіндік береді. Бұл жағдай өз кезегінде жылу бөліну шамасын ескеруге мүмкіндік береді, яғни сұйық фаза мен қатты фаза жүйесіндегі тепе-теңдік жағдайында материалдық баланстың құрылымын ескеруге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар осы жасалған математикалық модель көмегімен тиімді басқару алгоритмі құрылуы тиіс, ол математикалық модельдің қандайда бір критерийлік параметрін қарастырып соның минимумын немесе максимумын есептеу басқаруы тиіс.

Математикалық модель мен тиімді басқару алгоритмі жасалғаннан соң осы бөлімдерде қарастрылған параметрлермен көрсеткіштерді пайдалана отырып реттегіш жасалуы тиіс.

Жалпы тапсырманы нақтылай келе келесідей тапсырмалар орныдалуы тиіс: сілтісіздендіру үрдісінің материалдық баланс дифференциалдық теңдеулері арқылы математикалық модель құрылуы тиіс. Соның тірек параметрлері таңдалып, тиімді басқару алгоритмі жасалуы тиіс, онда мырыштың кектегі құрамын минимизациялау немесе мырыштың ерітіндіге өту деңгейін құрамын максималдау критерийінің бірі таңдалып, жылдам түсу әдісімен тиімді басқару алгоритмі құрылуы тиіс. Осы жұмыстар орындалғаннан соң ПИД-реттегіш жасалып, оның тиімді режимдері мен параметрлері есептелуі тиіс.

2.3 Сілтісіздендірудің АБЖ мақсаты мен тағайындалуы

Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру технологиялық үрдісінің автоматтық басқару жүйесінің тағайындалуы ерітінді құрамында мырышы бар шикізаттың сілтісіздендіру технологиялық үрдісін автоматтандырылған бақылау мен басқаруға бағытталған бағдарламалық-техникалық кешен түрінде ұсынылады.

Оның функциялары болып келесілер табылады:

- басқару нысанының жағдайын сипаттайтын айнымалылар жайлы ақпаратты жинау және өңдеу, технологиялық үрдістерді ұйымдастыратын операторлардың компьютеріне қабылданған және өңделген ақпараттарды жіберу – автоматтық реттеу жүйелерінің және қабылданған технологиялық режимдердің стабилизациясының локалдық функцияларының жүзеге асырылуы;
- технологиялық нысандардың дистанциялық басқарылуы;
- басқарылатын нысанның жұмыс жайлы жедел ақпараттарды мнемоникалық, сандық, графикалық көрсету;
- авария алды және авариялық жағдайлардың сигнализациясы;
- есептік құжаттардың басылуы мен құралуы.

Кеспек құрамына тікелей енетін утилизатор-қазан және парды түрлендіргіш қондырғының технологиялық нұсқаулар жиынтығы берілген жүйенің автоматтандыру объектісі болып табылады [20].

Сілтісіздендіру кешенінің басқаруы мен басқылаудың автоматтандырылған жүйесінің негізгі мақсаты оның жұмысқа жоғарғы қабілеттілігін қамтымасыз етуі және оның тиімді жұмысын қамтымасыз ету болып табылады.

Технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесіндегі басқару критерийі басқарудың (жалпы технологиялық объектінің жұмысының сапасы) мақсатына жету дәрежесін сипаттайтын және қолданылатын басқару әсерлеріне байланысты түрлі сандық мәнді қабылдайтын өзара қатынас болып табылады. Осыдан келесідей қорытынды шығады, басқару критерийі не экономикалық (шығарылатын өнімнің қабылданған сапасындағы өзіндік құны, тура осы қабылданған сападағы шығарылатын өнімнің өнімділігі және тағы басқа осы сияқты критерийлер) техникалық көрсеткіш (үрдістің параметрлері, шығарылатын өнімнің сипаттамасы) болуы мүмкін.

Сонымен қатар сілтісіздендіруі технологиялық процессінің автоматтандырылған басқару жүйесін құрастыру жұмысы аясында бүгінгі күні бар жүйелермен жасалатын жүйенің өзара интеграциясын қамтымасыз ететін жүйенің компоненттерін жүзеге асыру мақсаты қойылады.

2.4 ТҮАБЖ қызметі

Технологиялық үрдістің автоматтық басқару жүйесін құрастыруда жүйенің жұмысының және кәсіпорынның жалпы басқару құрылымындағы оның тағайындалуының нақты мақсаттары анықталуы тиіс.

Осындай мақсаттарды мысалы ретінде:

- жанармайдың, шикізаттың, материалдардың және тағы осы сияқты басқа ресурстардың үнемделуі;
- объектінің жұмысының қауіпсіздігін қамтымасыз ету;
- шығарылатын өнімнің сапасының жоғарлауы немесе шығарылатын өнімдегі қабылданған параметрлердің қамтымасыз етілуі;
- адам еңбегінің шығынының төмендеуі;

- қолданылатын қондырғының жұмысы мен жүктелуінің тиімді деңгейіне қол жеткізуді;

- технологиялық қондырғының және тағы басқа нысандардың жұмыс режимінің оптимизациясы.

Технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің қызметі берілген басқарудың мақсаттардың орындалуына қол жеткізуді қамтамасыз ететін жүйенің әрекеттерінің жиынтығы түрінде ұсынылады.

Мұндағы жүйенің әрекеттерінің жиынтығы дегеніміз жүйенің оның элементтерінің жүзеге асыру үшін орындалатын, құжаттамада сипатталған операциялар мен процедуралардың тізбегі.

Технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің қызметінің дербес мақсаты – осы мақсатқа қол жеткізуге жеткілікті жүйе элементтерінің әрекеттерінің толық жиынын анықтауға болатын қызмет мақсаты немесе оның декомпозициясының нәтижесі.

Технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің қызметіне әрекеттердің бағытталуы жағынан негізгі және көмекші болып екіге бөлінеді, осы әрекеттердің мазмұны жағынан технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің қызметін басқарушы және ақпараттық болып жіктеледі.

Технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің негізгі тұтынушылық қызметіне жүйенің технологиялық объектінің басқаруға және араласқан басқару жүйелері арасындағы ақпарат алмасуға бағытталған басқару әсерлерін жүзеге асыратын қызметтік мақсатқа қол жеткізуге бағытталған функциялар кіреді. Технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің қызметі берілген басқарудың мақсаттардың орындалуына қол жеткізуді. Әдетте осындай функцияларға өндірістің технологиялық үрдісін басқаруға қажетті ақпаратпен автоматтандырылған технологиялық кешеннің жедел персоналын қамтамасыз ететін ақпараттық функциялар кіреді.

Технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің қызметінің көмекші функцияларына жүйенің жұмысын басқаруды және бақылауды жүзеге асыратын жүйенің керекті қызметінің сапасына қол жеткізуге бағытталған функциялар жатады [22].

Технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің басқарушы қызметтеріне әр қайсысы тиісінше басқару объектісіне басқару әсерімен жүзеге асырылу мен өңдеу болып табылатын функциялар жатады. Мысалы, негізгі басқарушы функциялар, жеке технологиялық айнмалылардың реттелуі, технологиялық құрылғылармен бағдарламалық логикалық басқару, басқарудың технологиялық объектісін тиімді басқару, басқарудың технологиялық объектісін адаптивті басқару, технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің қондырғысының авариялық өшірілуі, техникалық құралдардың авариялық қорек көзіне ауысуы және тағы басқа осы сияқты функциялар.

Технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің қызметінің ақпараттық функциясына басқаралатын технологиялық объектінің немесе

технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің жағдайы жайлы ақпаратты қабылдап, түрлендіру және байланыс жүйелеріне немесе автоматтандырылған технологиялық кешеннің жедел персоналын осы ақпаратты ұсынуды жүзеге асыратын функциялар жатады. Қойылған мақсаттар жүйемен оның функцияларының жиынтығының орындалуымен жүзеге асырылады. Технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің басқарушы қызметтеріне әр қайсысы тиісінше басқару объектісіне басқару әсерімен жүзеге асатын және өңдеу болып табылатын функциялар жатады. Мысалы, негізгі ақпараттық функциялар, технологиялық параметрлердің бақылануы мен өлшенуі, үрдістің параметрлерінің балама өлшенуі, байланыс басқару жүйелеріне ақпараты дайындап жіберу, көмекші ақпараттық функциялар, қондырғының жағдайын бақылау, технологиялық үрдістің автоматтандырылған басқару жүйесінің немесе оның құрамдас бөліктерінің қызметінің сапасын сипаттайтын көрсеткіштерді анықтау және тағы басқа осы сияқты функциялар жатады [24].

Автоматтандырылған басқару жүйесі жүзеге асырады:

- технологиялық қондырғының (фазаның резервуардағы пайда болуы мен аралық қабатының деңгейі, насостық агрегаттардың температурасы мен қысымы, газ бен мұнайдың шығыны және тағы басқа);

- технологиялық параметрлердің өлшенген мәнінің нұсқаулармен салыстырылуы және басқару сигналдарының сонымен қатар ескерте және авариялық сигнализацияның құрылуы;

- сұйық балансының толық технологиялық нысан бойынша есептелуі;

- насостық агрегаттардың жағдайын бақылау, авариялық жағдайлар туындаған жағдайда авариялық өшіру сигналын құрастыру;

- технологиялық үрдістің жүрісін мнемосхема, трендер, индикаторлар түрінде ұсыну, негізгі технологиялық параметрлердің қағазсыз хронометрлер технологиясын жүргізу және оқиға протоколын құрастыру;

- оператор-технологтың жұмыс орнынан кесіп тастайтын және реттейтін арматураның, сондай-ақ регулятордың нұсқауларының өзгеруі арқылы пульттың көмегімен жедел қолмен басқару;

- жұмысқа қосу және жөндеу жұмысын жүзеге асырарда этаптық іске қосы мүмкіндігі;

- автоматтық реjtтеу режимінен қолмен реттеу режиміне екпінсіз ауысу;

- автоматтық басқару жүйесінің компоненттерінің өздігінен бақылануы және компоненттер мен тізбектердің жұмысының дұрыс еместігі туралы сигнализация.

Архитектура тұрғысынан автоматтық басқару жүйесі иерархиялық принциппен құрылады және жоғарғы және төменгі деңгей болып бөлінеді.

2.5 АБҚ құрылымы

Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру технологиялық үрдісінің автоматтық басқару жүйесінің құрылымы жағынан үш деңгей бөлініп қарастырылады: төменгі деңгей, жоғарғы деңгей және ортаңғы деңгей. Соларға қысқаша тоқталып кетесек.

Төменгі деңгей – технологиялық жабдыққа тікелей орнатылған датчиктерден, өлшеу түрлендірігіштерінен және орындаушы құрылымылардан тұратын деңгей болып табылады.

Ортаңғы деңгей – ақпараттың жиналуы мен өңделуі, сонымен қатар орындайшы механизмдерді басқаруға арналған басқаруша әсерлердің құрылуы жүзеге асатын деңгей болып табылады. Ортаңғы деңгей технологиялық үрдіс пен жабдықты қызмет етудің және қорғаудың авариялық жүйесі мен сигнализацияның қабылданған алгоритміне сәйкес басқаруды қамтымасыз ететін деңгей болып табылады. Берілген деңгейдің құрылғысы бағдарламаланатын контроллерлер негізінде жүзеге асырылған, және олар қамтымасыз етеді:

- аналогтық және дискретті сигналдарды енгізуді;
- басқарушы сигналдардың берілуін;
- жоғарғы дәрежелі электронды есептеуіш машиналардан келген немес қабылданған бағдарламаларды өңдеуді.

Жоғарғы деңгей – АРМ-технологының деңгейі болып табылады, және оның құрамына кіреді:

- бір немесе екі мониторлы пернетақтамен жабдықталған Pentium III процессорлы компьютер негізіндегі операторлы станциялар;
- басып шығарушы құрылғылар және дыбыстық сигнализация.

АРМ оператор-технологының деңгейі – технологиялық үрдісті басқарудың ақпараттық техникалық кешені болып табылады және өнеркәсіптік автоматтандырудың стандартты SCADA-жүйесі негізінде құрастырылған.

SCADA – ақпаратты жинау және диспетчерлік басқаруды жүзеге асыратын жүйе болып табылады. Таратылған басқару жүйесіндегі технологиялық процесстерді визуализациялауға, сонымен қатар диспетчерлік басқару мен деректерді жинау құралдарын құрастыруға арналған операторлық интерфейстердің құрастыру құралдарының бағдарламалық пакеті ретінде ұсынылады. Берілген бағдарламалық пакеттер динамикалық объектілік-бағытталған графикалар көмегімен технологиялық процесстерді графикалық түрде және нақты уақыт мезетінді көрсетуге мүмкіндік береді [25].

2.6 Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру үрдісінің математикалық моделі

Мырыш ұнтағының өнеркәсіптік сілтісіздендіру үрдісінің негізінде ұнтақ компоненттерінің арнайы даярланған электролитпен өзара байланысу гетерогендік үрдісі жатыр. Үрдістің технологиялық мақсаты ерітіндінің қоюлату

және сүзгілеу операцияларын күрделендіретін қоспаларымен ластануды мейлінше азайта отырып, ерітіндіге мырыш пен басқа да бағалы компоненттердің мейлінше үлкен мөлшерін шығару болып табылады.

Ұнтақ компоненттерінің сілтісіздендіру үрдісінің жылдамдығы келесі химиялық кинетика теңдеулерімен сипатталады

$$\begin{aligned} \frac{dC_{MeO}}{dt} &= -KSC_{H_2SO_4}, \\ \frac{dC_{H_2SO_4}}{dt} &= -KSC_{H_2SO_4} \cdot \\ dC_{H_2SO_4} &= \beta\alpha C_{MeO}, \end{aligned} \quad (2.1)$$

мұндағы C_{MeO} – металл окидтерінің концентрациясы;

$C_{H_2SO_4}$ – күкірт қышқылының концентрациясы;

S – қатты фаза беткейі;

α – пропорционалдылық коэффициенті;

β – реагенттің бір моль шикізатқа қатысты шығынын анықтайтын стехиометриялық коэффициент.

Гомогенді үрдіс деп жорамалдағандағы ұнтақты сілтісіздендірудің гетерогенді үрдісі үшін материалдық баланс теңдеуін келесі түрде сипаттайды

$$\begin{aligned} Vp_1(1 - \varepsilon) \frac{dC_{MeO}}{dt} &= \Phi_{MeO}^0 C_{MeO}^0 - \\ - \Phi_{MeO}^1 k C_{MeO} C_{H_2SO_4} Vp_1(1 - \varepsilon) - \Phi_{MeO} C_{MeO}, \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} Vp_2 \varepsilon \frac{dC_{H_2SO_4}}{dt} &= \Phi_{H_2SO_4}^0 C_{H_2SO_4}^0 - \\ - \Phi_{H_2SO_4}^2 k C_{MeO} C_{H_2SO_4} Vp_1(1 - \varepsilon) - \Phi_{H_2SO_4} C_{H_2SO_4}. \end{aligned} \quad (2.3)$$

мұндағы V – реакциялық қоспаның көлемі;

p_1, p_2 – қатты фаза тығыздықтары;

ε – реакциялық қоспаның айырмасы;

$\Phi_{MeO}^0, \Phi_{H_2SO_4}^0$ - қатты және сұйық заттың кіріс ағыны;

$\Phi_{MeO}, \Phi_{H_2SO_4}$ - қатты және сұйық заттың шығыс ағыны;

$\Phi_{MeO}^1, \Phi_{H_2SO_4}^2$ - стехиометриялы керекті мөлшерде берілетін реакция компоненттерінің ағыны;

$C_{MeO}^0, C_{H_2SO_4}^0$ - кіріс ағындағы заттар концентрациясы;

k – реакция жылдамдығының тұрақты шамасы.

Үрдістің жүруінің жорамалды орнықтылығы мен тұрақтылығында, сонымен қатар олардың химиялық үрдістерге қатысты инерциясыздығы үшін келесі тұжырымдар әділ

$$\begin{aligned} Vp_1(1 - \varepsilon) &= G_1 = const, \\ Vp_2 \varepsilon &= G_2 = const, \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$kC_{MeO}C_{H_2SO_4} = K.$$

Бұл жағдайда қатты зат пен сұйық зат арқылы материалдық баланс келесі теңдеумен анықталады

$$\Phi_{MeO} = \frac{(1-C_{MeO}^0)}{(1-C_{MeO})} \Phi_{MeO}^0, \quad (2.5)$$

$$\Phi_{H_2SO_4} = \frac{(1-C_{H_2SO_4}^0)}{(1-C_{H_2SO_4})} \Phi_{H_2SO_4}^0 + KG(\Phi_{MeOSO_4} + \Phi_{H_2O}). \quad (2.6)$$

Пульпаның реакторлар жүйесі арқылы өткендегі уақыт аралығында мырыш пен онымен қоса жүретін бағалы компоненттер ерітіндіге түгелдей дерлік өтуі тиіс. Гидрометаллургиялық тәжірибеде осының жүзеге асыру мақсатында араластырушы аппараттар каскадын кеңінен қолданады. Сілтсіздендіру процессінің негізгі көрсеткіші металлдардың ерітіндіге өтуі болып табылады. Сілтсіздендіру үрдісінің реакторлар жүйесі орнатылған режимде қызметін атқарады, және сол қызметін атқара отырып олардың жүйедегі әр аппараттарында өздерінің анықталған әрі тұрақты шарттары сақталады.

Сілтсіздендіру үрдісінің негізгі көрсеткіші металлдардың ерітіндіге өтуі болып табылады. Реакторлардың көлемдерінің бірдей болған кездегі олардың каскадтарындағы қаттардың шығуы келесі қатынаспен сипатталады

$$H_N = \frac{(C_{MeO}^{к\text{ір},1} - C_{MeO}^{\text{шығ},N})}{C_{MeO}^{к\text{ір},1}} \quad (2.7)$$

мұндағы, $C_{MeO}^{к\text{ір},1}$ - кіріс ағындағы металл оксидтерінің концентрациясы;
 $C_{MeO}^{\text{шығ},N}$ - N - реактордың шығыс ағынындағы металл оксидтерінің концентрациясы.

Ұнтақ компоненттерінің сұйық фазаға өту процессі күкірт қышқылының шығындалуымен бірге жүреді. Сондықтан металлдардың ерітіндіге өтуін күкірт қышқылын қолдану дәрежесі арқылы бағалауға болады, ал қолданылатын күкірт қышқылының мөлшерін өндірістік рН-метрикалық және уондуктометрикалық жүйелер көмегімен тәжірибелік жолмен анықтауға болады. Осыдан келесі теңдік шығады

$$H1_N = 1 - \beta \frac{C_{H_2SO_4}^{\text{шығ},N}}{C_{H_2SO_4}^{к\text{ір},1}} \quad (2.8)$$

Модель құрылымын нақтылау мақсатында келесідей жіберулер жасалсын: пульпаның реакторлардағы араластырылу қуаттылығы оның біртектілігін қамтамасыз етсін; реактордағы пульпа құрамы толығымен оның шығысындағы құрамымен сәйкес келсін; реакторға берілетін жаңа материалдың орташалану

уақыты пульпаны дайындау уақытымен салыстырғанда есепке алмайтындай аз болсын; пульпа ағындарының көлемдік жылдамдығы тұрақты.

Мұндай жағдайларда алғашқы химиялық кинетика теңдеуге сәйкес реакторлардағы каскадтағы сілтісіздендіру үрдісін сипаттау үшін келесі тәуелділікті қолдануға болады.

$$N1_N = 1 - \beta b \int_0^{\tau_0} w(C_{H_2SO_4}^T) d\Phi(\tau) d\tau \quad (2.9)$$

мұндағы $w(C_{H_2SO_4}^T)$ - заттың фазалық өту функциясы;

$\Phi(\tau)$ - заттың таралу дифференциалды функциясы;

τ_0 - реакцияның аяқталуының толық немесе шартты натурал уақыты;

b - уақыттық коэффициент.

Заттың фазалық өту функциясы реакцияның аяқталу бөлігінің қарсы әрікет етуші заттың уақыт аралығындағы қатынасымен өрнектеледі

$$w(C_{H_2SO_4}^T) = \frac{C_{H_2SO_4}^T}{C_{H_2SO_4}^I} \quad (2.10)$$

мұндағы $C_{H_2SO_4}^T, C_{H_2SO_4}^I$ - ерітіндіде алынатын тиісінше нақты уақыттағы және шекті күкірт қышқылының концентрациясы.

Таралудың дифференциалдық функциясы реакторлар жүйесінде айнықталған уақыт аралығында болатын пульпа ағыны мен зат бөлшектерінің бөлігін өрнектейді. Пульпаның барлық элементтерінің жалпы құрамы келесі тәуелділікпен сипатталады

$$\int_0^{\tau} d\Phi(\tau) d\tau + \int_{\tau+d\tau}^{\infty} d\Phi(\tau) d\tau = 1 \quad (2.11)$$

Бірдей көлемдегі тізбектей орнатылған реакторла жүйесі үшін келесі тәуелділік әділ болып табылады

$$d\Phi_N = \frac{\tau^{N-1}}{Q^{N(N-1)!}} e^{-\frac{\tau}{Q}} \quad (2.12)$$

мұндағы Q – пульпа бөлшектерінің реакторда болуының номиналды уақыты,

N – каскадтағы аппараттар саны.

Уақыт коэффициенті келесі формуламен есептеледі

$$b = \tau_0 Q^{-1} \quad (2.13)$$

Пульпа бөлшектерінің реакторда болуының номиналды уақыты келесі формуламен анықталады

$$Q = \frac{V}{v} \quad (2.14)$$

мұндағы V – реактордағы пульпаның көлемі;

v – пульпаның берілуінің көлемдік жылдамдығы.

Сілтісіздендіру процессінің тәуелділік заңдылықтарын анықтау есебі оның кинетикасының жергілікті үрдістерге қатысты қарастырған кезде айтарлықтау жеңілдетіледі, себебі жергілікті үрдістер нақты жұмыс істеуші өндірістерге және технологиялық параметрлердің өзгеру облыстарына тән. Алынған математикалық модель күкірт қышқылының қолдану дәрежесінің ұнтақтың бағалы компоненттерінің ерітіндіге өту дәрежесіне әсерін сипаттайды, мырыштың ерітіндіге өту шамасын болжауға мүмкіндік береді және үрдісті тиімді басқару кезінде қолдануға болады [26].

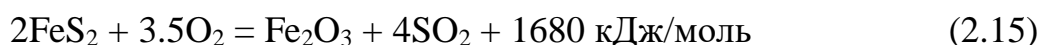
2.7 Араластырғышпен ерітінді концентрациясын реттеу АБЖ басқарылу объектісі ретінде ерекшеліктер

Сілтісіздендіру процессінің жүру көрсеткіштеріне әсер ететін аса маңызды момент концентраттың тотықтыру күйдірілуінің жүру шарттары болып табылады. Күйдірілу кезінде мырыш қышқылмен ерітілетін және қышқылмен ерітілмейтін күйге өтуі мүмкін. Және күйдірілу кезінде бірінші қойылатын шарт мырыштың қышқылда ерітілмейтін формасының үлесін мейлінше азайтуға тырысу болып табылады. Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру үрдісі күкірттің әлсіз қышқылының араласуымен және 65-70°C температурада жүреді. Тәжірибеде берілген үрдіс мырыш сульфатының ерітіндісінің электролизі нәтижесінде алынатын өңделген электролит көмегімен жүзеге асады. Сульфатты ерітіндінің сапасы электролиз кезіндегі электро-энергия шығынына, катодты мырыш сапасына, мырыштың ағыс бойымен шығысына және жалпы электролиз цех жұмысының техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етеді.

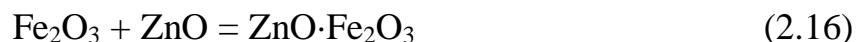
Сондай-ақ мырыштық ерітіндісіндегі кейбір қоспалар бағалы компоненттер(кадмий, индий, талий, мыс) болып табылады, олардың тауарлық өнімге шығарылуы үлкен маңызға ие. Мырыш сульфатының ерітіндісінен қоспаларды бөлу процессін жүзеге асыру үшін әртүрлі әдістерді қолданады: гидролиздік, цементациялық, химиялық, электролиздік.

Мырыштың қышқылда ерімейтін формаларының қалыптасу реакциялары:

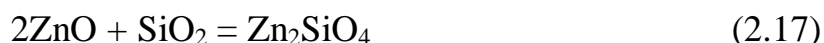
Концентратты күйдірген кезде мырыш сульфидімен қосы паралель темір сульфиді де тотығады FeS_2



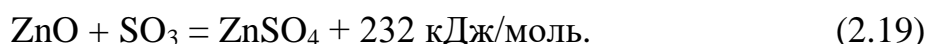
Темірдің 70 % жуық мөлшері Fe_2O_3 түрінде мырыш оксидімен әрекеттесе отырып мырыш феритін түзеді



Бұл өз кезегінде сілтісіздендіруде қолданылатын күкірт қышқылының әлсіз ерітіндісінде ерімейді. Сонымен қатар мырыш силикаттары да түзіледі. Концентраттарды 950°C температурада күйдірген кезде 60 – 90 % SiO_2 кремний оксиді мырышпен әрекеттесіп, мырыш силикатын түзеді, ал мырыш силикаттары қышқылда нашар ериді



Мырыштың қышқылда еритін формаларына мырыш оксидінен басқа мырыш сульфаты жатады, мырыш сульфатының бөліктей қалыптасу есебінен туындайды

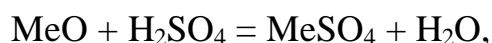
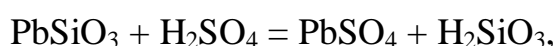
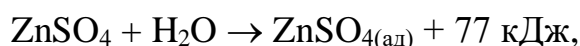


Әдетте жалпы сілтісіздендіруге қатысатын күйдірілген концентраттың құрамында еритін мырыштың үлесі жалпы концентрат үлесінің 88 – 92 % құрайды.

Төменде күйдірілген өнімнің қоспаларының сапалық сипаттамалары көрсетілген, %:

Жалпы мырыш	55 – 65
Сульфаты күкірт	1.5 – 3.0
Сульфидті күкірт	0.1 – 0.4
Қышқылда еритін мырыш	88 – 95

Сілтісіздендіру процессі кезінде келесі реакциялар орын алады



мұндағы Me – Co, Cu, Cd, Ni, As және сирек кездесетін металлдар [25].

Сілтісіздендірудің негізгі көрсеткіштеріне, мырыштың ерітіндіге өту деңгейіне және сілтісіздендірудің селективтілігіне келесі параметрлер әсер етеді:

Сұйық фазаның қатты фазаға қатынасы.

Бұл көрсеткіштің белгілі шамаға дейін өсуімен мырыштың ерітіндіге өту деңгейі реакция жағдайларының жақсару есебінен өседі. Ал бұл қатынастың анықталған шамадан одан әрі өсуі керекті әрекетке әкелмейді және сілтісіздендіруге кері әсерін тигізе бастайды, себебі ерітіндідегі мырыш концентрациясын төмендетеді;

Күкірт қышқылының концентрациясы.

Әрекет етуші массалар заңына сәйкес бұл шама сілтісіздендіру процессінде жүретін химиялық реакцияны тездетеді. Алайда реакция диффузиялық аумаққа өткен кезде күкірт қышқылының концентрациясының өсуі ешқандай пайда әкелмейді. Осы тектес тәуелділіктің мысалы араластырудың белгіленген интенсивтілігі кезіндегі жағдайы төмендегі суретте көрсетілген. Суреттен көрініп отырғандай күкірт қышқылының концентрациясының өсуі сілтісіздендіру уақытын төмендетеді және ерітіндіге өті деңгейін өсіреді. Белгілі бір концентрациядан бастап көрсеткіштердің жақсаруы бәсеідей бастайды. Қышқылдың бұл концентрациясы араластырудың берілген интенсивтілігі кезінде тиімді болып есептеледі;

- Сілтісіздендірудің температурасы.

Әдетте бұл шаманы технологиялық көрсеткішпен емес, экономикалық көрсеткіштер көмегімен тиімділейді.

- Араластыру қуаттылығы.

Пульпаның араластырылу интенсивтілігі диффузиялық тежелудің төмендеуін және сұйық ерітінді мен қатты заттар бөлшектерінің арасындағы масса алмасу процесстерінің жылдамдығын қамтымасыз етеді. Алайда жүріп жатқан реакция диффузиялық аумақтан кинетикалық аумаққа өткен кезде араластырылу интенсивтілігі маңызын жоғалтады. Араластырылудың мөлшерлік мәнін Рейнольдстың центрге тартқыш критерийінің гидродинамикалық ұқсастығымен есептейді, ол келесідей формуламен берілген:

$$Re_{ц} = (\rho \cdot n \cdot d^2) / \mu, \quad (2.21)$$

мұндағы ρ - араласатын сұйықтықтың тығыздығы, кг/м³;

n - араластырғыштың айналу жиілігі, об/сек;

d - араластырғыштың диаметрі; м;

μ - сұйық тұтқырлығының динамикалық коэффициенті, Па·с.

Рейнольдс критерийінің, яғни араластырылу интенсивтілігінің, әрбір тиімді мәніне күкірт қышқылының белгілі тиімді концентрациясы сәйкес келеді. Араластырылу интенсивтілігінің өсуімен ($Re_{ц}$) – тура пропорционалды, суретте көрсетілгендей, күкірт қышқылының тиімді концентрациясы өседі.

Рейнольдстың критерийінің анықталған тиімді мәндері араластырғышты қозғалысқа әкелетін қозғалтқыштың қуатын табуға қолданылады. Ол қуатты

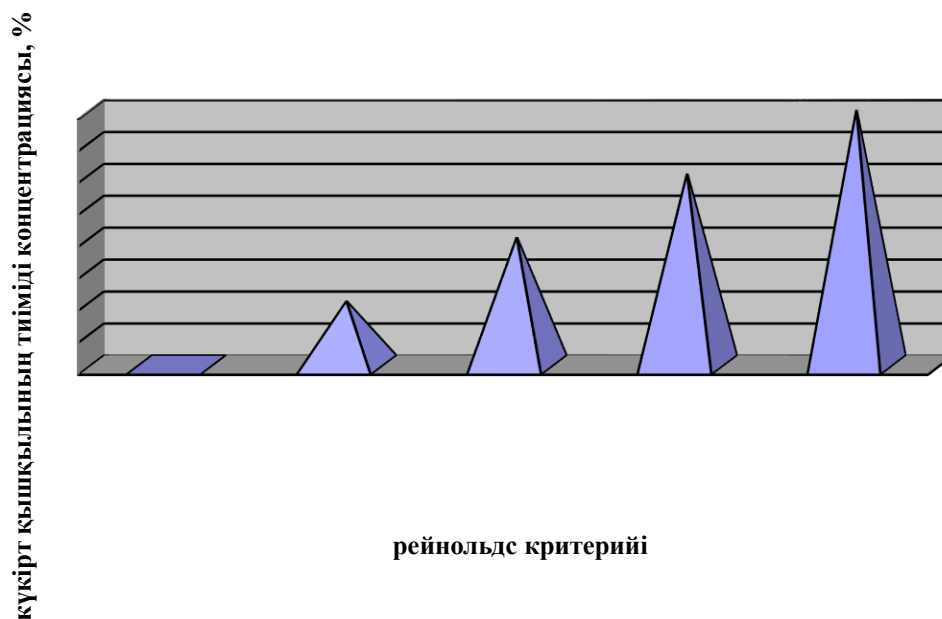
есептеп табу үшін қуат критерийін табу керек (Эйлердің центрге тартқыш критерийі):

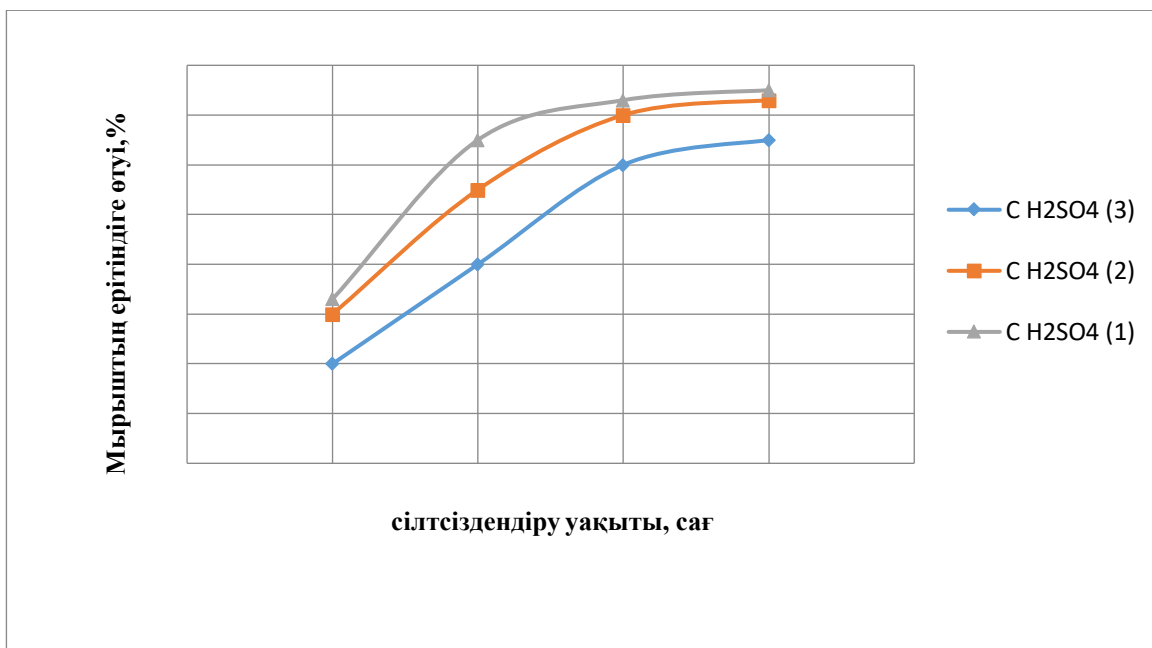
$$K_N = c / Re_{ц}^m, \quad (2.22)$$

мұндағы c , m – араластырғыштың қолданылып отырған құрылысына тән тұрақты шамалар.

Араластырғыштың кейбір түрлерінің тұрақты шамалары:

	c	m
Екі қалақты	111	1
Төрт қалақты	8,52	0,2
Якорлы	6,0	0,25
Пропеллерлі	230	1,67
Турбинналы	3,2	0,2





2.3 Сурет - Сілтсіздендірудің тиімді мәндері

Араластырғышты айналдыратын қозғалтқыштың қуаты келесі формуламен есептеліп табылды

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5 \quad (2.23)$$

2.8 Араластырғыштың ерітінді концентрациясының реттегіші ретінде математикалық моделі

Ерітінді концентрациясын араластырғыш арқылы автоматты реттеу жүйесінің басқару объектісінің математикалық моделінің параметрлері мен құрылымының идентификациясы тәжірибе жүзінде алынған беріліс функциясы негізінде жүзеге асырылады (үдеу қисығы немесе өтпелі сипаттама $h(t)$), осындай сипаттама төменгі кестеде көрсетілген [26].

Концентрацияның нақты уақыттағы мәні шығыс сигналы ретінде қарастырылады. Кіріс сигналдары: тапсырушы әсер – концентрацияның берілген мәні, ауытқу – кеспекте немесе ерітіндіде концентрацияның берілген мәннен өзгеше өнімнің пайда болуы, басқарушы әсер – араластырғыштың қуаты.

1 Кесте - Тәжірибелік жолмен алынған мәндер

Нүктелер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
уақыт, с	0	5	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	220	500
$h_3(t)$, концентрация	0,000	0,028	0,095	0,263	0,560	0,748	0,857	0,919	0,954	0,974	0,985	0,991	0,997	1,000
$h_M(t)$, концентрация	0,000	0,027	0,093	0,262	0,559	0,747	0,857	0,918	0,953	0,973	0,984	0,991	0,997	1,000

Математикалық модельдің негізгі параметрлерін келесі жолмен анықтауға болады:

Төменде көрсетілген өтпелі функцияның түріне қарап басқару объектісінің математикалық моделінің құрылымы келесідей түрге ие екенін тұжырымдаймыз

$$W(p) = \frac{k}{(T_1 p + 1) \cdot (T_2 p + 1)} \quad (2.24)$$

1) Күшейту коэффициентін өтпелі функция графигінен анықтаймыз, ол график бой-ынша келесі шарт белгілі $h_3(t)$:

$$k = h(\infty) = 1,0$$

2) Математикалық модельдің басқа параметрлерін, яғни T_1 , T_2 , уақыт тұрақты-ларын интегралды бағалау әдісімен электр есептеуіш машинасын қолдана отырып табамыз.

Кеспекті араластырудың тиімділеудің тікелей әдістерін қолдана отырып идентификациялаудың сұлбасы төмендегі суретте көрсетілген.

Есепті шешу үшін келесі амалдарды орындаймыз:

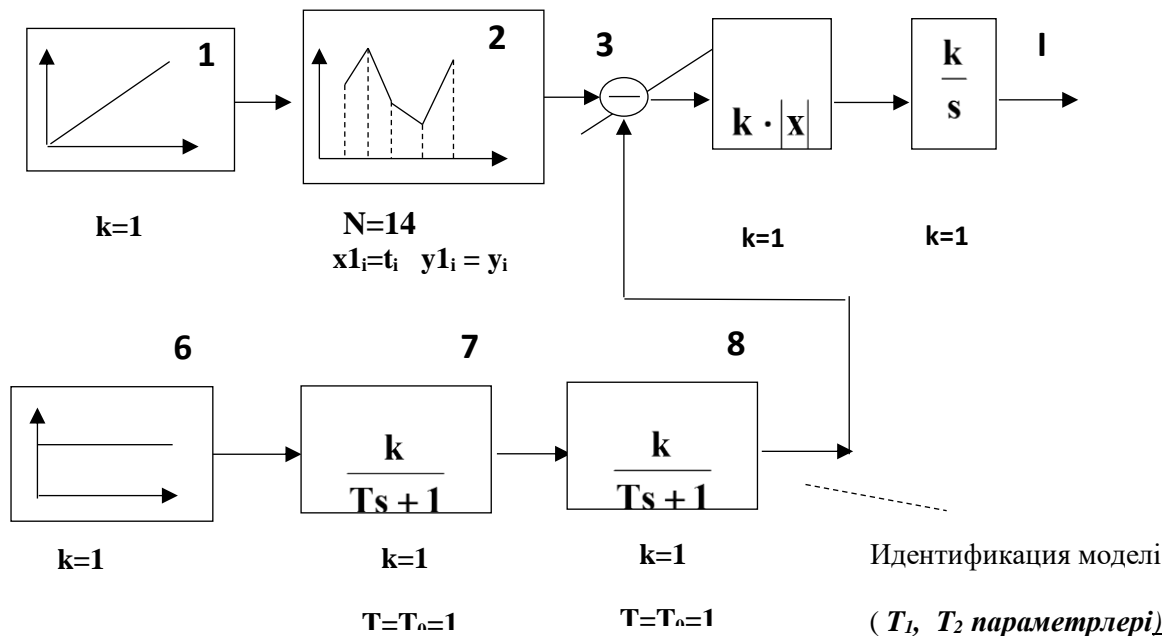
Кеспекті араластырудың тиімділеудің тікелей әдістерін қолдана отырып идентификациялаудың сұлбасын арнайы бағдарламалық ортаға суретте көрсетілгендей саламыз.

Модельдеу терезесінде Кутта-Мерсон әдісін таңдаймыз да, интегралдаудың уақытының аяқталуын t_K — 495 мәнін орнатамыз. Интегралдаудың таңдалған параметрлері идентификация есебінде қолданылады.

3) №7: T_1 және №8: T_2 блоктарының параметрлерін идентификациялаймыз. Сол мақсатта тиімділеу терезесінде координаталық түсу әдісін таңдаймыз және параметрлер анақталмағандық интервалын 0,00001 мәнін белгілейміз. 5-блокта

мақсаттық функцияны тағайындаймыз. Параметрлері таңдалатын блоктарды анықтаймыз.

Идентификация нәтижесінде 7-8 – блоктарда ізделінген мәндер еске сақталады $T_1 = 35, T_2 = 10,6$ с. Әрі қарай табылған параметрлердің мәндерін өзгертпейміз.



2.4 Сурет - Идентификация сұлбасы

4) Әрі қарай табылған параметрлер жүйесінде модельдеу терезесінде өтпелі функцияларды табамыз. 4-блокқа сәйкес тәжірибелік жолмен алынған өтпелі функцияның максималды абсолютты қателігін бағалаймыз.

Осылайша үдеу қисығының тәжірибелік жолмен алынған мәні негізінде кеспектегі концентрацияның араластырғыштың қуатын реттеудің математикалық моделінің құрылымын анықтадық, ол екінші ретті аперидты үзбе болып шықты және оның параметрлері

$$k = 1, \quad T_1 = 35 \text{ с}, \quad T_2 = 10,6 \text{ с}.$$

Тәжірибелік жолмен табылған өтпелі функцияның максимал абсолют қателігі келесідей болады

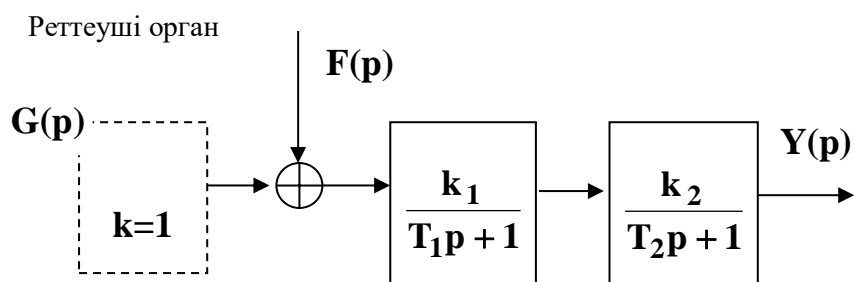
$$\Delta h_{max} = 0,01.$$

Бұл мән идентификация сапасының жоғарылығын көрсетеді.

2.9 Араластырғыш арқылы ерітінді концентрациясын автоматты реттеу жүйесінің синтезі

Идентификация нәтижесінде тәжірибелік жолмен алынған үдеу қисығының негізінде басқару объектісінің математикалық моделінің құрылымы мен параметрлері анықталды.

Жүйедегі әсерлерді келесідей деп қабылдайық, тапсырушы әсер $g(t) = 1$, ауытқушы әсер $f(t) = 0,5$, $y(t)$ – шығыс сигнал (концентрация). Реттеуші орган – инерциалды емес: оның беріліс функциясы.



2.5 Сурет - Басқару объектісінің математикалық моделі

Математикалық модельдің беріліс функциясының параметрлері идентификация нәтижесінде тәжірибелік жолмен алынған үдеу қисығы негізінде алынды [27]. Олардың мәні келесідей

$$k_1 = 1, \quad k_2 = 1, \quad T_1 = 35 \text{ с}, \quad T_2 = 10,6 \text{ с}.$$

Араластырғыш арқылы ерітінді концентрациясының келесі талаптарды қанағаттандыратын автоматты реттеу жүйесін синтездеу талап етіледі: реттеу уақыты $t_p < 60 \text{ с}$, асырып реттеу $\sigma < 10 \%$, автоматтандырылған реттеу жүйесінің тапсыру сигналының әсері $g(t) = 1$ және ауытқу $f(t) = 0,5$ болған кездегі орнатылған қателік нөлге тең болуы тиіс; реттеуші органның ауытқушы әсерлер кезіндегі максималды ауытқуы $u_{f, \max} \leq 0,6$.

2.10 Реттегіштің құрылымын таңдау

Қойылған тапсырмаға сәйкес араластырғыштың тұйықталған автоматтандырылған басқару жүйесі тапсырушы және ауытқушы әсерлерге қатысты бірінші ретті астатикалық болуы тиіс. Астатизмді қамтымасыз ету тапсырмасын И-регуляторлар, ПИ-реттегіштер, ПИД-реттегіштер шеше алады.

Реттеудің берілген уақытын қамтымасыз ету үшін тізбектей қосылған П-реттегішті қолданған жөн.

Төмендегі суретте Автоматтандырылған басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген. АБЖ стандартты коэффициенттер әдісімен синтездеудің

ерекшеліктерін қарастырайық. Тұйықталған АБЖ беріліс функциясы келесідей болады [12]

$$\begin{aligned}
 W_{\text{АБЖ}}(p) &= \frac{k_0 k}{1 + \frac{p[(T_1 T_2 p^2 + (T_1 + T_2 + k_2 k)p + 1 + k_1 k]}{k_0 k}} = \\
 &= \frac{k_0 k}{T_1 T_2 p^3 + (T_1 + T_2 + k_2 k)p^2 + (1 + k_1 k)p + k_0 k} = \\
 &= \frac{1}{\frac{T_1 T_2}{k_0 k} p^3 + \frac{(T_1 + T_2 + k_2 k)}{k_0 k} p^2 + \frac{(k_1 k + 1)}{k_0 k} p + 1}. \quad (2.25)
 \end{aligned}$$

Сонымен араластырғыштың ерiтiнде концентрациясының реттеудiң автоматтандырылған басқару жүйесiнiң келесi тапсырмалары орындалды:

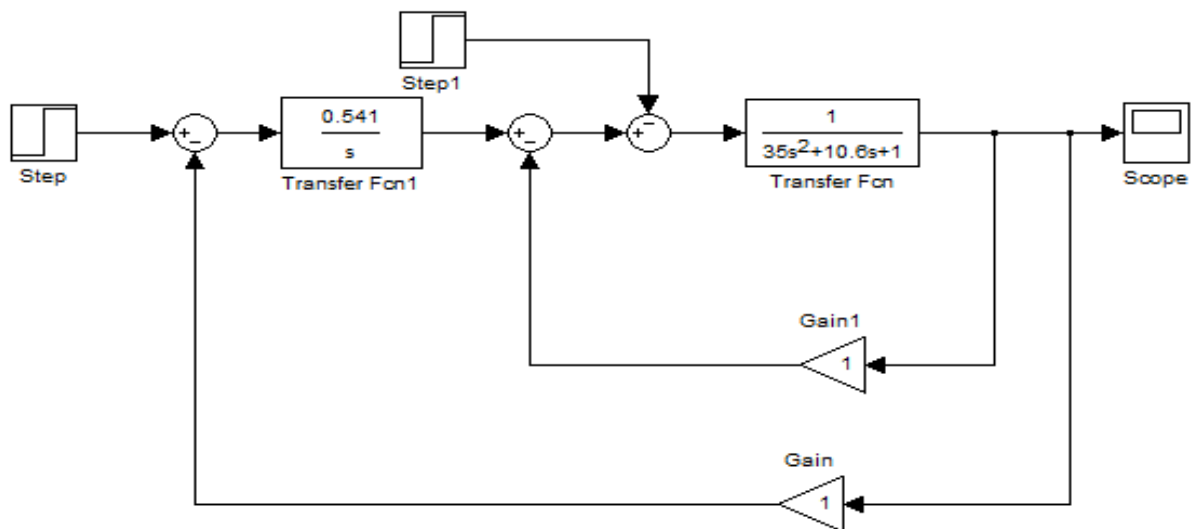
Басқару заңдылығының құрылымы ПИД-реттегiш болып таңдалды және эталондық модель тербелмелi үзбе болып тағайындалды, оның параметрлерi

$$\kappa_{\text{эм}}=1, T_{\text{эм}}=19\text{с}, d=0,7.$$

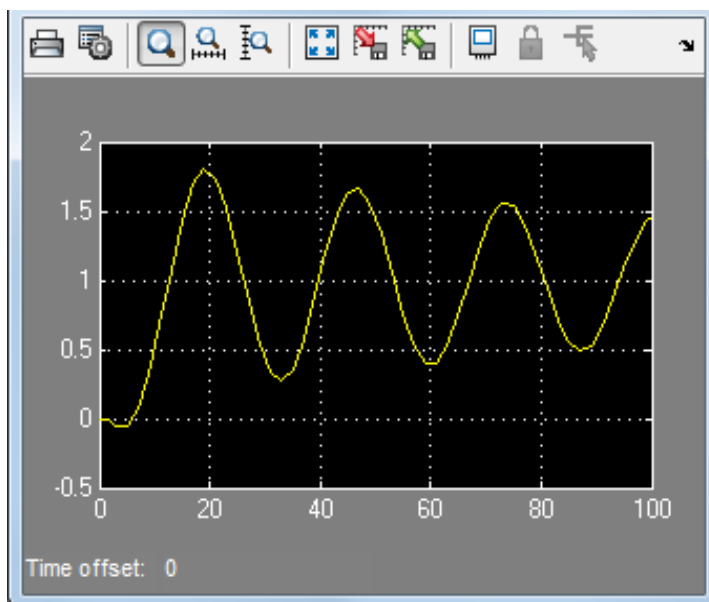
Стандартты коэффициенттер әдiсiмен ПИД-реттегiштiң параметрлерi табылды

$$\kappa_0 = 0,541, \kappa_1 = 14,416, \kappa_2 = 177,000.$$

АБЖ синтезiнiң сандық есептеулерi оның тапсырма талаптарын қанағаттандыратынын көрсеттi [12].



2.6 Сурет - АБЖ құрылымдық сұлбасы



2.7 Сурет - MatLab ортасындағы сұлбаның нәтижесі

2.11 Эталонды математикалық модельді таңдау

Эталонды математикалық модельді таңдау тұйықталған жүйенің спасын қамтымасыз ету үшін қажет. Тұйықталмаған жүйе реті екіге еселі болғандықтан эталондық математикалық модельді 2-ретті инерционды үзбе ретінде қабылдаймыз.[12]

$$W_{эм}(p) = \frac{k_{эм}}{T_{эм}^2 p^2 + 2T_{эм}d_{эм} \cdot p + 1} = \frac{k_{эм}}{a_{M2}p^2 + a_{M1}p + 1}, \quad (2.26)$$

$$a_{M2} = T_{\dot{y}}^2, \quad a_{M1} = 2T_{\dot{y}} d_{\dot{y}}, \quad k_{\dot{y}} = 1. \quad (2.27)$$

Өшудің салыстырмалы коэффициенттің тиімді мәні $d_{эм} = 0.7$. Бұл жағдайда реттеу уақыты $t_p \cong 3 \cdot T_{эм}$ болады, ал асқын реттеу $\sigma < 5\%$. Уақыт тұрақтысын келесі шарттан табамыз

$$T_{эм} = \frac{t_{p\text{зад}}}{3} \quad (2.28)$$

Эталондық математикалық модельдің беруші әсерге қатысты астатикалық қалыпын сақтау мақсатында келесі шартты қабылдаймыз

$$k_{эм} = k_{АБЖ} = 1.$$

Айтылған мәселелрді ескере отырып, эталондық математикалық модельдің құрылымының беріліс функциясын табайық. Модельдеу нәтижелері

көрсеткендей айтылған шартты ескергендегі эталондық математикалық модельдің беріліс функциясы айтарлықтай өзгерістерге ұшырамай бастапқы қалыпта қалады [12]

$$\begin{aligned}
 W_{ЭМ2}(p) &= \frac{1}{(a_{M2}p^2 + a_{M1}p + 1)(T_{M2}p + 1)} = \\
 &= \frac{1}{a_{M2}T_{M2}p^3 + (a_{M1}T_{M2} + a_{M2})p^2 + (a_{M1} + T_{M2})p + 1} = \\
 &= \frac{1}{A_3p^3 + A_2p^2 + A_1p + 1},
 \end{aligned} \tag{2.29}$$

мұнда $A_3 = a_{M2}T_{M2}$, $A_2 = a_{M1}T_{M2} + a_{M2}$, $A_1 = a_{M1} + T_{M2}$.

Алынған беріліс функциясын бастапқы беріліс функциясымен салыстырып, теңдеу коэффициенттерін олардың бір дәрежеде болатындай етіп, жазып шығамыз

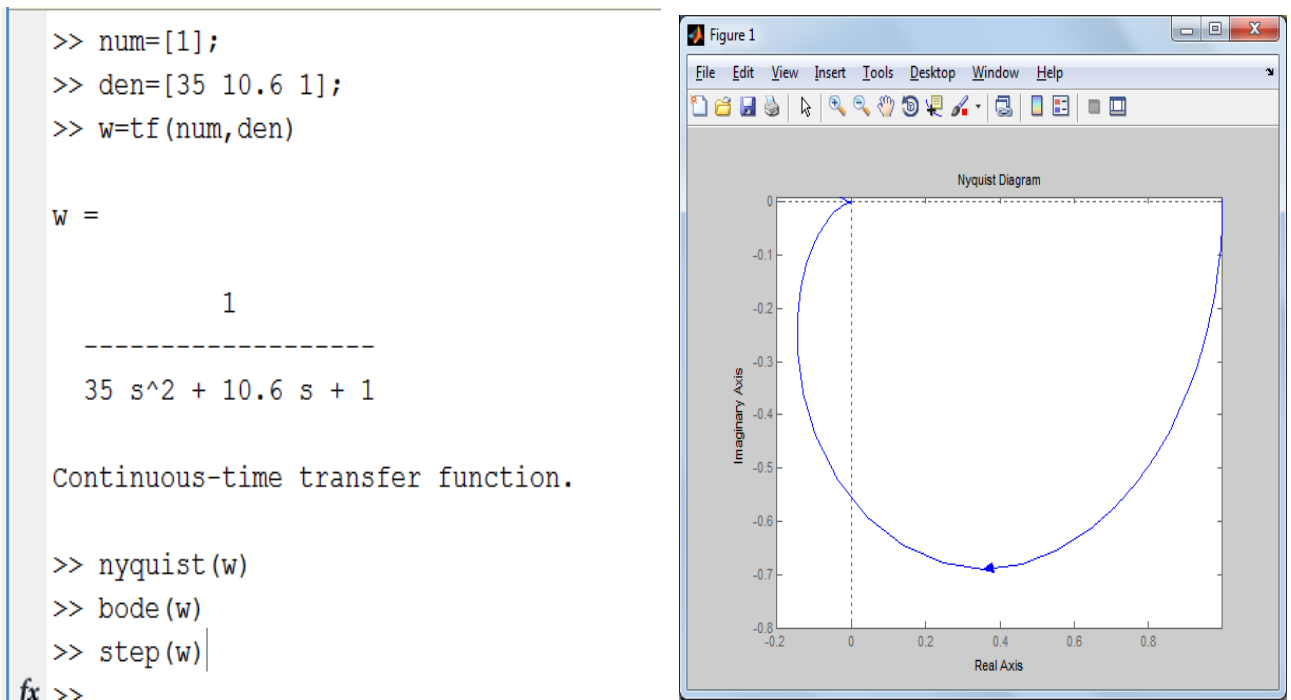
$$\begin{aligned}
 \frac{T_1T_2}{k_0k} &= A_3, \\
 \frac{(T_1 + T_2 + k_2k)}{k_0k} &= A_2, \\
 \frac{k_1k + 1}{k_0k} &= A_1.
 \end{aligned} \tag{2.30}$$

Осыдан түзбектей анықтаймыз келесіні

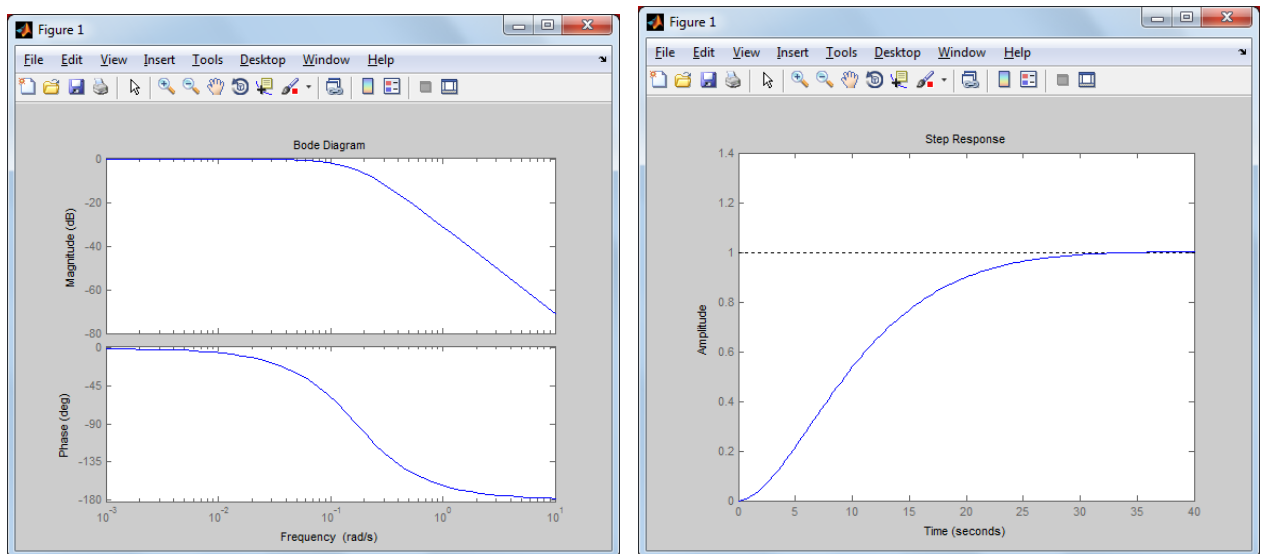
$$\begin{aligned}
 k_0 &= \frac{T_1T_2}{kA_3}, \\
 k_2 &= \frac{-T_1 - T_2 + A_2k_0k}{k}, \\
 k_1 &= \frac{A_1k_0k - 1}{k}.
 \end{aligned} \tag{2.31}$$

Араластырғыштың концентрацияны реттеу автоматтандырылған басқару жүйесінің синтезін жоғарыдағы формулаларды қолдана отырып, алынған құрылымдық сұлба негізінде Maple бағдарламалық ортаның көмегімен жүзеге асырамыз [12].

2.12 MatLab көмегімен АБЖ синтездеу



2.8 Сурет - MatLab ортасындағы шешімі



2.9 Сурет - MatLab ортасындағы шешімінің графиктері

2.13 ТҮАБЖ функционалдық құрылымы

Сілтістендіру технологиялық процессінің автоматтандырылған басқару жүйесі басқару мен бақылаудың құрылымы төменде келтірілген таратылған екі деңгейлі жүйе ретінде ұсынылады [31].

Төменде көрсетілген техникалық есеппен жүйенің келесі құрамы қарастырылады:

- операторының жұмыс станциясы;
- мастерінің жұмыс станциясы;
- қазан операторының жұмыс станциясы;
- АБЖ инженерінің жұмыс станциясы;
- деректерді жинау мен реттеудің бағынышты жүйесі;
- желілік құрылғы және кабельдік коммуникация.

Жүйенің жоғарғы деңгейіндегі төрт жұмыс станциясы жұмыс станцияларының өзара ақпарат алмасу және және жүйенің басқа жоғарғы деңгейлермен байланыс орнату мақсатында қолданылатын ETHERNET желісімен біріктірілген. Әр жұмыс станциясы сименс компаниясының MPI шинасына CP 6511 коммуникациялық процессор көмегімен қосылған, ол жүйенің төменгі деңгейлерін құрайтын, Simatic S7-400 контроллерлерін біріктіреді. Жұмыс станциялары объектілер жайлы ақпаратты қабылдайды және оларға юасқару командаларын жібереді.

Контроллерлер датчиктерден және құрылғылардың жағдайы жайлы және объектінің технологиялық параметрлері жайлы түрлендіргіштерден ақпарат жинайды, сонымен қатар орындаушы механизмдерге басқарушы әсерлерді береді.

Оператор жұмыс станциясының көмегімен объектінің жағдайы және ондағы технологиялық процесстің өтуін бақылап отырады және қажет болса, жұмыс станциясындағы клавиатура немесе манипулятор көмегімен құрылығын басқару командаларын шығарады.

Барлық жұмыс станциялары жұмыстық орындалуы жүзеге асуы тиіс және IP 65 стандарты бойынша сәкес құрастырылуы керек.

2.14 Автоматтандырылған функциялар сипаттамасы

Сілтісіздендіру кешенінің басқару мен бақылау жүйесімен орындалатын функциялар бағдарламалық-техникалық кешенмен жүзеге асырылады, шартты түрде бұл функциялар жүйенің иерархиялық деңгейлерімен бөлінуі немесе жіктелуі мүмкін. Жүйенің төменгі деңгейіндегі функциялары Simatic S7-400 контроллерлік кешенмен жүзеге асырылады, және оның құрамына келесілер жатады:

I Басқару объектісінің ақиқаттық жағдайлары жөнінде ақпаратты алу мақсатында деректерді жинау және өңдеу.

Басқаратын айнымалылардың кірісі мен шығысының бақылануы датчиктердің сұранысының негізінде жүзеге асырылады, олар тізімі қосымша бөлімде келтірілген. Басқару объектісі жайлы деректер жоғарғы деңгейге беріледі. Басқару объектісінің жағдайы жайлы ақпаратты адекватты бағалай үшін берілген функция нақты уақыт мезетінде жүзеге асуы тиіс. Сонымен қатар берілген функцияның қызметі кезінде қабылданған деректердің ақиқаттығын

тексеретін, пайдалы сигналдың филтрдан өткізетін, масштабтайтын және технологиялық сәйкестікті қамтымасыз ететін бағдарламалық модуль көмегімен жүзеге асуы тиіс. Айтылған бағдарламалық модульдердің іске қосылуы технологиялық процесстің динамикалық қасиеттерімен анықталады.

Айта кететін бір мәселе, жұмыс станциясынан технологиялық персонал айнаымалылардың үздіксіз автоматикалық өлшеу қызметінен басқа сонымен қатар, ерітінді құрамын химиялық талдау және еру температурасының жанама(тепловизор немесе басқа да өлшеу құралдарының көмегімен) бағалау арқылы деректерді жинауы тиіс.

II Қабылданған технологиялық режимдерді автоматтық реттеу мен стабилизациялаудың жергілікті жүйелерінің функцияларының жүзеге асуы.

III Құрылғының жағдайын бақылау.

Жүктеуші тракттың құрылығысының жағдайын, кеспектің жылыту жүйесінің циркуляциялық жіне центрге тартқыш сорғыштардың және қоректендігіш насостардың жағдайын бақылау қарастырылған.

IV Басқару объектісінің жағдайы жайлы деректердің қалыптасуы мен олардың жүйенің жоғарғы деңгейіне жіберілуі.

Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру кешенінің басқару мен бақылау жүйелерінің жоғарғы деңгейінің функциялары жұмыс станцияларында жүзеге асады (АРМ-технолог - операторлар). Есептік құжаттардың құрамы мен түрі қабылданған нормативтік құжаттармен анықталады. Айта кететін бір мәселе шартты түрде жүйенің жоғарғы деңгейіне қыстырылған функциялардың біразы жұмыс станцияларындағы операторлармен инициацияланады және жоғарғы деңгейдің де төменгі деңгейдің де есептерімен жүзеге асырылады.

V Технологиялық агрегаттарды дистанционды немесе алыс қашықтықтан басқару.

VI Басқарылатын объектінің функцияларының орындалуы жайлы оперативті ақпараттардың графикалық, сандық, мнемоникалық ұсынылуы.

VII Авария алды және авариялық жағдайлардың сигнализациясы.

Авария алды немес авариялық жағдайлардың орын алуы гидрометаллургиялық кешеннің технологиялық үрдісінің баяуының тусті өзгеруі мен дыбыстық сигналдармен бірге жүреді.

VIII Есептік құжаттардың қалыптасуы мен баспаға шығарылуы.

Есептік құжаттардың құрамы мен түрі қабылданған нормативтік және құрылымдық құжаттармен анықталады [31].

2.15 Автоматтандыру жүйесінің ақпараттық қамтамасыздануы

Ақпараттық қамтамасыздануды құрастырудың негізгі мақсаты басқару объектісінің жағдайын талдау мүмкіндігін қамтамасыз ету және қалыпты және экстрималды жағдайларда басқару шешімдерін қабылдау болып табылады. Ақпараттық қамтамасызданудың негізгі тағайындалуы бақыланатын параметрлердің шамасын өлшеуде, және сол параметрлерді біріншілік өңдеуге

жіберу, және мырыш ұнтағын сілтісіздендіру технологиялық процессінің басқару тапсырмасын шешуге арналған орындарға ұсынуында тұрады.

Жүйенің ақпараттық қамтамасыздануы келесідей талаптарға жауап беруі тиіс:

- ақпараттың дер уақытында жеткізілуі;
- деректердің шынайылығы;
- техникалық жүзеге асырылу мүмкіндігі;
- барлық деректер қорына олар жататын құрылымның деңгейіне қарамастан еркін қол жеткізу;
- деректер қорының алгоритмнің функционалдылығының тағайындалуының ұйымдастырылуының тәуелсіздігі;
- басқару жүйесінің ақпараттың асқындығының минималды мөлшеріндегі барлық функцияларының жүзеге асырылуы үшін ақпараттың жеткіліктілігі;
- басқару жүйесінің одан әрі даму перспективасын ескере отырып, деректер қорын кеңейту мүмкіндігі;
- ақпараттық бағынышты жүйенің қызымет ету сенімділігі, яғни ақпараттың сақталуының сенімділігі және бөгеттен қорғанушылығы.

Ақпараттық қамтамасызданудың құрамын кодтау мен классификациялау жүйелерінің, құжаттау және ақпарат массивінің жүйесі, көрсеткіштер(кіріс және шығыс сигналдарының тізімі) жүйелерінің жиынтығымен, және нәтижесінде машина ішкі және машинадан тыс пайда болатын деректер қорымен ұсынылады.

2.16 ТҮАБЖ техникалық қамтамасыздануы

Енді құрастырылып жатқан автоматтық басқару жүйесінің физикалық тұрғыдан жүзеге асуы үшін керек техникалық жабдықтар және оларды қамтамасыздануы жайлы жалпы қысқаша турде тоқталып кетсек.

Жүйенің әрекет ету үшін Profibus DP протоколын қолдана отырып клиент-сервер негізінде бір желіге біріктірілген бірнеше электронда есептеуіш машиналарынан тұратын кешен құру қажет. Кешеннің керекті құрамы:

- жүйенің деректер қоры жүретін жүйенің төменгі деңгейіндегі бағдарламаланатын контроллерлермен деректердің алмасуы жүзеге асырылатын жүйенің белгіленген сервері. Берілген сервер оператордың жұмыс орны ретінде қолданула алмайды.

- операторларға технологиялық үрдіс туралы оперативті түрде мәліметтердің ұсынылуын және механизмдерді басқару жайлы командалардың қабылдануын қамтамасыз ететін операторлардың жұмыс орнындағы электронды есептеуіш машиналар. Бұлар серверден сұраныс бойынша барлық қажетті ақпаратты ала отырып, жүйенің серверіне қатысты тұтынушы болып табылады. Берілген жүйе серверге 16 операторлардың жұмыс орнының байланысуына мүмкіндік береді [34].

- жүйенің сервері мен Profibus DP протоколының желесі негізінде операторлардың жұмыс орны арасында ақпаратты алмасу құралдары.

- объектідегі электр қорек көзінің аяқ астынан өшірілуі кезіндегі ақпараттың және электр есептеуіш машиналардағы бағдарламалық қамтымасызданудың бұзылуы мен өшірілуін алдын алу үшін арналған істен шықпайтын қорек көзі. Мұндай қорек көзі жүйенің жұмысының аяқталуы үшін және электронды есептеуіш машинаның қалыпты өшірілуі үшін қорек көзінің өшірілгеннен кейін кешеннің 15 минут жұмысын қамтымасыз етуі тиіс.

Жүйенің серверінің электронды есептеуіш машинасы келесідей сипаттамаларға ие болуы тиіс:

- процессор P-III , такттық жиілігі 700 МГц (төмен емес);
- жедел жадының көлемі 512 Мбайт ;
- винчестердің көлемі 20 Гбайт;
- дисплей VGA , 640x480, 256 түс;
- тышқан;
- Siemens контроллерлерімен деректер алмасуға қажетті CP5613 картасы;
- Profibus желісі бойынша деректердің алмасу картасының жылдамдығы

100/10 Мбит/сек;

- АЦПУ.

Сервердің электронды есептеуіш машинасы оған Runtime версиясындағы WinCC визуализациялау жүйесі жазылған болуы тиіс, электронды есептеуіш машинасының қоректің қосылғаннан кейінгі автоматты түрде жүктелуін қамтымасыз етуі тиіс.

Сервердің контроллермен олардан технологиялық параметрлер және құрылғылардың жағдайлары жайлы мәліметтерді қабылдау үшін, сонымен қатар механизмдерді басқару жайлы командаларды жіберу үшін байланыс қамтымасыз етілуі тиіс.

Оператордың жұмыс орнындағы электронды есептеуіш машиналардың сипаттамасы келесідей болуы тиіс:

- процессор P-III (төмен емес), такттық жиілігі 700 МГц (төмен емес);
- көлемі 128 Мбайт (төмен емес) жедел жады ;
- винчестердің көлемі 10 Гбайт;
- SVGA дисплейі , 1024x768, түс;
- тышқан; Profibus желісі бойынша деректерді алмастыруы картасы 100/10

Мбит/сек.

Оператордың электронды есептеуіш машинасының серверінде Runtime версиясындағы WinCC визуализациялау жүйесі жазылған болуы тиіс, электронды есептеуіш машинасының қоректің қосылғаннан кейінгі автоматты түрде жүктелуін қамтымасыз етуі тиіс.

Сервердің контроллермен олардан технологиялық параметрлер және құрылғылардың жағдайлары жайлы мәліметтерді қабылдау үшін, сонымен қатар механизмдерді басқару жайлы командаларды жіберу үшін байланыс қамтымасыз етілуі тиіс.

2.17 Жүйеге қойылатын талаптар

Құрастырылып жатқан жүйенің қолдану шарттары төменде келтірілген талаптарға сай келуі тиіс:

- климаттық жағдайлар – қалыпты, ГОСТ 16325-88 бойынша;
- жүйенің перифериялық құралдары опреторының жұмыс орнында жүзеге асуы тиіс;
- жұмыс станциялары (WS) қоршаған ортаның +5 - +40⁰ С температурасында жұмыс істеуі тиіс, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы (30⁰С кезінде) 40 - 80%, атмосфералық қысым 84 - 106 кПа;
- контроллерлер контроллеры 0-60⁰С температурада және 95% салыстырмалы ылғалдылықта жұмыс істеуі тиіс(конденсациясыз);
- бірінші категориялық энерго қамтудың режимі қамтымасыз етілуі тиіс немесе резервтік қорек блогың орнатылуы қарастырылуы тиіс;
- жүйенің регламентке сәйкес профилактикалық қызметінің периодты-лығы қамтымасыз етілуі тиіс;
- операторлардың жұмыс орны жерленуші автономды контурмен қамтымасыз етілуі тиіс;

Жүйенің барлық элементтері ГОСТ 21.104-85 жалпы техникалық шарттардың барлығына сәйкес келуі тиіс, ал эксплуатациялық құжаттаманың құрастырылуы кезінде қолданылатын терминдер мен анықтамалар ГОСТ 24.003-84 сәйкес келуі тиіс.

Есептік құжаттардың құрамы мен түрі қабылданған нормативтік және құрылымдық құжаттармен анықталады [26].

2.18 Орталықтанған бақылау жүйесін жобалау

Орталықтанған бақылау жүйесінің жобалау әдістерінің талдауынан орталықтанған бақылау жүйесін жобалаудың келесі этаптарының бар екендігін көрсетті:

- бақыланатын және есептелетін ақпараттың көлемін және оның сипаттамаларын анықтау;
- бақылау алгоритмдерін құрастыру;
- орталықтанған бақылау жүйесінің құрылымының техникалық сипаттамалары мен құрылымын таңдау;

Берілген этапта орталықтанған бақылау жүйесін құрудың есебін келесі түрде ұсынуға болады. Орталықтанған бақылаудың функцияларының орындалуын анықтайтын барлық бастапқы шамалары және олардың қажетгі сипаттамалары берілген (анықтау нақтылығы, берілуінің жиілігі мен формасы).

Сондай-ақ белгілі:

- а) берілген шығыс шамалардың есептеуі үшін бастапқы ақпараттың көзі ретінде қолданыла алатын өлшеу құралдарының жиынтығы(датчиктер),

сонымен қатар датчиктердің параметрлер (жұмыс нақтылығы, өлшеу диапазоны, шығыс сигналдың түрі, датчиктің динамикалық параметрлері);

б) математикалық күтулердің, дисперсияның, корреляциялық функциялардың, датчиктермен өлшенетін шамалардың статистикалық бағалануы.

Шығыс шамалардың қажетті сипаттамаларына қойылған талаптарға сай келетін және берілген жүйе үшін анықталған тиімді критерийді (мысалы, бақылау алгоритмімен және бастапқы ақпараттар массивімен баылатын жедел жадының көлемі) оптимизациялайтын, шығыс шамаларының жиынтығына датчиктер санын өңдейтін алгоритмдерді құру талап етіледі. Тапсырманың мұндай қойылымы жүйемен өңделетін барлық қажетті шығыс шамалар жайлы нақты білімді қажет етеді. Алайда бұндай қажеттік орталықтанған бақылау жүйесін құру кезінде пайда болған табиғи тұрғыдан түсінікті талап тәжірибеде жүзеге асуы екі талай, себебі орталықтанған бақылау жүйесінің шығыс шамаларына қойылатын талаптар Ванюков пеші кешені технологиялық процессінің автоматтандырылған басқару жүйесінің басқа да бағынышты жүйелеріне қойылатын талаптарға тәуелді болады, және олар әдетте орталықтанған бақылау жүйесін құру алдында белгісіз болып табылады.

Осы себептерден орталықтанған бақылау жүйесінің алгоритмдерінің құрылуы ең аз дегенде екі кезеңнен өтеді:

- бірінші кезеңде автоматтандырылмаған өндірісті зерттеу арқылы шығыс шамалар мен олардың сипаттамалары қалыптасады;

- екінші кезеңде орталықтанған бақылау жүйесі іске қосылғаннан кейін және технологиялық процессті автоматтандырылған басқару жүйесі құрылғаннан кейін орталықтанған бақылау жүйесінің шығыс шамаларының түзетілуі жүзеге асырылады, себебі орталықтанған бақылау жүйесінің іске қосылуы құрастырылған алгоритмдердің қайта қаралуын және нақтылауын әкеледі.

Бұндай тапсырманың орындалуы келесілермен ерекшеленеді:

- өлшенетін сигналдардың барлық өңделуі типтік операциялар қатарына жіктеледі (мысалы, анықталған уақыт аралығында барлық мәндердің анықталуы және қосылуы, шамалардың интерполяциясы және тағы басқа);

- әр нақты жүйе үшін типтік операциялардың толық жиыны аса үлкен емес болып табылады.

Осылайша кез келген нақты орталықтанған бақылау жүйесі үшін алгоритмді құру керекті операциялардың орындалуымен сипатталады [29].

2.19 Бастапқы ақпараттың жиналуы және өңделуге жіберілуін ұйымдастыру

Кешеннің технологиялық процесстерін басқару үшін қолданылатын ақпарат өзінің қажетті уақытта ұсынылмауымен және және көптеген басқа себептерден жеткіліксіз әрі толыққанды емес болып табылады (мысалы өлшенген шамалардың, құралдардың, қателіктердің өлшеудің динамикасын ескермесе және тағы басқа).

Осылайша жұмыс станциясында операторлар мен мастерлермен қабылданатын шешімдер көбінесе операторлар мен мастерлердің интуициясына және тәжірибесіне негізделеді.

Орталықтанған бақылау жүйесінің өндіріске енуі басқарудың мәселелерін сапалы шешуге, сонымен қатар есепті жүргізуді және есептік құжаттамны құруды автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Есептеуіш техниканың қолданылуы диспетчерлік бақылаудың шекарасын кеңейтуге мүмкіндік беріде, және клесіні жүзеге асырады:

- нақты уақыттағы, ескеру және авариялық бақылау (бақыланатын шамалардың ішінен ең жиілігі жоғарысы арқылы оның дискреттілігі анықталады), берілген шектегі процесстің негізгі технологиялық шамаларын табуды және негізгі агрегаттардың жағдайын бақылау;

- сағат сайын бақылау – агрегаттардың жұмысының көрсеткіштерінің және цехтың шектерінің жалпы көрсеткіштерін есептелетін негізгі технологиялық шамалардың бір сағат ішіндегі орташаланған мәндерін анықтау;

- ауысатын бақылау – цехтың жұмысы жайлы жалпы көрсеткіштердің және басқа есептік мәліметтерді, сонымен қатар жеке шектерді анықтау, және осы қабылданған ақпараттардың ауысқан диспетчерімен талдау жүргізу;

- тәуліктік бақылау – цехтың жұмысы жайлы негізгі есептік мәліметтерді құру және сол құрылған мәліметтерді кешеннің басшылығына қыну;

Айтылған функциялардың құрастырылуы мен жүзге асырылуы бастапқы ақпараттың көлемін анықтайды. Белгіленіп алынған бастапқы шамалар топ-топпен жіктеледі:

Топ А – кешеннің жалпы жұмысын сипаттайтын шамалар;

Топ Б – әр жеке агрегаттың жұмысын сипаттайтын шамалар. Бұлар жедел есеп үшін қолданылады;

Топ В – әр жеке агрегаттағы технологиялық үрдістің жүруін сипаттайтын шамалар;

Топ Г – агрегаттардың, құрылғылардың және тағы басқалардың жағдайын сипаттайтын бақыланатын шамалар.

Айта кету керек бір мәселе, бұл топтағы шамалар өзара тығыз байланыста, осылайша мысалы, Б тобының шамалары В тобының құрамына кіретін технологиялық үрдісті, және тура сол мезетте А тобында ұсынылатын шамалар болып табылатын белігілі уақыт аралығында орташаландыру және қосуы сипаттай алады.

Технологиялық сызық – сілтісіздендіру кешенінің операторы – зауыт диспетчері басқару иерархиясы бойынша диспетчерге В тобының шамаларын және жеке құралдар мен құрылыстардың жұмыс жағдайын сипаттайтын Г тобының кейбір шамаларын білу міндетті емес. Оларды әдетте оператор қолданады.

Диспетчер жалпы цехтың және оның жеке аумақтарындағы жұмыс жағдайын сипаттайтын А және Б топтарының шамаларымен жұмыс істейді. Г тобының шамаларының біраз бөлігі түсті өзгертіп немесе қандай да бір басқа

амалдармен нақты агрегаттың жалпы жағдайын сипаттай отырып, мнемосхемада қолданылады [17].

Алгоритмдердің біріншілік өңделуі және оларды бағалауды жүзеге асыру үшін білігілі әдістермен, нақты жағдайда кездейсоқ үрдістердің статистикалық әдісімен аныталатын өлшенетін шамалардың статистикалық сипаттамалары қолданылады.

2.20 ТҮАБЖ функционалды жүйесін сипаттау

Техникалық құралдардың кешені ақпараттың нақты уақыт мезетінде жиналуын, өңделуін, шығарылуын және ұсынылуын қамтымасыз ете алатын техникалық құралдармен негізделуі тиіс.

Төменгі деңгейдің техникалық құралдарының құрамында болу керек:

- объектіден мәлімет алу құралдары;
- объектіге басқару әсерін шығару құралдары;
- жүйенің жоғарғы деңгейімен ақпарат алмасу құралдары;
- қоректің уақытша өшірілуі кезіндегі бағдарламалар мен мәліметтер дісақтау құралдары;

Жоғарғы деңгейдің техникалық құралдарының құрамында болу керек:

- жедел мәліметтерді ұсыну құралдары;
- мәліметтерді сақтау мен жинау құралдары;
- жүйенің төменгі деңгейіндегі контроллерлерімен ақпарат алмасу құралдары;
- технологиялық режимдерді дұрыстаудың және берудің құралдары;

Жүйенің және қолданылмақ бағдарламалық қамтымасызданудың функционалдық мәнін ескере отырып, жүйенің жұмысқа қабілеттілігін қамтымасыз ететін техникалық құралдардың алдын ала келесі құрамын анықтауға болады:

- жұмыс станциясыныдағы компьютердің жедел жадысының көлемі 64 Мб, оның сыртқы құрылығылары болу керек:

- дисплей SVGA, кеңейтілуі пиксель;
- 101 батырмасы бар клавиатура;
- «Винчестер» типті қатты магнитті диск көлемі 200 Мб-тан аз болмауы тиіс;

- иәлгіш дисктердегі сыртқы жаду құрылғысы;

- Simatic S7 400 (CPU413-2DP) бағдарламаланатын логикалық контроллерлер;

- ETHERNET желілік құрылығысы;

- MPI стандартты коммуникациялық жүйе.

Өлшеудің техникалық құралдары (датчиктер), басқару аппаратурасы және орындаушы механизмдер талап етілегн өлшеу нақтылығынан және эксплуатациялық сипаттамалар тұрғысынан таңдалды [23].

2.21 Жүйені бағдарламалық қамтамасыздандыру

Мырыш ұнтағын сілтсіздендіру технологиялық процесінің автоматтандырылған басқару жүйесін құрғанда және жобалағанда SCADA-жүйесі Simatic Win CC қолданылды.

Диспетчерлік басқару мен ақпаратты жинау жүйесі (SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition) қауіпсіздік және сенімділік тұрғысынан өмірлік маңызды күрделі динамикалық жүйелерді(процесстің) автоматтандырылған басқарудың негізгі және бүгінгі таңда аса перспективті әдісі болып табылады. Дәп осы жоғарыда айтылған диспетчерлік басқару принциптер негізінде өнеркәсіптегі, энергетикадағы, космостық және әскери салаларда, түрлі мемлекеттік құрылымдардағы ірі автоматтандырылған жүйелер құрастырылады және жобаланады.

SCADA – объектінің алыс нүктелерінен ақпаратты өңдеу, талдау және алыстағы объектіні мүмкін басқару үшін ақпаратты нақты уақыт мезетінде жинау процессы болып табылады. Ақпаратты нақты уақыт мезетінде өңдеу қажеттілігі барлық керекті хабарлар мен оқиғалардың және деректердің оператордың орталық интерфейсіне жеткізу қажеттілігімен шартталады.

Жаңазаманғы SCADA жүйелердің түрі ретінде басқарудың автоматтандырылған жүйесінің бастапқы стадиясында сигнализация мен телеметрия жүйелері болып табылатын.

SCADA-жүйелерінде алыстағы объектілерді басқарудың екі типі бар: автоматикалық және оператормен инициацияланатын жүйелер .

- SCADA-жүйелерінің берілген түрде ұсынылуы жаңа заманғы тиімді диспетчерлік деңгейлерді құрастыру үшін негіз болып табылды.

SCADA-жүйелеріне келесідей негізгі талаптар қойылады:

- жүйенің сенімділігі (технологиялық және функционалды);

Диспетчерлік басқару жүйесінің негізгі қолданатын аясы болып табылады:

- электроэнергияның берілуін және таралуын басқару;

- өнеркәсіптік өндіріс;

- электроэнергияны шығару;

- суды бөгеттеу және тазарту мен таратуды басқару;

- газ бен мұнайды өндіру, тасу және таратуды басқару;

- космостық объектілерді басқару;

- транспорттағы басқару(транспорттың барлық түрлерінде: әуежай, метро, теміржолдық, автомобильдік, су жолы);

- телекоммуникация;

- әскери іс.

SCADA-жүйесінің негізгі функционалды профилі монохромды алфа-виттік-сандық дисплеймен қамтылған басқарушы есептеуіш машиналар кезінде құрастырылған, және тіпті сол кезде берілген жүйелер ақпараттың жинауын, өңдеуін және ұсынуын, сонымен қатар оператордың командаларымен деректерді енгізуді, процесстің жүруінің мұрағаттауы мен протоколдауын қамтамасыз ететін. Өндірісті диспетчерлік басқару деңгейінде диспетчерлік басқару үшін

технологиялық үрдісті автоматтық басқару жүйесін құрарда SCADA-жүйелері толығымен сәтті жүйе болып табылады. SCADA-жүйесі деректерді ұсынуда, мұрағаттауда және өндірістің жүруін протоколдау кезінде өнеркәсіптің диспетчерлік пункттарында сәтті қолданылады. Алайда диспетчерлік басқарудың ерекшеліктері құрастырушыларды SCADA-жүйесін өндірісті деңгейі үшін арнайы бағдарламалық өнімді құрастыруға әкелді. Онда маңызды рөлді өндірістің технология-лық схемасының материалдық және энергетикалық ағындарын бөлудің алдында моделдеу құралдарымен болжанатын шешімдердің нәтижесінің бағалау арқылы шешімнің қабылдауын қолдау атқарады [31].

Компьютер: платформа, операциялық жүйе, процессордың жиілігі; жедел жадын мен дисктік жадының талап етілген көлемі; қосымшаларды орын ауыстыру мүмкіндігі. Жеке станцияның ақпараттық қуаты – кіріс пен шығыстардың макисмал саны; масштабталу, қуаттардың ретімас; деректердің кіріс-шығыс жылдамдығы және тағы басқа.

Құрылымдық сипаттамалар: жүзеге асырылатын станциялар типі; олардың арасындағы байланыс тәсілдері; опция және модульділік.

Функционалдық сипаттамалары: функционалдық толыққандылық – скада жүйелердің функцияларының құрамының ақиқаттық стандартты жүзеге асуы (базалық функциялар, функционалдық кеңейтулер және олардың ерекшеліктері); жобаның құралдық жүйедегі оның ішінде орындаушы жүйенің эмуляциясының өңдеу құралдары [30].

Графикалық/анимациялық редактор: деректердің немесе мәліметтердің ұсынылуы мен өңделуінің орнатылған құралдары бар графикалық объектілердің және графикалық басыының библиотекасы.

Оқиғалар мен мәліметтердің беруі мен ұсыну құралдары: графикалық, символдық, ұсыну құралдары; дыбыстық және тілдік хабарларды қолдау; нақты уақыттағы және мұрағатталған трендтер, трендтермен жұмыс істеу қызметіт; байланыс құралдарымен персоналды хабарларды жіберу (пейджер, факсжәне тағы басқа).

SCADA-жүйенің ашықтығы, коммуникациясы және интерфейсі: қолданатын желілік протоколдар, сыртқы құрылғылармен айырбасу драйверлерінің саны, деректердің кіріс-шығыс форматы мен сервері, драйверлер мен серверлерді құрастыру құралдары, ақпараттың алмасудың жүйе және бағдарлама аралық интерфестерді қолдау, тұтынушылық бағдарламаларды құрау тілдері және стандартты тілдерді қолдау.

Операциялық жүйенің сенімділігімен, төтенше жағдайларда немесе жүйенің істен шығуы кезінде деркетер мен конфигурациялардың сақтау құралдарымен, түрлі варианттарда жүйенің компоненттерін резервтеу мүмкіндігімен анықталатын жүйе сенімділігі;

Модульды және ашық SCADA-жүйенің технологиялық процесстың мониторингін жүзеге асыруда қолданылатын түрінің бірі Simatic Win CC болып табылады.

SCADA-жүйенің Win CC түрі HMI пакеттерінің нарығында алғашқы жаңа өнім болып табылады. 1996 жылы Win CC 4.0 жаңа версиясы шықты, және

бүгінгі күні берілген өнім Европада сауда жүйелерінің ішінде өзі тектес бағдарламалар арасында бірінші орынды иеленеді, ал дүние жүзі бойынша үшінші орында. 1995 жылы осы жүйенің бесінші версиясы жарық көрді. Ол дүние жүзі бойынша кеңінен таралған операциялық жүйелерде негізделеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қарастырылған «Мырыш ұнтағын сілтісіздендіру процесін автоматтандыру» тақырыбындағы дипломдық жоба еліміздегі гидрometаллургиялық комбинаттар жағдайларында автоматтандырылған басқару жүйесін өндіріске енгізу арқылы шығарылатын мырыш өнімінің сапасы мен мөлшерін өсіруді мақсат етеді. Соған орай берілген жұмыста мырыш концентраттарының сілтісіздендіру технологиясы, ерітіндінің тиімді құрамы зерттеліп, соған байланысты автоматтандырылатын басқару жүйесінің тиісінше құрылымы жасалды. Оның ішінде сілтісіздендіру үрдісі автоматтандыру нысаны ретінде қарастырылды, соған орай автоматтандырудың тапсырмасының қойылымы жасалды, математикалық модель, оған қатысты тиімді басқару жүйесі және басқаруды түзетіп, қадағалап әрі реттеп отыратын реттегіштің тиімді параметрлері өлшеніп, компьютерлік жобалау орталарында жүзеге асырылды. Сонымен бірге жұмыста техникалық қамтамасыздану, бағдарламалық және ақпараттық қамтамасыздану сияқты автоматтандырылған басқару жүйесінің маңызда элементтері жайлы толық сипатталып сөз етілді. Сондай-ақ өндірістің экономикалық тұрғыдан тиімділігі мен еңбек қорғау жайлы да қарастырылып өтілді.

Жұмыс нәтижесінде өндірістің тиімді математикалық моделі визуалды жобалау ортасында жасалып, алгоритмдік жобалау ортасында оның шынайылығы тексерілді. Математикалық модельдегі ерітіндінің тиімді құрамы, нақтырақ, оның мырыштық құрамының мейлінше көп болуы тиімді басқару алгоритмінің критерийі ретінде алынды және MatLab ортасында жобаланды. ПИД-реттегіш нысанды түзетуші құрылғы ретінде таңдалып, оның тиімді параметрлері анықталды, анықталған мәндер өндірістің тиімділігін шынайы айтарлықтай ұлғайтпақ.

Берілген дипломдық жобада құрастырылған мырыш ұнтағын сілтісіздендіру үрдісінің математикалық моделі бүгінгі күні белгілі статикалық режимдерді есептеудің модельдерімен салыстырғанда агрегаттың ерітіндідегі физикалық-химиялық және жылу техникалық құбылыстарының жүру динамикасын көрсетеді, сонымен қатар басқа модельдерден ерекшелігі жүйеге қосымша реакциялар қосу арқылы сілтісіздендіру үрдісі кезінде түзілетін өнімдердің өзара әрекеттесу динамикасын ескеруге мүмкіндік береді.

ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР ТІЗІМІ

АР	Автоматты реттеу
ТҮАБЖ	Технологиялық үрдісті автоматты басқару жүйесі
ИМ	Атқарғыш механизм
ТҚК	Техникалық құралдар кешені
ПК	Программаланатын контроллер
АЖО	Автоматтандырылған жұмыс орны
АСУ	Автоматтандырылған басқару жүйесі
ДК	дербес компьютер
АБЖ	автоматтандырылған басқару жүйесі

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Ахматов Ф.Э., Нишонов Б.У., Теория и технология металлургического производства. Журнал.-2016. -С.69-70.
- 2 Кольчурина И.Ю., Нохрина О.И., Руднева В.В., Федотов В.М., Основы гидрометаллургии. Учебное пособие. СибГИУ. –Новокузнецк, 2008. -11 с.
- 3 Снурников А. П. Гидрометаллургия цинка. - М., «Металлургия», 1981.-106 с.
- 4 www.doccity.com/ru/metallurgiya - cinka - vyshchelachivanie - sinkovogo ogarka /1756876/
- 5 Марченко Н. В., Вершинина Е. П., Гильдебрандт Э. М., Металлургия тяжелых цветных металлов. Электронное учебное пособие.–Красноярск : ИПК СФУ, 2009. -С. 176-180.
- 6 Петухов О.Ф., Санакулов К., Хасанов А.С., Мустакимов., О.М. Окислительно-восстановительные процессы в металлургии.-Т.:ФАН,2013.-С. 200-211.
- 7 Кольчурина И.Ю., Нохрина О.И., Руднева В.В., Федотов В.М., Основы гидрометаллургии. Учебное пособие. СибГИУ. –Новокузнецк, 2008. -81 с.
- 8 Снурников А. П. Гидрометаллургия цинка. - М., «Металлургия», 1981.С-144-145.
- 9 Нохрина О.И., Кольчурина И.Ю., Руднева В.В., Федотов В.М., Основы гидрометаллургии. Учебное пособие. СибГИУ. –Новокузнецк, 2008. -86 с.
- 10 Снурников А.П. Гидрометаллургия цинка. - М., «Металлургия», 1981. - С. 150-151.
- 11 Руднева В.В., Кольчурина И.Ю., Нохрина О.И., Федотов В.М., Основы гидрометаллургии. Учебное пособие. СибГИУ. – Новокузнецк, 2008.С.88-98.
- 12 Бейсембаев А.А. Сзықты автоматты реттеу жүйелері. 1 бөлім. 5В070200- «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша күндізгі бөлімнің студенттері үшін практикалық сабақтарды өткізуге және курстық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулары. Алматы: КазҰУ, 2015. – 32 б
- 13 Салихов З.Г. /Цветная металлургия (Бюл. ин-та «Цветметинформация»).-1979.
- 14 Лакерник М.М., Пахомова Г.Н. Металлургия цинка и кадмия.- М.: Металлургия, 1969.
- 15 Гецкин Л.С., Гребешок В.А., Ярославцев А.С. и др / Цветные металлы.-1976.- № 2.- с. 17-19.
- 16 Хан О.А., Фультмак И.И. Новое в электроосаждении цинка.- М.: Металлургия, 1979.- 79с.: ил.
- 17 Ярославцев А.С. и др./ Цветные металлы.- 1975.- № 8.- с. 17-19.
- 18 Амелин А.Г. Технология серной кислоты.- М.: Химия, 1971.
- 19 Лоскутов Ф.М., Цейдлер А.А. «Расчёты по металлургии тяжёлых и цветных металлов» - М.: Металлургия, 1975 г.
- 20 Ванюков А.В. «Плавка в жидкой ванне» - М.: Металлургия, 1988 г.

- 21 Лоскутов А.С., Глазов Б.В., Добровский А.Х. «Проектирование систем автоматизации технологических процессов» - М.: Энергия, 1980 г.
- 22 Мамиконов А.Г. «Проектирование АСУ» - М.: Высшая школа, 1987 г.
- 23 Сольнищев Р.И. «Автоматизация проектирования систем автоматического управления» - М.: Высшая школа, 1991 г.
- 24 Слепнев Т.А. «Экономика цветной металлургии» - М.: Металлургия, 1988 г.
- 25 Ключев А.С., Глазов Б.М., Миндин М.Б. «Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля» - М.: Энергия, 1983 г.
- 26 Лебедева К.В. «Организационные мероприятия по охране труда цветной металлургии» - М.: Металлургия, 1975 г.
- 27 «Технологическая инструкция по обслуживанию комплекса ПВ Балхашского медеплавильного завода», - г.Балхаш, 2004г.
- 28 Зайцев В.Я. Металлургия свинца и цинка, В.Я.Зайцев, Е.В.Маргулис. М.: Металлургия, 1985.
- 29 <http://www.akorda.kz/kz/category/konstituciya>.
- 30 http://adilet.minjust.kz/kaz/docs/K070000251_.
- 31 <http://www.electronpribor.ru>.