

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы
Ильясов Нурбек Омирбековичтің
дипломдық жобасына
СЫН-ПІКІР

Тақырыбы: **Қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесін жасанды интеллектпен басқару жүйесін жасау**

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 2 парак
б) түсініктеме 73 бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген дипломдық жобада қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесін жасанды интеллектпен басқару жүйесі жасалған.

Қайнату қабатында мырышты күйдіру процесі, қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру кезінде алынатын өнімдер, қайнау қабатында мырышты күйдіру процесін кептіру қарастырылған.

Технологиялық бөлімде мырыш концентраттарын күйдіру процесі қарастырылып, күйдіру процесінің материалдық балансы есептелген.

Арнайы бөлімде қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесімен жүйені басқару үшін айқын емес логикаға, нейронды желіге және нейро –тақ желіге салыстырмалы түрде талдау жасалынды және қай жүйе жақсы екені анықталған.

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 «A - (отлично)» (90) және толық деп бағалап, оны орындаушы Ильясов Нурбек Омирбекович 5B070200- «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша дипломдық жобаны қорғауға және бакалавр академиялық дәрежесіне лайықты деп санаймын.

СЫН - ПІКІР БЕРУШІ

ЛжТА ассистент-оқытушысы,

техника ғылымдарының магистрі

«Автоматтандыру және телекоммуникациялар» институтының
А.С. Қуинтунова

АО «Академия логистики и транспорта»
«12»/05/2022 ж.

институт «Автоматизация и телекоммуникации»

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
СӨТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Ильясов Нурбек Омирбековичтің

дипломдық жобасына

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Тақырыбы: Қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесін жасанды интеллектпен басқару жүйесін жасау

Берілген дипломдық жобада қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесін жасанды интеллектпен басқару жүйесі жасалды.

Нейронды желіні оқып, айқын емес логиканы құрып, гибридті желіні үйреніп, олардың нәтижелерін салыстыра отырып, қай жүйенің тиімді екендігін анықтау диплом жобасының жаңашылдығы болып табылады.

Технологиялық бөлімде мырыш концентраттарын күйдіру процесі қарастырылып, күйдіру процесінің материалдық балансы есептелді.

Арнайы бөлімде қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесімен жүйені басқару үшін айқын емес логикаға, нейронды желіге және нейро –тақ желіге салыстырмалы түрде талдау жасалынды және қай жүйе жақсы екені анықталды.

Дипломдық жоба Қазақстан Республикасының жоғарғы оқу орындарына қойылатын талаптарды қанағаттандырады.

Дипломдық жобаны орындау барысында Ильясов Н.О. автоматтандыру үрдісі бойынша толықтай өз білімін, тиянақтылығын, салмақтылығын көрсетті.

Жалпы дипломдық жобаны толық деп бағалап, оны орындаушы Ильясов Нурбек Омирбекович 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

«12» 05 2022 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Ильясов Нурбек

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қайнау кабаты пешінде мырыш концентраттын куйдеруді басқару жүйесін жасау

Научный руководитель: Гульбагила Куандикова

Коэффициент Подобия 1: 6.4

Коэффициент Подобия 2: 1.4

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 116

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

10.05.22

 проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Пльясов Нурбек

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттын күйдеруді басқару жүйесін жасау

Научный руководитель: Гильбагила Куандикова

Коэффициент Подобия 1: 6.4

Коэффициент Подобия 2: 1.4

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 116

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

12.05.22.

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

Ильясов Нурбек Омирбекович

Қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттын күйдіруді басқару жүйесін
жасау

Дипломдық жобаға
ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200 - Автоматтандыру және басқару мамандығы

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

ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ

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

Н.У.Алдияров

«18» 05 2022 ж.



«Қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттын күйдіруді басқару жүйесін
жасау»
тақырыбына

дипломдық жобаға

ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА

5B070200 - Автоматтандыру және басқару мамандығы

Орындаған

Ильясов Н.О.

Пікір беруші

Ғылыми жетекші

техн.ғыл.магистрі, лектор

Г.Е. Қуандықова

«30» 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 Ильясов Нурбек Омирбекович

Жобаның тақырыбы: «Қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттын күйдіруді басқару жүйесін жасау»

Университеттің «24» 12 202 жылғы ғылыми кеңесінің № 484-1/0 шешімімен бекітілген.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзім «16» мамыр 2022 ж.

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

- а) кіріспе;
- б) технологиялық бөлім, арнайы бөлім;
- в) экономикалық бөлім, еңбек қорғау бөлімі;

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

Ұсынылған әдебиеттер тізімі:




- [1] Сулейменов Б.А., Ибраев А.Х. Результаты исследования нечеткой, нейро-нечеткой и нейронной моделей управления процессом обжига цинковых концентратов в кипящем слое. – Тараз, 2009
- [2] В.В.Гейхман, П.А.Козлов, В.А.Лукьянчиков. Совершенствование очистки газов от обжига цинковых концентратов. «Цветные металлы». 2010г. № 5.
- [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	03.03.22-25.03.22	
Арнайы бөлім	26.03.22-25.04.22	

Аяқталған дипломдық жобаның және оларға
қатысты 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. Куандықова техн.ғыл.магистрі, лектор	30.03.22	
Арнайы бөлім	Г.Е. Куандықова техн.ғыл.магистрі, лектор	30.04.22	
Нормалық бақылаушы	Н.С.Сәрсенбаев техн.ғыл.кандидаты, ассистент профессор	12.05.22	

Ғылыми жетекшісі  Г.Е. Куандықова

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Н.О.Ильсов

Күні «6» маусым 2022 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста «Қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіруді басқару жүйесін жасау» әдістері қарастырылады. Дипломдық жұмыс үш бөлімнен тұрады: технологиялық бөлім, арнайы бөлім және экономикалық бөлім.

Бірінші бөлімде технологиялық процестің сипаттамасы, заманауи қайнау қабаты пешінің конструкциялары және мырыш өндірісінің кезеңдері зерттелген және тиімді техникалық шешімдері қарастырылған.

Екінші бөлімде пеш ТП АБЖ үлгілеу жүреді. Matlab ортасында айқын емес басқару жүйесін модельдеу нәтижелері анықталды. Пештің ТП АБЖ бөлігінің техникалық базасы ретінде CPU 315-2DP орталық процессоры бар Simatic S7-300 программалық логикалық контроллер қолданылды.

АННОТАЦИЯ

В диссертации рассмотрена методика «Разработка системы управления обжигом цинковых концентратов в печи». Диссертация состоит из трех частей: технологической части, специальной части и экономической части.

В первом разделе рассматриваются особенности технологического процесса, конструкции современных печей и стадий производства цинка и приводятся эффективные технические решения.

Во второй части проводится моделирование АСУ ТП печи. Результаты моделирования нечеткой системы управления идентифицированы в среде Matlab. В качестве технической базы АСУ части печи использовался программно-логический контроллер Simatic S7-300 с CPU 315-2DP.

ANNOTATION

The thesis considers the methodology "Development of a control system for roasting zinc concentrates in a furnace." The dissertation consists of three parts: technological part, special part and economic part.

The first section discusses the features of the technological process, the design of modern furnaces and stages of zinc production and provides effective technical solutions.

In the second part, the modeling of the automated process control system of the furnace is carried out. The results of fuzzy control system modeling are identified in the Matlab environment. The Simatic S7-300 software logic controller with CPU 315-2DP was used as the technical basis for the automated control system of the furnace part.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	
1 Технологиялық бөлім	9
1.1 Мырыштың металлургиясы	10
1.2 Мырышты шикізаттан бөліп алу жолдары	14
1.3 Мырыш концентраттарын күйдіру	16
1.4 Мырыш концентраттарын қайнау қабаты пешінде күйдіру процесінің материалдық балансын есептеу	19
1.5 Шаңның шығысы және оның рационалдық құрамын анықтау	20
1.6 Күйдірілген мырыш концентратының шығыны және оның рационалдық және химиялық құрамы	21
1.6.1 Күйдіруге қажетті ауа мөлшері. Күйдіру процесінің газдарының құрамы мен мөлшері	24
1.7 Мырыш концентраттарын күйдіру жабдықтарын, газарна жүйесін есептеу	25
2 Арнайы бөлім	36
2.1 Мырыш концентратын қайнау қабаты пешінде күйдіру	36
2.2 Қайнау қабаты пешінде мыс концентраттарын күйдіру кезінде алынатын өнімдер	38
2.3 Жасанды интеллект	42
2.4 Мырыш концентраттарын күйдіру процесін басқарудың айқын емес моделін зерттеу және жасау	45
2.5 Интеллектуалды білімдер (ережелер) базасын құрастыру	45
2.6 Айқын емес басқару моделін зерттеу және жасау	49
2.7 Мырыш концентраттарын күйдіру процесін басқарудың нейрожелілік моделін зерттеу және жасау	52
2.8 Мырыш концентраттарын күйдіру процесін басқарудың нейро-так желілік моделін зерттеу және жасау	58
2.9 Мырыш концентраттарын күйдіру процесін басқарудың интеллектуалды моделінің түрін таңдау және талдау жасау	66
2.10 ТПАБЖ - ны ақпараттық қамтамасыздандыру	67
2.10.1 ТПАБЖ - ны техникалық қамтамасыздандыру	67
ҚОРЫТЫНДЫ	
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	
ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР ТІЗІМІ	

КІРІСПЕ

Түрлі - түсті металлургия кендерінде кез – келген металды күйдіру конверторлы, шағылдырғыш пештерде, қайнау қабаты пештерінде іске асырылады.

Мырыш концентраттарын күйдірудің басты мақсаты - мырыштың және басқа да металдардың сульфидтерін тез және тиімді түрде оксид формасына айналдыру болып табылады. Дайын өнім, яғни оксид келесі өңдеуге түсу үшін талаптарға сай болуы керек.

Сілтісіздендіруге жіберілетін мырыш күйдіріндісінің құрамындағы сульфидтің шамасы 0,5 %-дан көп мөлшерде болмауы керек, құрамындағы сульфат шамасы сілтісіздендіру циклінде күкірт қышқылының шығымы аз болуы үшін 2-4 % аралығында болуы қажет, күйдірінді өлшемі 0,15-0,2 мм-ден үлкен болмауы керек, мырыш құрамында феррит және силикат минимальді түрде аз болуы керек.

Заманауи өндірістерде бұл талаптарға сәйкес мырыштың күйдіріндісін алу үшін мырыш концентраттарын көбінесе пештерде 900-1000°C (көп жағдайда 930-980°C) температурада күйдіреді. Пирометаллургиялық өңдеуге жіберілетін концентраттың соңғы өнімі - агломерат беріктік, құрамында сульфид пен сульфат мөлшерінің қосындысы 1 %-дан артық емес, бөлшектерінің өлшемі мырыш дистилляциясына арналған пешке сай болуы керек (мырышалы, термиялық пештерде көбінесе 4-12мм, шахта пештерінде 20-60мм) сияқты талаптарға жауап береді.

Бұл дипломдық жобада қайнату қабатында мырышты күйдіру процесі, қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру кезінде алынатын өнімдер, қайнау қабатында мырышты күйдіру процесін кептіру және жасанды интеллектпен басқару туралы қарастырылды.

Өнеркәсіптік пеш - материалдың жылуымен, өңделуімен байланысты технологиялық процестер жүзеге асырылатын жылу техникалық агрегат. Өнеркәсіп пештері құрылымдық элементтерден тұрады.

Қайнау қабаты пештері түсті металлургияда әртүрлі металдардың сульфидтік концентраттарын күйдіру және глинеземді кептіру мен кальцинирлеу үшін кеңінен қолданылады. Аспалы қабатты пештерде шаң түріндегі күйге келтірілген материалдар өңделеді. Материалдың майда бөлшектері төменнен жоғары қарай қозғалатын газ ағынының әсерінен “аспалы” күйде сонымен бірге қозғалады. Газ тәріздес және майдаланған қатты отындар қолданылады. Негізінен бұл пештер түсті металлургияда түсті металдар сульфидтерін балқыту үшін қолданылады. Мырыш концентраттарын күйдіру өнімдері - өртенділер, газдар және шаң. Бастапқы концентраттан айырмашылығы - өртендіде тотықпаған сульфидтермен қатар оксидтер және аз мөлшерде сульфаттар болады.

Мырыш концентраттарын қайнау қабатында күйдіру үшін дөңгелек, тікбұрышты және эллипсті көлденең қималы қайнау қабаты пештері қолданылады.

Дипломдық жоба мақсаты: Қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесін басқару жүйесін жасау.

Дипломдық жоба міндеті: Қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесімен жүйені басқара отырып, нейронды желіні, айқын емес логиканы және нейро-тақ желіні қайнау қабаты пешін мысалға ала отырып қарастырып, салыстырмалы анализ жасау және қай жүйе жақсы екенін анықтау.

Дипломдық жоба өзектілігі: Нейронды желіні оқып, айқын емес логиканы құрып, гибридті желіні үйреніп, олардың нәтижелерін салыстыра отырып, қай жүйенің тиімді екендігін анықтау.

Егер температураны тұрақтандыру процесі және тиімді басқарудың қосалқы жүйесі дәстүрлі математикалық сипаттама көмегімен жақсы сипатталса, онда қайнау қабаты пешінде күйдірудің гидродинамикалық процесі өзінің күрделілігінен математикалық өңдеуге күрделі беріледі.

Диплом жобасының жаңалығы: Дәстүрлі реттегіш әдісін және тиімді басқарудың қосалқы жүйесін, сонымен қатар жасанды интеллект әдісін қолдану арқылы гибридті басқару жүйесін, яғни манометрлік режиммен басқарудың қосалқы жүйесін құру.

1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМ

1.1 Мырыштың металлургиясы

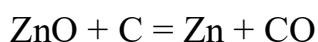
Мырыштың мыспен қоспасы яғни жез адам баласына Ежелгі Греция, Ежелгі Египет, Индия, Қытай сияқты мемлекеттерде ерте заманнан белгілі болған. Алайда мырышты таза күйінде алу көп уақыттар мүмкін емес болды. Тек 1746 жылы ғана неміс ғалымы А.С. Маргграф мырыштың таза күйін алудың алғашқы технологиясын ұсынды. Жасалған технология бойынша ол табиғатта жиі кездесетін мырыш тотығы мен көмірді саз балшықтан жасалған ыдыста ауа кірмейтіндей етіп балқытты, балқытпадан көтерілген мырыштың парын бөлек ыдысқа қарай шығарып оны конденсациялады, конденсация нәтижесінде таза мырыш алынды. Осылайша мырыш таза күйінде ең алғаш тәжірибелік жолмен алынды. Өндірістік масштабта мырыш XVIII ғасырдан бастап балқытыла бастады.

Бүгінгі күні мырыштың 66 минералы белгілі, оның ішінді ең көп таралғандары цинкит, сфалерит, виллемит, каламин, смитсонит, франклинит. Өндірісте ең кеңінен қолданылатын минерал сфалерит немесе мырыштық күкірттік қоспа болып табылады. Минералдың негізгі компоненті мырыш сульфиді, ал оның құрамындағы әртүрлі қоспалар затқа түрліше түстер береді. Бұл минералды мұны анықтаудың күрделілігінен алдағыш деп атайды. Мырыштық алдағышты әдетте біріншілік минерал деп санайды, себебі осы минералдан басқа смитсонит, цинкит, каламин және тағы басқа минералдар түзіледі. Алтай мекендерінде жолақ қоңыр кенді де кездестіруге болады, ол мырыштық алдағыш пен қоңыр шпатты қосылысынан тұрады. Мұндай минералдың кесегі алыстан жолақ ақсары тышқанға ұқсағандықтан мұны кейде ақсары кені деп атайды. Жалпы мырыштың жер қыртысындағы орташа үлесі $8,3 \cdot 10^{-3}\%$ -ды құрайды. Мырыш сумен бірге көшіп жүретін кенге жатады, өсіресе ол қорғасынмен бірге термалды сулар құрамында орын ауыстырып жүреді. Осы сулардан цинк сульфиді жер қыртысының құрамына тұнады, тұнған мырыштың өнеркәсіптік мағынасы аса маңызды болып табылады. Сонымен қатар мырыш жер үсті және жер асты сулармен тасылып жүреді, мұндағы мырыштың басты тұндырғыштың рөлін күккіртті сутек атқарады, кейдетұндырғыш ретінде балшықтың сорбциясы сияқты процесстер жүруі мүмкін.

Айта кетер жайт мырыш тек минералдық металл ғана емес, сонымен қатар биогенді элемент болып табылады, яғни оның белгілі көлемі тірі организмдердің бойында болады.

Жоғарыда айтылғандай мырыштың таза күйі табиғатта мүлдем кездеспейді. Бұл құбылыс берілген металлдың қоршаған ортамен тез әсерлесуімен шартталады. Әдетте мырышты құрамында 1-4% мырышы бар сульфид күйінде кездесетін полиметаллдық кендерінен алады. Айтылған кенді селективті флотация көмегімен байытады, нәтижесінде құрамында 50-60% мырышы бар концентраттар түзіледі, әдетте флотация нәтижесінде мырыштық концентраттармен қоса мыстық, қорғасындық ал кейде тіпті пириттік

концентраттар түзіледі. Мырыштық концентратты қайнау қабаты пештерінде күйдіреді, процесс нәтижесінде мырыш сульфиді мырыш оксидіне айналады және күкіртті газ бөлінеді. Пайда болған күкіртті газды күкірт қышқылын өндіруге қолданады. Ал пайда болған мырыш оксидінен ZnO таза мырышты екі тәсілмен алады: пирометаллургиялық тәсілмен және гидрометаллургиялық тәсілмен. Пирометаллургиялық немесе дистилляциялық тәсіл адам баласына мырышты таза күйде ең алғаш алынғаннан бастап белгілі, себебі ол тәсіл мырышты ең алғаш таза күйінде алған Маргграф тәсіліне негізделген. Айтылған тәсіл бойынша күйдірілген мырыш оксидін 1200-1300°C температурада балқытып, оның түйіршіктілігін және ауа өтімділігін өсіріп, пайда болған косистенциядан яғни күйден көмермен немесе кокспен қалпына келтіреді:



Осыдан пайда болған металл парларын конденсациялайды да құймақалыптарға құяды. Алғашқыда қалыпқа келтіру процессын тек қолмен басқарылатын және күйдірілген балшықтан жасалған реторттарда ғана жүзеге асыратын, кейіннен қорборундтан жасалған механизацияланған реторды, сондай-ақ доғалық және шахталық электрпештерін қолдана бастады. Мырыштық-қорғасындық концентраттардан мырышты шахталық пештерде балқытпаны ауамен үру арқылы алады. Өнімділік бірітіндеп өсе берді, алайда алынған мырыш құрамында 3% қоспа болды, оның ішінде бағалы кадмий де бар. Дистилляцияланған немесе күйдірілген мырышты ликвация әдісімен яғни сұйық металлдың темір қоспасы мен қорғасын қоспасынан 500°C-та айыру мақсатында тұндыру арқылы тазартылады. Нәтижесінде тазалығы 98,7%-ды құрайтын мырыш түзіледі. Сонымен қатар мырышты тазартудың аса қымбат тәсілі ректификациялық тазалау әдісімен тазалығы 99,995%-ды құрайтын мырыш алуға болады, бұл тәсіл бойынша мырыштан кадмийді де бөліп тасталынады. Алайда бұл айтылып отырған мырышты пирометаллургиялық тәсілмен алу тәсілі бүгінгі күні қымбат әрі тиімсіз болып табылады. Сондықтан оның орнын өндірісте кеңінен гидрометаллургиялық немесе электролиттік тәсіл басып жатыр.

Мырышты гидрометаллургиялық тәсілмен алу процессі 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%-ды 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.

Физикалық қасиеті: реттік номері 30, периодтық жүйенің 2 топ элементі, атомдық массасы 65,4, құйылған металдық күйдегі тығыздығы 7,13, балқыған күйдегі тығыздығы 6,92. Балқу температурасы 419,5°C, қайнау температурасы 906°C

Мырыш ауыр түсті металлургияға жатады. Бөлме температурасында морт сынғыш. 100-150°C қыздырған кезде пластикалық қасиеті жоғарлайды, жаймалар түрінде жайылып, сымға созуға болады. 200°C жоғары температурада қайта осал қалыпқа келеді, механикалық өңдеу мүмкін емес. Электрлік потенциалы -0,76В. Цементатор ретінде жиі қолданады. Сұйық, құрғақ ауада жылтыр қалпында сақталады, ылғал ауада сұр түсті негізінен карбонат түрінде болады. Мырыш қышқылдармен сілтілерде жақсы ериді, балқыған мырыш өзінде темір, күшәлә, шойын, мыс, және тб металдармен қоспалар түзіп, өзінде ерітеді.

Мырыш гидроксиді амфотерлі, суда, қышқылдарда жеңіл ериді. Мырыш окиді- қиын тотықсызданатын қосынды., жоғары температура және тотықсыздандырғыш атмосферасы қажет. Мырыш сульфиді- суда, әлсіз қышқылда нашар ериді, ал күшті қышқылда жеңіл ериді.

Кен көздері: мырыш табиғатта негізінен сульфидтік күйде, аз мөлшерде тотыққан күйде кездеседі. Сондықтан құрамындағы минералдарға байланысты мырыш кендерін сульфидтік және тотыққан кендер деп атайды. өндірістік маңыздысы сульфидтік қорғасын- мырыш полиметалдық кендер. Қорғасын – мырыш кен құрамы: Pb1-10%, Zn1-13%, Fe1-10%, Cu0,5-2%, SiO₂ 18-20%, S15-20%

Байыту әдістері: селективті байыту, коллективті флотация. Нәтижесінде алынған мырыш концентратының құрамы, %:Zn40-60, Pb0,2-5, Cu0,05-2,5, Fe2-13, S30-35, Cd0,1-0,5, As0,03-0,3, Sb0,01-0,07, Co0,001-0,013

Кен орындары: Қазақстан (Риддер, Зыряновск, Обуховка, Белоусовка, Молеевка), Орталық Қазақстан (Жайрем), Оңтүстік Қазақстан (Шалғын, Ащысай), ТМД (Орал, Красноярск, Қиыр Шығыс, Солт Кавказ), шет елдері (Канада, АҚШ, Австралия, ГФР, Швеция, Жапония, Перу т.б)

Қолдану облысы: мырыш балқыған күйде қатты темірмен химиялық қосындылар түзеді. Сондықтан мырыштың осы қасиетін темірмен болаттан жасалған бұйымдарды ыстықтай мырыштап, қорғаныс қабықтар түзуде қолданады. Машина жасау өнеркәсібінде, медицинада, химия өнеркәсібінде қолданады.

ZnO-ны бояу жасауда, резинка жасауда, медикамент және парфюмерлі бұйымдар жасауда қолданылады. Түсті металл металлургиясында мырыш өнімін шығару жағынан-алюминий мен мыстан кейін үшінші орында тұр [1].

1.1 Кесте – Мырыштың минералдары

Атауы	Химиялық формуласы	Мырыш мөлшері, %	Түсі
Сфалерит вюрцит	ZnS	67,1	Сары Қара қоңыр
Марматит	nZnS•mFeS	60	Қара қоңыр
Цинкит	ZnO	80,3	Қара қызыл
Смитсонит	ZnCO ₃	64,8	Ақ, сұр, жасқұлтын
Вилелит	2ZnO•SiO ₂	73	Ақ, сары, жасыл рейті бар

1.2 Мырышты шикізаттан бөліп алу жолдары

Екі жолы бар:

- Гидрометаллургиялық
- Пирометаллургиялық

Гидрометаллургиялық процестің артықшылығы:

- металды бөліп алу дәрежесі жоғары;
- өнімнің тазалығы жоғары;
- процесс механизацияланған;
- жұмыс жағдайы жақсы

Бұл процесс келесі кезендерден тұрады:

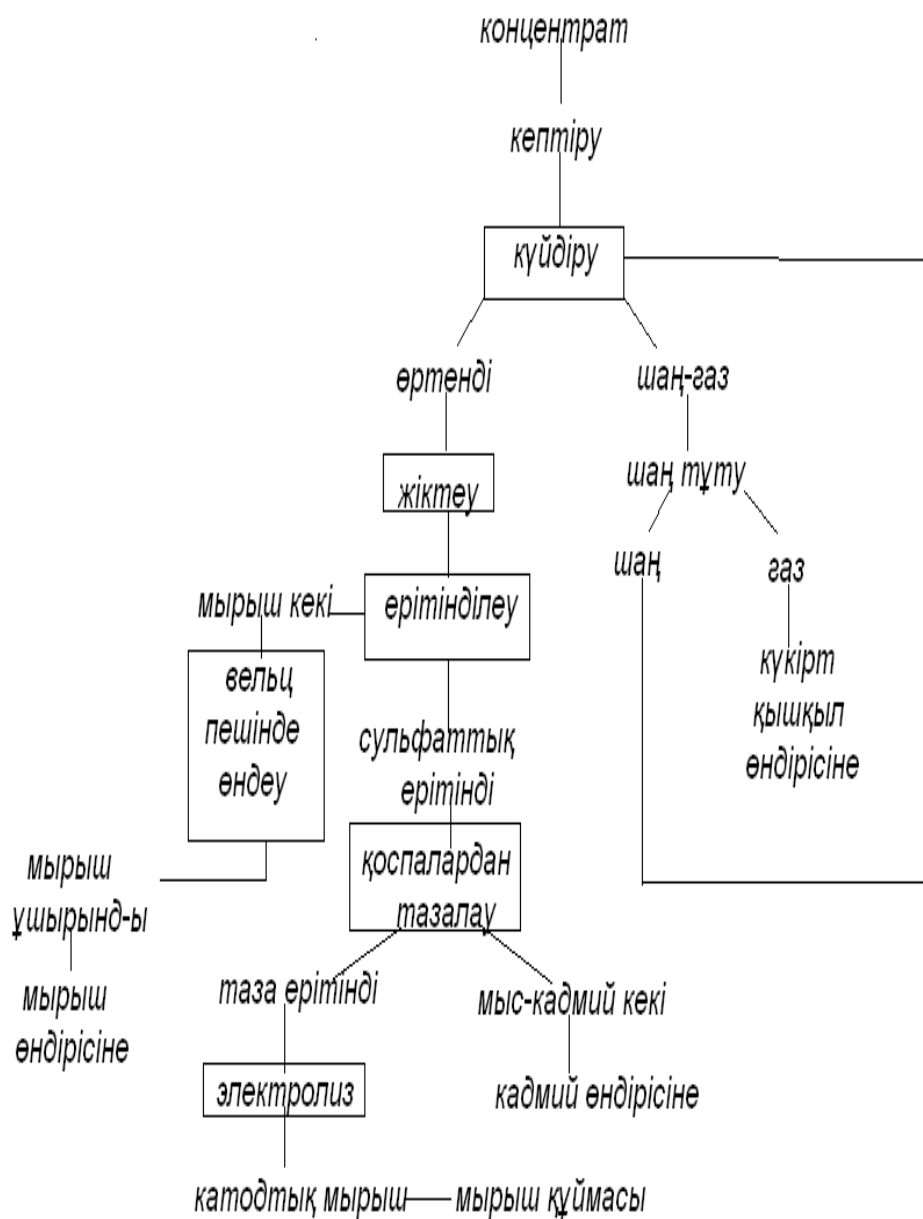
- материалды күйдіру процесіне дайындау;
- концентратты күйдіру
- өртендіні жіктеу;
- өртендіні ерітінділеу;
- ерітіндіні қоспалардан тазарту;
- электролиз;
- катодтық мырышты құйма қалыптарға құю

Мырышты гидрометаллургиялық тәсілмен алу пирометаллургиялық тәсілден әлдеқайда кеш пайда болды, алайда қысқа уақытта бұл жаңа тәсіл кең қолданысқа ие болды, әсіресе бұл әдіс арзан электроэнергия көзі бар аумақтарды ерекше таралды.

Мырышты гидрометаллургиялық тәсілмен алудың негізгі мәні мырыш концентраттарын алдын ала күйдіріп дайындап алып (900-1000°C температурада ұнтақтау), алынған ұнтақты күкірт қышқылының әлсіз ерітіндісімен өңдеу болып табылады. Процесс нәтижесінде ерітіндіде мырыш күкірт қышқылының тұзына айналады және тазартылған сульфаттық ертінділерден металдық электролиздік мырыш бөліне бастайды. Алынған катодты цинк электропештерде қайта балқытылады да құмақалыпқа құйылады. Пирометаллургиялық тәсілмен

салыстырғанда гидрометаллургиялық тәсілдің көптеген артықшылықтары бар. Олардың негізгілері:

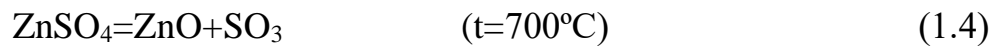
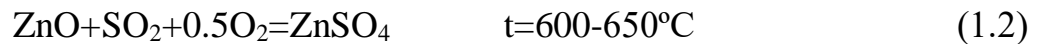
- шикізатты толық әрі кешенді өңдеудің үлкен мүмкіндіктері;
- энергияның қолайлы түрі электрлік энергияны қолданады;
- табиғатты қорғау шаралары оңай жүзеге асырылады;
- еңбек қорғаудың жақсы жағдайлары;
- автоматтандыру және механизациялауды жүзеге жеңіл асырады;
- алынған мырыштың сапасы мейлінше жоғары [2].



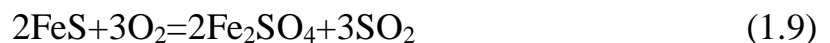
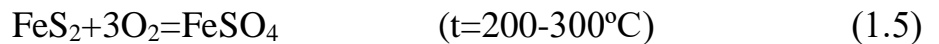
1.1 Сурет - Мырыш өндірісінің гидрометаллургиялық әдісінің технологиялық сұлбасы

1.3 Мырыш концентраттарын күйдіру

Мақсаты – концентраттың күкірттік қосындыларын тотыққан күйге өткізу, күкіртті ұшыру нәтижесінде ерітінділеуге жарамды өнім алу. Күйдіру процесінде келесі ерітінділеу процесі жеңіл жүретін, яғни жеңіл ерітінділенетін ұнтақ түріндегі өртенді алынады. Процесте жоғары температурада ауадағы оттегімен әрекеттесу нәтижесінде келесі тотығу экзотермиялық реакциялар жүреді:



Концентратта міндетті түрде темір қосындылары болады. Олар келесі өзгерістерге ұшырайды:



500°C жоғары температурада темір тотықтарының мырыш тотықтарымен әрекеттесуі нәтижесінде мырыш ферриттері түзіледі. Оның мөлшері өртендідегі мөлшеріне байланысты. Жоғары температурада процесс қарқынды жүреді. Ол сұғытылған күкірт қышқылында ерімейді, мырыштың жоғалымын тудырады. Кремнезем 900-950°C-та силикаттар түзеді:



Мырыш силикатының түзілуі ерітінділеу кезінде пульпаны қоюлату процесін қиындатады (коллоидты кремний қышқылын түзеді).

Гидрометаллургиялық процесс кезіндегі күкірт қышқылының жоғалымын күйдіру процесінде $ZnSO_4$ есебінен толтырады. Бұл жоғалымдарды толтыру үшін өртендідегі S_{SO_4} мөлшері 3-4% болуы тиіс. Күйдіру кезінде Zn, Pb, Cd, Co тотықтары және күкіртті ангидрид түзіледі.

Күйдіру процесі ҚҚ пешінде жүргізіледі. Процесс күйдірілетін концентрат қабатын ауамен үрлеуге негізделген.

Артықшылығы:

Пештің меншікті жұмыс өнімділігі көп табанды пештерге қарағанда 3-4 есе жоғары.

Алынған өртенді сапасы жоғары.

Жеңіл еритін мырыш өнімін алуға мүмкіндік береді.

Газдағы SO_2 концентрациясы жоғары (9-11%).

Отынды қажет етпейді. ҚҚ-ғы артық жылу бу алуға жұмсалады.

Пеш конструкциясы оны толық автоматтандыруға мүмкіндік береді.

Кемшілігі:

Өртендінің шамамен 40%-ы газдармен әкетіледі. Майда шандардан электрофильтрде тазартылады. Тазартылған газ күкірт қышқылы өндірісіне түседі.

Концентрат форкамералар арқылы тиеледі. Шығатын газдар температурасы $500-550^{\circ}C$; ҚҚ-ғы температура $950-980^{\circ}C$. Күмбез астындағы қысым 3-5 мм.сын.бағ. Ауа шығыны $16000-28000\text{м}^3/\text{сағ}$. Сопладағы ауа жылдамдығы $55-60\text{м}/\text{с}$.

Процестің температуралық режимі.

Қабаттағы температураның жоғары шегі келесі факторлармен шектеледі:

$980^{\circ}C$ жоғары температурада ауаның артық мөлшері төмендейді, өртендідегі сульфидтердің мөлшері көбейіп, сульфаттар мөлшері азаяды.

Температураның өсуімен феррит түзуі жылдамдайды, сондықтан температура $940^{\circ}C$ -тан жоғары болмауы тиіс.

$1050^{\circ}C$ материал балқып қатқату мүмкін.

$900^{\circ}C$ жоғары температурада мырыш силикатының түзілуі қарқынды жүреді.

Шығарылатын газдардың жоғары температурасы газарна жүйесінің жұмысын қиындатады.

Температураның төменгі шектері - $880^{\circ}C$.

Температураның төмендеуімен тотығу реакцияларының жылдамдығы төмендейді.

Ауа көлемі азаяды, яғни «қайнау» процесі нашарлайды.

Пештің жұмыс өнімділігі күрт төмендейді, шығатын газдардағы SO_2 мөлшері азаяды [3].

1.4 Мырыш концентраттарын қайнау қабаты пешінде күйдіру процесінің материалдық балансын есептеу

Мырыш концентраттарын «ҚҚ» пешінде күйдіру процесінің материалдық балансын есептеу қажет. Концентрат құрамы, %: 50,3 Zn; 0,9 Pb; 34,9 S; 8,9 Fe; 2,3 Cu; 0,22 Cd; 0,16 SiO₂; 0,8 CaO; 0,2 MgO; 0,3 Al₂O₃; 1,02 басқалары [4].

Минералогиялық зерттеулер нәтижесі бойынша концентратта металдар келесі қосылыстар түрінде болады: Zn – ZnS түрінде, Pb – PbS, Cu – CuFeS₂, Fe – FeS және FeS₂, Cd – CdS, CaO – CaCO₃, Mg – MgCO₃.

Есептеуді концентраттың 100 кг жүргіземіз. Есептеулердің нәтижесі 1.2-кестеде көрсетілген.

1) ZnS

65,4 Zn – 32 S

50,3 Zn – x S; $x = (50,3 \cdot 32) / 65,4 = 24,61$ кг S

2) PbS

207,2Pb – 32 S

0,9 Pb – x S; $x = (0,9 \cdot 32) / 207,4 = 0,14$ кг S

3) CdS

112,41Cd – 32 S

0,22 Cd – x S; $x = (0,22 \cdot 32) / 112,41 = 0,06$ кг S

4) CuFeS₂

63,6 Cu – 2·32 S

2,3 Cu – x S; $x = (2,3 \cdot 64) / 63,6 = 2,31$ кг S

63,6 Cu – 55,85 Fe

2,3 Cu – x Fe $x = (2,3 \cdot 55,85) / 63,6 = 2,02$ кг Fe

Байланысқан барлық күкірт: S = 24,61 + 0,14 + 0,06 + 2,31 = 27,12 кг. Қалған күкірт S_{қалд} = 34,9 – 27,12 = 7,78 кг. Ал, қалған темір Fe_{қалд} = 8,9 – 2,02 = 6,88 кг.

5) Қалған күкірт FeS және FeS₂ байланысқан. FeS – те а кг Fe, ал FeS₂ – де (6,88 – а) кг Fe болады деп қабылдаймыз да, екі теңдеу құрамыз.

$$55,85 \text{ Fe} - 32 \text{ S}$$

$$a \text{ кг Fe} - x \text{ кг S} \quad x = (32 \cdot a) / 55,85$$

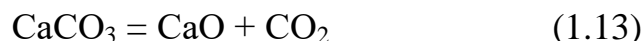
$$55,85 - 2 \cdot 32 \text{ S}$$

$$(6,88 - a) - y \text{ кг S} \quad y = (64 \cdot [6,88 - a]) / 55,85$$

$x + y = 7,88$ деп теңдеуді шешеміз. $a = 0,18$ кг Fe FeS – та, $x = 0,1$ кг S FeS – та болады.

$$\text{FeS}_2 - \text{дегі Fe: } 6,88 - 0,18 = 6,7 \text{ кг, S: } 7,78 - 0,1 = 7,68 \text{ кг}$$

6) CaO

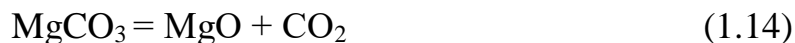


$$56 \text{ CaO} - 44 \text{ CO}_2$$

$$0,8 \text{ CaO} - x \text{ CO}_2; x = 0,63 \text{ кг CO}_2$$

$$0,8 + 0,63 = 1,43 \text{ кг CaCO}_3$$

7) MgO



$$40 \text{ MgO} - 44 \text{ CO}_2$$

$$0,2 \text{ MgO} - x \text{ CO}_2; x = 0,22 \text{ кг CO}_2$$

$$0,22 + 0,2 = 0,42 \text{ кг MgCO}_3$$

1.5 Шаңның шығысы және оның рационалдық құрамын анықтау

Қайнау қабаты пешінде күйдіру кезіндегі шаңның шығысы келесі себептерге тәуелді: бастапқы концентрат сапасы, оның ірілігі, ылғалдылығы, қайнау қабаты пешінде күйдіруге концентратты дайындау тәсілі, күйдіру режимі: процесс температурасы, пеш камерасына түсер кездегі газ жылдамдығы және т.б.

Концентраттың пеш камерасына түскендегі ылғалдылығы 6 % және концентратты дайындау тек 8 – 10 мм електерден өткізілді деп қабылдаймыз. Бұндай концентратты күйдіруде пеш камераларына берілетін ауаның орташа

сызықтық жылдамдығы 9 – 12 м/сек және құрғақ бастапқы концентраттың массасының 30 – 40 % мөлшері шаңға кетеді.

Қорғасын, кадмий және күкірттен басқа концентрат компоненттерінің 1/3 бөлігі күйдіру камераларынан әкетілетін шаңға өтеді деп қабылдаймыз. Циклондық, газ арна мен электросүзгі шаңдарының есептеулерін жүргізбейміз. Себебі, пештің материалдық және жылулық балансын есептегенде бұл шаңдардың есептеулері қажет емес, ал күйдіру газдарынан әр түрлі әдістермен аулақтатылған шаңдарды ерітінділеуге жібереді.

Қайнау қабатында шаң бастапқы концентраттағымен салыстырғанда қорғасын және кадмиймен аз байытылған. Қорғасын мен кадмийдің жартысы шаңға өтеді деп қабылдаймыз.

Зауыттардың практикасына сүйене отырып, шаңда сульфидтік күкірт 0,4 % және сульфаттық күкірт 4,7 % болады деп қабылдаймыз. Барлық сульфидтік күкірт мырышпен байланысқан, ал сульфаттық – қорғасынмен, қалғаны мырышпен байланысқан.

Шаңның рационалдық және химиялық құрамын есептеудің нәтижесі 1.3-кестеде көрсетілген.

1.6 Күйдірілген мырыш концентратының шығыны және оның рационалдық және химиялық құрамы

Өртендіде сульфидтік күкірт мөлшері 0,2 %, ал сульфаттық күкірттің мөлшері 1 % деп қабылдаймыз. Өртендінің рационалдық құрамын есептегенде барлық темір Fe_2O_3 түрінде, мыс CuO , кадмий CdO , қорғасынның 50 % PbO , 50 % $PbSO_4$ түрінде, кальций $CaSO_4$ түрінде, магний $MgSO_4$, қалған сульфидтік күкірт мырышпен байланысып $ZnSO_4$, ал элементарлы күкірт S_8 ZnS түрінде болады деп қабылдаймыз.

Қайтымсыз шығындарды есепке алмағанда, мырыш концентратының негізгі компоненттері өртендіге келесідей мөлшерде өтеді, кг:

Zn	$50,3 - 16,77 = 33,53$	Fe	$8,9 - 2,97 = 5,93$
SiO_2	$0,16 - 0,05 = 0,11$	Pb	$0,9 - 0,45 = 0,45$
CaO	$0,8 - 0,27 = 0,53$	Cd	$0,22 - 0,11 = 0,11$
MgO	$0,2 - 0,07 = 0,13$	Cu	$2,3 - 0,77 = 1,53$
Al_2O_3	$0,3 - 0,1 = 0,2$	Басқа	$0,17 - 0,06 = 0,11$

Күйдірілген мырыш концентратының рационалдық және химиялық құрамы 1.4- кестеде көрсетілген.

1.2 Кесте – Мырыш концентратының рационалдық құрамы, %:

Қосы - лыстар	Zn	Pb	Cd	Cu	Fe	S	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CO ₂	Басқа	Барлығы
ZnS	50, 3					24,6 1							74,91
PbS		0,9				0,14							1,04
CdS			0,2 2			0,06							0,28
CuFeS ₂				2,3	2,02	2,31							6,63
FeS					0,18	0,1							0,28
FeS ₂					6,7	7,68							14,38
SiO ₂							0,16						0,16
CaCO ₃								0,8			0,63		1,43
MgCO ₃									0,2		0,22		0,42
Al ₂ O ₃										0,3			0,3
Басқа												0,17	0,17
Барлығы	50, 3	0,9	0,2 2	2,3	8,9	34,9	0,16	0,8	0,2	0,3	0,85	0,17	100

1.3 Кесте - Шаңның рационалдық және химиялық құрамы, кг:

Қосылыстар	Zn	Pb	Cd	Cu	Fe	Ss	Sso ₄	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	O ₂	Басқа	Барлығы
ZnS	0,29					0,14								0,43
ZnSO ₄	3,2						1,57					3,13		7,9
ZnO	13,28											3,32		16,6
PbSO ₄		0,45					0,07					0,14		0,66
CdO			0,11									0,02		0,13
CuO				0,77								0,19		0,96
Fe ₂ O ₃					2,97							1,28		4,25
SiO ₂								0,05						0,05
CaO									0,27					0,27
MgO										0,07				0,07
Al ₂ O ₃											0,1			0,1
Басқа													0,06	0,06
Барлығы, кг	16,77	0,45	0,11	0,77	2,97	0,14	1,64	0,05	0,27	0,07	0,1	8,08	0,06	31,48
%	53,27	1,43	0,35	2,45	9,43	0,44	5,21	0,16	0,86	0,22	0,32	25,67	0,19	100

1.4 Кесте – Күйдірілген мырыш концентратының рационалдық және химиялық құрамы

Қосылыстар	Zn	Pb	Cd	Cu	Fe	Ss	Sso ₄	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	O ₂	Басқа	Барлығы
ZnS	0,23					0,11								0,34
ZnSO ₄	0,7						0,34					0,68		1,72
ZnO	26,66											6,52		33,18
ZnO*Fe ₂ O ₃	6,94				5,93							4,07		16,94
PbSO ₄		0,23					0,04					0,08		0,35
PbO		0,22										0,02		0,24
CdO			0,11									0,02		0,13
CuO				1,53								0,38		1,91
SiO ₂								0,11						0,11
CaSO ₄							0,3		0,53			0,45		1,28
MgSO ₄							0,1			0,13		0,16		0,39
Al ₂ O ₃											0,2			0,2
Басқа													0,11	0,11
Барлығы кг	33,63	0,45	0,11	1,53	5,93	0,11	0,69	0,11	0,53	0,13	0,2	12,38	0,11	55,83
%	60,11	0,81	0,2	2,8	10,64	0,2	1,2	0,2	0,95	0,23	0,36	22,1	0,2	100

1.6.1 Күйдіруге қажетті ауа мөлшері. Күйдіру процесінің газдарының құрамы мен мөлшері

Күйдіру процесінің газдарының құрамында 95 % күкірт – SO₂ түрінде, 5% күкірт – SO₃ түрінде болады деп қабылдаймыз. Күйдіру кезінде газға өтетін күкірт мөлшері:

$$34,9 - (0,14 + 1,64 + 0,11 + 0,69) = 32,32 \text{ кг}$$

Бұл күкіртпен келесі мөлшерде оттегі байланысады, кг:

$$\text{SO}_2 \text{ түрінде } 32,32 \cdot 0,95 \cdot 32/32 = 30,7$$

$$\text{SO}_3 \text{ түрінде } 32,32 \cdot 0,05 \cdot 48/32 = 1,62$$

100 кг концентратты күйдіруге қажетті оттегінің теориялық мөлшері:

$$\text{SO}_2 \text{ түзуге} - 30,7$$

$$\text{SO}_3 \text{ түзуге} - 1,62$$

Оксидтер мен сульфаттар, өртенді мен шаң түзуге - 24,49

$$\text{Барлығы} - 56,81$$

Осы оттегімен бірге келетін азот: $56,81 \cdot 77/23 = 190,19$

Қажетті ауаның теориялық мөлшері: $56,81 + 190,19 = 247$ кг немесе $247/1,293 = 191 \text{ м}^3$.

Концентрат ылғалдылығы 6 %. Ауаның теориялық мөлшеріндегі күйдіру процесінің газдарының құрамы 1.5- кестеде көрсетілген.

Теориялық ауа мөлшерінде бөлінетін газдарда:

$\text{SO}_3 + \text{SO}_2 = 11,55 + 0,46 = 12,01$ %. Практикада мырыш концентратын күйдіргенде теориялық ауадан 20% артық мөлшері алынады.

1.5 Кесте – Күйдірілген газдардың теориялық құрамы

Компоненттер	кг	м ³	%
SO ₂	60,14	21	11,55
SO ₃	2,95	0,83	0,46
CO ₂	0,85	0,43	0,24
N ₂	190,19	152,15	83,65
H ₂ O	6	7,47	4,1
Барлығы	260,13	181,88	100

Артық мөлшерде үрленетін ауа мөлшері: $247 \cdot 0,175 = 43,9$ кг. Артық мөлшерде үрленетін ауадағы оттегі $43,9 \cdot 0,23 = 10,1$ кг; азот $43,9 \cdot 0,77 = 33,8$ кг.

100 кг концентратты күйдіруге қажетті жалпы ауа мөлшері:

$$247 + 49,4 = 290,96 \text{ кг немесе } 290,96/1,293 = 225 \text{ м}^3.$$

1.6 Кесте - «ҚҚ» пешінің реакциялық камераларында алынатын күйдірілген газдардың мөлшері және құрамы

Компоненттер	кг	м ³	%
SO ₂	60,14	21	9,53
SO ₃	2,95	0,83	0,38
CO ₂	0,85	0,43	0,2
N ₂	228,23	182,58	82,89
O ₂	11,36	7,95	3,61
H ₂ O	6	7,47	3,39
Барлығы	309,53	220,26	100

1.7 Кесте – Күйдірудің материалдық балансы

Кіріс	кг	ШЫҒЫН	кг
Концентрат	100	Күйдірілген концентрат	55,91
Ылғалдылық	6	Шаң	31,48
Ауа	290,9	Күйдірілген газ	309,53
Барлығы	396,9	Барлығы	396,9

Жоғарыда жүргізілген технологиялық есептеулерге сәйкес жылдық материалдық балансты 100 кг құрғақ концентрат бойынша немесе 106,4 кг ылғал концентрат бойынша жасаймыз. Материалдық баланс 2.7-кестеде көрсетілген.

1.7 Мырыш концентраттарын күйдіру жабдықтарын, газарна жүйесін есептеу

Пештегі материал құрамы бойынша концентратқа емес өртендіге сәйкес келеді.

Есептеуді келесідегідей жүргіземіз:

1. Ауаның қысымын анықтау

Қайнау құбылысында табандағы өртенді қабаты астындағы ауа қысымы қабаттағы қысымнан біршама артық болады:

$$\Delta P = H_c j_n = H_c (j_o - j_r) \cdot (1 - \varepsilon) \quad (1.15)$$

мұнда ΔP – қабат астындағы ауаның артық қысымы, атм.;

H_c – сүзілетін қабаттың биіктігі, м;

j_n – өртендінің себілетін салмағы (1,8–2,2 т/м²);

1.8 Кесте – Мырыш концентратын қайнау қабатында күйдіру процесінің материалдық балансы

Материалдар мен өнімдер	Барлығы	Zn	Pb	Cu	Cd	Fe	S	O ₂	N ₂	H ₂ O	CO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Басқа
Кіріс																
1.Концентрат	106,4	50,3	0,9	2,3	0,22	8,9	34,9			6,4	0,85	0,8	0,2	0,3	0,16	1,02
2.Ауа	290,9							68,17	228,23							
Барлығы	397,3	50,3	0,9	2,3	0,22	8,9	34,9	68,17	228,23	6,4	0,85	0,8	0,2	0,3	0,16	1,02
ШЫҒЫС																
1.Өртенді	55,91	33,63	0,45	1,53	0,11	5,93	0,8	12,38				0,53	0,13	0,2	0,11	0,11
2. Шаң	31,48	16,67	0,45	0,77	0,11	2,97	1,7	8,08				0,27	0,07	0,1	0,05	0,06
3.Газдар																
SO ₂	60,14							30,07	30,07							
SO ₃	2,95							1,33	1,62							
CO ₂	0,85										0,85					
N ₂	228,23								228,23							
O ₂	11,36							11,36								
H ₂ O	6,4									6,4						
Барлығы	397,3	50,3	0,9	2,3	0,22	8,9	34,9	68,17	228,23	6,4	0,85	0,8	0,2	0,3	0,16	1,02

j_0 – өртендінің тығыздығы (4,7–4,9 т/м³);

j_r – газ тығыздығы (0,35 кг/м³);

ε - қабат айырмасы, бірлік шамасы (0,7-0,75).

Тыныш қабат үшін $\varepsilon = 0,5-0,6$, осыдан $H_k = 1,2-1,5 H_c$.

Қайнау $H_k = 30-50$ мм болғанда басталуы мүмкін. $H_k = 1,1-1,4$ м деп ұсынуға болады, онда қайнау қабаты биіктігі 1,3 м болғанда, табаны 1 м² болатын пешті қосу үшін қажетті (25%) концентрат пен (75%) өртенді мөлшері мынаған тең болады:

$(1,3 / 1,5) \cdot 1,8 = 0,87 \cdot 1,8 = 1,6$ т және $P = 1600$ кг/м², немесе 0,16 атм. (16,212 КПа), бір өртендіде $H_k = 1,3$

$\Delta P = 0,72 \cdot 2,0 = 1475$ мм су бағ. немесе 14455 Па

Табан сопласындағы ағын шығыны 150-400 мм су бағ.(1470- 3920Па) аралығында болады және сопло конструкциясына тәуелді болады.

Ауа жолында шығын 20% болғанда ауа үрлеу жолындағы артық қысым $(1600 + 400) \cdot 1,2 = 2400$ мм су бағ. немесе 0,24 атмосфераға тең болады.

2. Ауа шығынын анықтау

Табаны 1 м² болатын пешке шығындалатын ауаны, үрлеу жылдамдығы 10-14 м/с деп алып, тәжірибе мәліметтері бойынша анықтаймыз. Осыған байланысты едені 1 м² болса, үрлеу шығыны 6,0-8,4 м³/мин. болады, немесе 360-504 м³/(м²·сағ).

Өртендінің гранулометриялық құрамын және эквиваленттік диаметрін (2.4) формуласымен есептейміз:

$$d_{\Sigma} = 1 / (\Sigma(a/d)), \quad (1.16)$$

мұнда a – ситодиаметрия бойынша материал еншісі;

d – бөліктің орташа өлшемі, мм.

Күйдіру кезінде кесектелуді еске ала отырып d_{Σ} -ні 0,15-0,25мм аралығында табамыз. Бөлік іріленуі бойынша өртенді құрамы 2.8-кестеде көрсетілген.

1.9 Кесте - Бөлік іріленуі бойынша өртенді құрамы

Өлшем	Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5	Класс 6	Класс 7
Мм	Минус 1,5+1,3	+0,54	+0,425	+0,29	0,175	0,1	Минус 0,1
Еншісі	0,122	0,07	0,014	0,039	0,148	0,448	0,164

Кластар бойынша бөліктердің орташа өлшемін табамыз, мм:

- 1 класс – $(1,5 + 1,3) / 2 = 1,4$;
- 2 класс – $(1,3 + 0,54) / 2 = 0,92$;
- 3 класс – $(0,54 + 0,425) / 2 = 0,49$;
- 4 класс – $(0,425 + 0,29) / 2 = 0,36$;
- 5 класс – $(0,29 + 0,175) / 2 = 0,23$;
- 6 класс – $(0,175 + 0,1) / 2 = 0,14$;
- 7 класс – $(0,1 + 0,05) / 2 = 0,08$.

$$d_3 = \frac{1}{\frac{0,122}{1,4} + \frac{0,07}{0,92} + \frac{0,014}{0,49} + \frac{0,039}{0,36} + \frac{0,148}{0,23} + \frac{0,448}{0,14} + \frac{0,164}{0,08}} = 0,16 \text{ мм.}$$

Ыстық және суық ауа үшін О.Годес формуласы бойынша қайнаудың жұмыс жылдамдығын таңдау және бастапқы жылдамдығын анықтау:

$$V_H = [d_3 \cdot j] / [(1400 \cdot \mu) + (1,62 \cdot \sqrt{(d_3^3 \cdot j_G \cdot j_0)})] \quad (1.17)$$

- мұнда j_0 – өртенді тығыздығы, 4800 кг/м^3 ;
 j_G – газ тығыздығы, г/см^3 ;
 μ – газ тұтқырлығы = $1,88 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^2$.
 $d_3 = 0,2 \text{ мм}$ үшін суық ауаны табамыз:

$$V_H = \frac{(2 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 4800}{1400 \cdot 1,88 \cdot 10^{-6} + 1,62 \sqrt{(2 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 1,31 \cdot 4800}} = 7 \text{ см/с.}$$

Қалыпты қайнаудан барботажды 2-3 V_H аралығында аламыз, яғни 12-20 см/с, зауыт тәжірибесіне сәйкес келеді. 19,6 см/с деп аламыз.

Ыстық ауа үшін ($\mu = 4,9 \cdot 10^{-6}$):

$$V_H = \frac{(2 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 4800}{1400 \cdot 4,9 \cdot 10^{-6} + 1,62 \sqrt{(2 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 1,31 \cdot 4800}} = 3 \text{ см/с.}$$

Іс жүзінде 1203-1233К температурада жұмыс жылдамдығы 40-50 см/с болады, яғни ол қарапайым қайнау жылдамдығынан 13-16 есе асып түседі. Осыған байланысты бөліктердің араласуы жылдамдайды, ал қабат 2 есе үрленеді.

3. Пеш өлшемін және үрлеу шығынын анықтау

Үрлеу жылдамдығын 19,6 см/с деп аламыз. Бұл 1 м^2 табанына үрлеу беруге сәйкес келеді. Осыдан пештің меншікті шығыны мынаған тең болады:

$$a = (706 \cdot 24 \cdot 0,98) / 1800 = 9,2 \text{ т/(м}^2 \cdot \text{тәу.)}$$

$$\text{Пеш астының ауданы: см,} \quad F = 350 / 9,2 = 38 \text{ м}^2$$

ҚҚ пешінің диаметрі:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 38}{3,14}} = 6,95 \text{ м.}$$

Пештің жалпы биіктігі:

$$H_{\text{л}} = 7 - 9H_{\text{к}} = 9 \cdot 1,1 = 10 \text{ м.}$$

4. Ауа үрлеу параметрлері

Ауа үрлеудегі ауа қысымы 2400 мм су бағ. немесе 24500 Па. Жобаланған пеш үшін, ауа шығыны және қысымына сәйкес, Э-325-11-3 типті Хабаровск зауытының ауа үрлегішін таңдаймыз, оның мінездемесі:

- өнімділігі 325 м²/мин.;

- қысымы 2500 мм су бағ. немесе 24500 Па.

5. Үрлегіш соплолардың саны және өлшемі

Соплодан шығатын ауа жылдамдығын мына формуламен есептейміз :

$$V = \varphi \cdot \sqrt{(2g(P_1 - P_2)) / \gamma} \quad (1.18)$$

мұнда φ - өткір кромкалары бар цилиндр тәрізді саңылаулары үшін

$\varphi = 0,8$, шығын коэффициенті;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

P_1 – соплодағы ауа қысымы 1475 мм су бағ. немесе 14455Па;

P_2 – табаны ағын жоғалғанда 100 мм су бағ.(980Па), қайнау қабаты пешінің төменгі бөлігінде ауа қысымы 1375мм су бағ.(13475 Па);

γ – ауа тығыздығы, 1,29 кг·м³.

$$V = 0,8 \cdot \sqrt{\left[\frac{(2 \cdot 9,81) \cdot (1475 - 1375)}{1,29} \right]} \quad (1.19)$$

Пештегі сопло санын келесі формуламен есептейміз:

$$n = (1,2 \cdot \varphi) / (v \cdot f) \quad (2.8)$$

мұнда ω - пешке кететін ауа, м³/с:

$w = (1800 \cdot 180) / (24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 0,98) = 3,83$;

f – бір соплоның шығатын саңылауының ауданы, м²;

1,2 – қор коэффициенті;

$f = 0,000314 \text{ м}^2$.

$$n = \frac{1,2 \cdot 3,83}{31 \cdot 0,000314} = 472 \text{ сопел.}$$

1 м² пеш ауданына 44 сопло деп аламыз.

Жалпы сопел саны:

$$n = 44 \cdot 38 = 1672 \text{ дана}$$

Осыдан бір соплоның шығатын саңылауының жалпы ауданы:

$$n = (1,2 \cdot 3,83) / (31 \cdot 1672) = 8,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Бір соплода 4 саңылау бар деп алсақ, бір соплода $2,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$.

Саңылау диаметрін табамыз:

$$d = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5}}{3,14}} = 6 \text{ мм.}$$

«ҚҚ» пешінің астының ауданы бойынша барлық сопло саңылауының қимасының жалпы ауданы:

Оны жиі-жиі 0,8-1,0%-ға дейін үлкейтіп отырады.

$$\frac{2,2 \cdot 10^{-5} \cdot 4 \cdot 1672}{38} \cdot 100 = 0,4\%.$$

6. «ҚҚ» пешінің қажетті санын есептеу

Күйдірілетін құрғақ мырыш концентраттарының мөлшерін жылына 3592800 т/жыл.

«ҚҚ» пешінің саны: $359280 / (365-40) \cdot 360 = 2 \text{ дана.}$

7. Газ жүру жүйесін есептеу

«ҚҚ» пешінде түзілетін қайтымды газдар мөлшері:

$$(14,58 \cdot 1000 \cdot 180,9) / 100 = 26375 \text{ м}^3/\text{сағ немес } 7,3 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Газдар температурасы 1173К.

Қайтатын газдар тығыздығы:

$$259,13 / 180,9 = 1,43 \text{ кг/м}^3.$$

5% сороды ескерсек аудандардағы газ мөлшері, м³/с:

- пеш – қазан – $7,3 \cdot 1,05 = 7,67$;
- қазан – циклон - $7,3 \cdot 1,1 = 8,03$;
- циклон – түтінсору - $7,3 \cdot 1,15 = 8,39$;
- түтінсору -электросүзгі - $7,3 \cdot 1,2 = 8,76$.

«ҚҚ» пеші мен кәдеге жаратушы қазан арасы 1м, қазан-утилизаторы мен циклон арасы 3м, циклон мен түтінсору арасы 9м, түтінсору мен электросүзгі арасы 8м.

Қазанға кіретін жердегі газдар температурасы 725К, ал сорудан кейін:

$$1173 - 2 = 1171\text{К},$$

соруды есептегеннен кейін 1115К.

Кәдеге жаратушы қазаннан шығатын жердегі газдар температурасы 725К, ал сорудан кейін:

$$725 / 1,05 = 690\text{К}.$$

Циклонға кіретін жерде газдар температурасы 1К-ге төмендегенде 1 п.м.:

$$690 - (1 \cdot 3) = 687\text{К}.$$

Циклоннан шығатын жерде температура 657К, ал сорудан кейін:

$$657 / 1,05 = 626\text{К}.$$

Түтінсорғышқа кіретін жерде газдар температурасы 1К-ге төмендегенде газ жолының бір погон метріне:

$$626 - (1 \cdot 9) = 617\text{К}.$$

Түтінсорғыштан шығатын жерінде температура 594К, ал сорудан кейін:

$$610 / 1,05 = 581\text{К}.$$

Электросүзгі алдында газдар температурасы 1К-ге төмендегенде газ жолының 1 п.м:

$$581 - (1 \cdot 8) = 573\text{К}.$$

Электросүзгіштен шығатын жерінде газдар температурасы мынаған тең:
 $573 - 40 = 543\text{К}$

8. Газдардың нақты көлемін анықтау және жекелеген түйіндерін есептеу
Аудан: ««ҚҚ» пеші – кәдеге жаратушы қазан».

Газдардың орташа температурасы:

$$(1173 + 1171) / 2 = 1172\text{К}.$$

Газдар көлемі: $(7,67 \cdot 1172) / 273 = 32,93 \text{ м}^3/\text{с}$.

Газ жолындағы газдардың жылдамдығын есептеу үшін 6 м/с деп аламыз.
««ҚҚ» пеші – кәдеге жаратушы қазан» ауданындағы газ жолы қимасы:

$$32,93 / 6 = 5,49 \text{ м}^2.$$

Биіктігі еніне $b = 0,8$ қатынаста тікбұрышты қимасының газ жолын қабылдаймыз. Онда:

$a / b = 0,8$	$0,8b^2 = 5,48$
$a = 2,03 \text{ м}$	$b = 2,62 \text{ м}$

Аудан: «кәдеге жаратушы қазан – циклон».

Газдардың орташа температурасы:

$$(690 + 687) / 2 = 688,5\text{К}.$$

Газдар көлемі: $(8,03 \cdot 688,5) / 273 = 20,25 \text{ м}^3/\text{с}$.

Газ жолы қимасы: $20,25 / 6 = 3,38 \text{ м}^2$.

Газ жолы диаметрі: $\sqrt{4 \cdot 3,38 / 3,14} = 2,08 \text{ м}$.

Циклондағы газдардың орташа температурасы: $(687 + 626) / 2 = 656,6\text{К}$.

Циклон арқылы өтетін газдардың көлемі: $V = (8,03 \cdot 656,6) / 273 = 19,31 \text{ м}^3/\text{с}$,

Немесе $19,31 \cdot 3600 = 69516 \text{ м}^3/\text{сағ}$.

Газдарды шаңдардан тазарту үшін СИОТ екі циклонды қолданамыз, олар параллель орналасқан.

Аудан: «циклон – түтінсору»

Газдардың орташа температурасы: $(626 + 617) / 2 = 621,5\text{К}$.

Газдардың көлемі: $(8,39 \cdot 621,5) / 273 = 19,1 \text{ м}^3/\text{с}$.

Газ жолының қимасы: $19,1 / 6 = 3,18 \text{ м}^2$.

Газ жолының диаметрі: $\sqrt{4 \cdot 3,18 / 3,14} = 2 \text{ м}$

Түтінсору арқылы өтетін газдар көлемі: $(8,39 \cdot 617) / 273 = 18,96 \text{ м}^3/\text{с}$,

немесе $18,96 \cdot 3600 = 68256 \text{ м}^3/\text{с}$.

Аудан: «түтінсору – электрсүзгі»:

Газдардың орташа температурасы: $(581 + 573) / 2 = 577\text{К}$.

Газдардың көлемі: $(8,76 \cdot 577) / 273 = 18,51 \text{ м}^3/\text{с}$.

Газ жолының қимасы: $18,51 / 6 = 3,09 \text{ м}^2$.

Газ жолының диаметрі: $\sqrt{4 \cdot 3,09 / 3,14} = 1,98 \text{ м}$

Электрсүзгі арқылы өтетін газдар көлемі:

$(8,76 \cdot 573) / 273 = 18,39 \text{ м}^3/\text{с}$,

немесе

$18,39 \cdot 3600 = 66204 \text{ м}^3/\text{сағ}$.

Электрсүзгідегі газдар $0,5 \text{ м/с}$.

Осыдан электрсүзгі қимасының қажетті ауданы:

$18,39 / 0,5 = 36,78 \text{ м}^2$

9. Кәдеге жаратушы қазанның параметрлерін есептеу

Кәдеге жаратушы қазанның температурасы 373К болатын қоректендіргіш суымен жұмыс істейді. Алынатын бу қысымы $40 \text{ атм. (4053 КПа)}$.

Күйдірілген газдар мен кәдеге жаратушы қазанға 1 сағатта берілетін жылу мөлшерін келесі формуламен есептейміз:

$$Q = (0,95 \cdot C_{\Gamma} \cdot V_{\Gamma}) \cdot (t_{\Gamma}^{\text{кіру}} - t_{\Gamma}^{\text{шығу}}) \quad (1.20)$$

мұнда $0,95$ – сыртқы ортаға кететін жылуды бақылау коэффициенті;

C_{Γ} – газдардың салыстырмалы жылу сыйымдылығы ($0,34 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ немесе $1,42 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$);

V_{Γ} – қазан-утилизатор арқылы өтетін газдардың секундтық көлемі, м^3 ;

$t_{\Gamma}^{\text{кіру}}$, $t_{\Gamma}^{\text{шығу}}$ – одан шығатын және кіретін газдар температурасы, К ;

$$Q = (0,95 \cdot 0,34 \cdot 7,67) \cdot (1115 - 690) = 1053 \cdot 4,18 = 4402 \text{ кДж/с},$$

немесе $4402 \cdot 3600 = 15847200 \text{ кДж/сағ}$

Кәдеге жаратушы қазан бетінің ауданын келесі формуламен есептейміз:

$$F = Q / (K \cdot \Delta t_{cp}) \quad (1.21)$$

мұнда K – жылу беру коэффициенті, $30 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{сағ}$ немесе $125,4 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{сағ)}$).

$$\Delta t_{opt} = \frac{\Delta t_{\sigma} - \Delta t_{\kappa}}{2,3 \cdot 1g \frac{\Delta t_{\sigma}}{\Delta t_{\kappa}}},$$

мұндағы $\Delta t_{\sigma} = t_2^{kp} - t_{\kappa} = 889 \text{ K};$

$$\Delta t_{\kappa} = t_2^{u6iz} - t_{\kappa} = 343,8 \text{ K};$$

$$\Delta t_{\kappa} = 522,2 \text{ K} \quad (P = 40 \text{ атм. кезінде})$$

Тиісінше:

$$\Delta t_{opt} = \frac{889 - 343,8}{2,3 \cdot 1g \frac{889}{343,8}} = \frac{540,2}{2,3 \cdot 1g 2,59} = 568 \text{ K}.$$

Осыдан кәдеге жаратушы қазан бетінің ауданы: $3791196 / (30 \cdot 68) = 222 \text{ м}^2$.

Кәдеге жаратушы қазан өнімділігін келесі формула арқылы табамыз:

$$D = Q / (i_{6y} - i_{cy}) \quad (1.22)$$

мұнда i_{6y} – бу энтальпиясы, 668 ккал/кг немесе $2792,24 \text{ кДж/кг}$;
 i_{cy} – берілетін су энтальпиясы, 100 ккал/кг (418 кДж/кг).

Осыдан:

$$D = \frac{3791196}{(668 - 100) \cdot 100} = 6.67 \text{ т / сағ.}$$

10. Газ жолы жүйесінің кедергісін есептеу

Ағын шығынын келесі формуламен есептейміз:

$$\Delta P = k \cdot v^2 \cdot j \cdot 2g \quad (1.23)$$

Технологиялық жүйенің барлық аудандары бойынша аз өлшемдер береді ($0,01-8 \text{ Па.}$), орташа 10 мм.су бағ. немесе 98 Па. Осыған байланысты құжаттар бойынша ағын шығынын (мм.су бағ. немесе Па) аламыз:

- қазанда – 25 немесе 245 ;

- циклонда – 75 немесе 735;
- түтінсору диффузорында – 30 немесе 294.

Барлық ағын шығыны 130 мм.су бағ. немесе 1274 Па болады. Ағын қорын 50% деп аламыз, яғни 65 мм.су бағ. немесе 637 Па.

Газ жолы жүйесінің жолында ҚҚ пешінен күкіртті газдарды сорып алу үшін, өнімділігі 60000 м³/сағ болатын Э-4 типті түтінсорғышты қолданамыз, ағыны 230 мм.су бағ. немесе 2254 Па.

Жылуды утилизациялау УК КС 8/40 типті кәдеге жаратушы қазандар көмегімен іске асады.

Жылу алмастырғыш беті 29,53 м² болады. Р = 40 атм. (4053 КПа) және температура 373К болғанда алынған бу мөлшері 7,99т/сағ болады [4].

2 АРНАЙЫ БӨЛІМ

2.1 Мырыш концентратын қайнау қабаты пешінде күйдіру

Мырыш концентраттарын күйдірудің басты мақсаты – мырыштың және басқа да металдардың сульфидтерін тез және тиімді түрде оксид формасына айналдыру болып табылады. Дайын өнім, яғни оксид келесі өңдеуге түсу үшін талаптарға сай болуы керек.

Сілтісіздендіруге жіберілетін мырыш күйдіріндісі келесі талаптарға сай болуы тиіс:

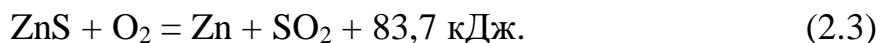
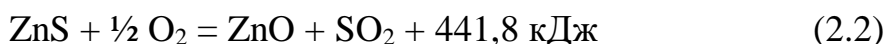
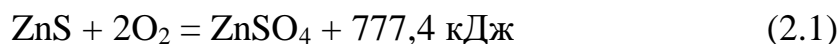
- құрамындағы сульфид шамасы 0,5 %-дан көп мөлшерде болмауы керек;
- құрамындағы сульфат шамасы 2-4 % аралығында болуы қажет (сілтісіздендіру циклінде күкірт қышқылының шығымы аз болуы үшін);
- күйдірінді өлшемі 0,15-0,2 мм-ден үлкен болмауы керек;
- мырыш құрамында феррит және силикат минимальді түрде аз болуы керек.

Заманауи өндірістерде бұл талаптарға сәйкес мырыштың күйдіріндісін алу үшін мырыш концентраттарын көбінесе пештерде 900-1000°C (көп жағдайда 930-980°C) температурада күйдіреді. Пирометаллургиялық өңдеуге жіберілетін концентраттың соңғы өнімі – агломерат басқа талаптарға жауап береді:

- беріктік;
- құрамында сульфид пен сульфат мөлшерінің қосындысы 1 %-дан артық емес;
- бөлшектерінің өлшемі мырыш дистилляциясына арналған пешке сай болуы керек (мысалы, термиялық пештерде көбінесе 4-12мм, шахта пештерінде 20-60мм).

Қазіргі уақытта мырыш концентраттарын пирометаллургиялық әдіспен өңдеу 2 кезеңнен құрады. Алдымен концентратты жартылай немесе толықтай 1050-1200°C-та күйдіреді, содан кейін арнайы машиналарда 1200-1400°C температурада агломераттық күйдіру жүргізіледі.

Мырыш сульфиді мен оттегі әрекеттескенде келесі реакциялар жүреді:

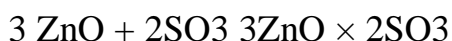


яғни (2.1)-(2.3) реакциялары экзотермиялық болып табылады. Бұл реакциялардың тепе-теңдік константасы $K_p \gg 1$, яғни теңдік оң жаққа ығысқан. Осы жағдай мырыш концентратының құрамындағы барлық металдардың сульфидтеріне де қатысты. Зерттеулерге сүйенсек, мырыш сульфидін 900-

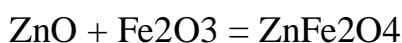
1000°C аралығында тотықтырса, негізгі қатты зат мырыш оксиді түзіледі, яғни бұл жағдайда (2.2) реакция жүзеге асады.

Жоғарғы температураларда (2.3) реакциясы жүреді. Сосын бу тәріздес мырыш газ фазасында мырыш оксидіне дейін тотығады. Газ фазасында сонымен қатар $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ реакциясы орын алады.

Мұндағы күкірт триоксиді мырыш оксидімен әрекеттесіп, екіншілік (ZnSO_4) немесе негізгі ($3\text{ZnO} \times 2\text{SO}_3$) мырыш сульфаттарын түзеді:



Сонымен бірге күйдіру кезінде феррит пен силикаттың да пайда болуы мүмкін екенін атап өтуге болады:



Күйдірінді немесе агломерат түріндегі мырыш келесі қосылыстар түрінде болады: ZnO , ZnFe_2O_4 , Zn_2SiO_4 , ZnSO_4 , $3\text{ZnO} \times 2\text{SO}_3$, ZnS .

Мырыш концентраттарын күйдіру газ-қатты жүйесіндегі гетерогенді процесс болып табылады және келесі негізгі кезеңдерден тұрады:

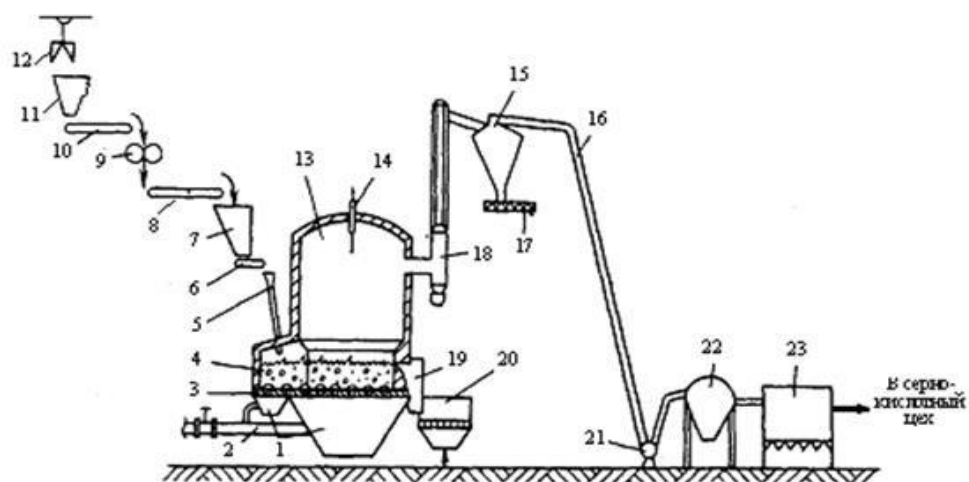
1. Концентраттың әсер етуші қабатына оттегі жеткізу;
2. Сульфид бетінде оттектің белсендірілген адсорбциясы;
3. Металл сульфидінің оттекпен әрекеттесуі;
4. Реакцияның газ тәріздес өнімдерінің десорбциясы (SO_2 және SO_3);
5. Оларды реакциялық қабаттан газдық фазаға ауыстыру.

Күйдіру жылдамдығына негізінен келесі факторлар әсер етеді: температура, концентрат бөлшектерінің өлшемі, газдық фазадағы оттек концентрациясы.

Концентратты күйдірудегі температураның төменгі шегі сульфидтер құрамындағы жану температурасына байланысты анықталады.

Ал жоғарғы шегі күйдірілетін материалдың табиғатына, оған қойылатын талаптарға, пештердің құрылысына байланысты.

Осы уақытта мырыш зауыттарында 21-35 м²-ден 72-123 м²-ге дейінгі аудандағы пештер жұмыс жасайды. Оларда тәулігіне 100-800т концентрат күйдіруге болады.



1 – ауа камералары; 2 – ауаөткізгіш; 3 – пеш асты; 4 – қайнау қабаты; 5 – тиелетін түтік; 6 - белдік беру құрылғысы; 7 - ұсақталған концентрат үшін бункер; 8 және 10 - белбеу транспортерлері; 9 - дискілі ұнтақтаушы; 11 – концентрат үшін бункер; 12 - грейферлік кран; 13 - ҚҚ пеші; 14 - жиынтық термопарасы; 15- циклон; 16 - түтін; 17 – шнек жапқыштар; 18 - салқындатқыш көтергіш; 19 - жылу үшін бөлік; 20 - ауа салқындатқыш; 21 - түтін шығару құрылғысы; 22 - лас газды жинаушы; 23 - электрлісүзгіш.

2.1 Сурет - Мырыш концентраттарын пеште күйдірудің аппараттық схемасы

2.2 Қайнау қабаты пешінде мыс концентраттарын күйдіру кезінде алынатын өнімдер

Жоғарыда айтылғандай мырыштың таза күйі табиғатта мүлдем кездеспейді. Бұл құбылыс берілген металлдың қоршаған ортамен тез әсерлесуімен шартталады. Әдетте мырышты құрамында 1-4% мырышы бар сульфид күйінде кездесетін полиметаллдық кендерінен алады. Айтылған кенді селективті флотация көмегімен байытады, нәтижесінде құрамында 50-60% мырышы бар концентраттар түзіледі, әдетте флотация нәтижесінде мырыштық концентраттармен қоса мыстық, қорғасындық ал кейде тіпті пириттік концентраттар түзіледі. Мырыштық концентратты қайнау қабаты пештерінде күйдіреді, процесс нәтижесінде мырыш сульфиді мырыш оксидіне айналады және күкіртті газ бөлінеді. Пайда болған күкіртті газды күкірт қышқылын өндіруге қолданады. Ал пайда болған мырыш оксидінен ZnO таза мырышты екі тәсілмен алады: пирометаллургиялық тәсілмен және гидрометаллургиялық тәсілмен. Пирометаллургиялық немесе дистилляциялық тәсіл адам баласына мырышты таза күйде ең алғаш алынғаннан бастап белгілі, себебі ол тәсіл мырышты ең алғаш таза күйінде алған Маргграф тәсіліне негізделген. Айтылған

тәсіл бойынша күйдірілген мырыш оксидін 1200-1300^oC температурада балқытып, оның түйіршіктілігін және ауа өтімділігін өсіріп, пайда болған косистенциядан яғни күйден көмермен немесе кокспен қалпына келтіреді:

Осыдан пайда болған металл парларын конденсациялайды да құймақалыптарға құяды. Алғашқыда қалыпқа келтіру процессын тек қолмен басқарылатын және күйдірілген балшықтан жасалған реторттарда ғана жүзеге асыратын, кейіннен корборундтан жасалған механизацияланған реторды, сондай-ақ доғалық және шахталық электрпештерін қолдана бастады. Мырыштық-қорғасындық концентраттардан мырышты шахталық пештерде балқытпаны ауамен үру арқылы алады. Өнімділік бірітіндеп өсе берді, алайда алынған мырыш құрамында 3% қоспа болды, оның ішінде бағалы кадмий де бар. Дистилляцияланған немесе күйдірілген мырышты ликвация әдісімен яғни сұйық металлдың темір қоспасы мен қорғасын қоспасынан 500^oC-та айыру мақсатында тұндыру арқылы тазартылады. Нәтижесінде тазалығы 98,7%-ды құрайтын мырыш түзіледі. Сонымен қатар мырышты тазартудың аса қымбат тәсілі ректификациялық тазалау әдісімен тазалығы 99,995%-ды құрайтын мырыш алуға болады, бұл тәсіл бойынша мырыштан кадмийді де бөліп тасталынады. Алайда бұл айтылып отырған мырышты пирометаллургиялық тәсілмен алу тәсілі бүгінгі күні қымбат әрі тиімсіз болып табылады. Сондықтан оның орнын өндірісте кеңінен гидрометаллургиялық немесе электролиттік тәсіл басып жатыр.

Мырышты гидрометаллургиялық тәсілмен алу процесі 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 винипластан 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%-ды 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.

Мыс концентратын күйдіру өнімдері - өртенділер, газдар және шаң. Бастапқы концентраттан айырмашылығы – өртендіде тотықпаған сульфидтермен қатар, оксидтер және аз мөлшерде сульфаттар болады.

Мыс концентраттарын қайнау қабатында күйдіру үшін дөңгелек, тікбұрышты және элипсті көлденең қималы ҚҚ пештер қолданылады. Конструкциясына тәуелсіз ҚҚ кез-келген күйдіру пешінің міндетті тораптары мен бөлшектері күмбезді тік шахтадан, соплалы табаннан, ауатаратқыш камерадан, форкамералы тиеу терезесінен, түсіргіш құрылғы мен газарнадан тұрады. Тиеу және түсіру орындары пештің қарсы беттеріне, сопла – табанның барлық ауданы бойынша шахматтық тәртіппен жайғастырылады, қатарлар

арасының қашықтығы 200-300 мм. Соплолар саны - табанның 1 м² 30-дан 50 данаға дейін. Шикіқұрамның тиелуін соплолар тығыз орналасқан, форкамера арқылы, өртендінің түсірілуін – орналасу биіктігін қайнау қабатының деңгейімен анықтайтын, табалдырық арқылы жүргізеді. Өртендіні шығару қайнау қабатының төменгі жағынанда мүмкіндікті. Бұл жағдайда қайнау қабатының биіктігін, шибердің немесе ысырманың көмегімен, материалдың түсірілу жылдамдығымен реттейді. Қайнау қабатында күйдіру - өте жоғары өнімділікті процесс. Бұл қатты және газтәріздес фазалардың меншікті түйісу бетінің жақсы дамуымен шартталады. Мұндай жағдайда сульфидтердің тотығуы өте қарқынды жүреді, тіпті газ үрлеуде оттегінің теориялық қажеттіден 10-20 % аспайтын.

ҚҚ пештің конструкциясы. Ұнтақ материалдарды термиялық өндеуге көп қолданылатын пештің бірі – қайнау қабаты пештері (ҚҚ), оларда түйіршікті материал псевдоқысылған (ауа немесе газ көпіршіктерінен) күйде болады. Мұнда әрбір түйіршік газбен қапталғандықтан ондағы материал қайнап жатқан сұйықтықты еске түсіреді, сондықтан қайнау қабаты деп аталады. Псевдоқысылу жағдайын анықтау үшін қатты бөлшектің осындай қабаттағы өзін-өзі ұстауын қарастырамыз. Бөлшек өлшенді күйде болатын жағдайда бөлшектің салмағы мен оны көтеретін газ ағынының итеру күштері тең болады.

Қалықтау жылдамдығы деп аталатын формула төмендегідей өрнектеледі:

$$w_n = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{d(\rho - \Delta)g}{\xi}}, \quad (2.4)$$

мұндағы d – бөлшек диаметрі;

ρ – оның тығыздығы;

D - ортаның тығыздығы (газ немесе сұйық);

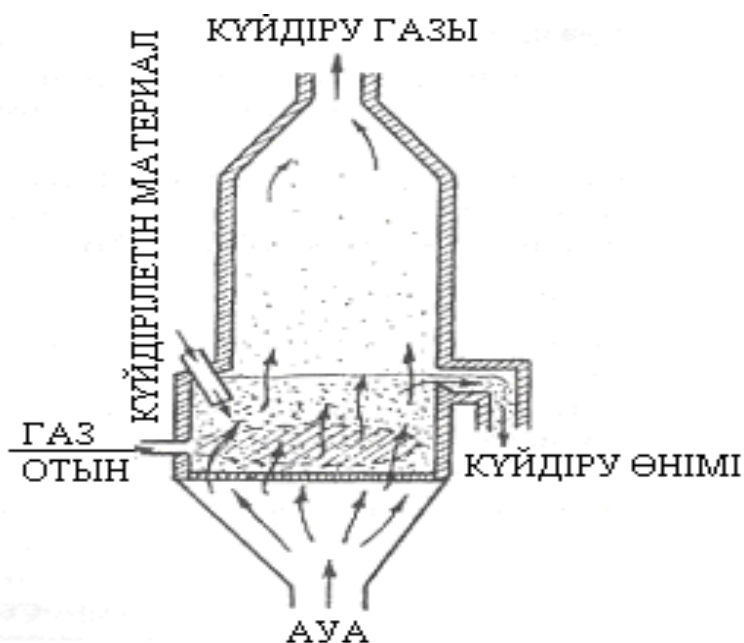
ξ – газдинамикалық кедергінің коэффициенті;

g – ауырлық күшін жылдамдату.

ҚҚ пештерінің ең маңызды кемшілігі газ ағынының жылуын пайдалану дәрежесінің төмендігі, себебі ол қабатта бір секундтай ғана тұрады. Мұндай кемшіліктерді пешті екі-үш зоналы етіп құрастыру арқылы жоюға болады. Көп зоналы пештер қарсы ағын принципі бойынша жұмыс істейді. Негізінен күйдіру (әктасты, сульфидті темір кендерін) процестері ортаңғы зонадағы торда жүреді. Ыстық газдар одан жоғары көтеріліп және суық жаңа түсірілген материалды жоғары торда қыздырады. Ал қыздырылған қатты өнімдер астыңғы торға – пешке суық ауа түсетін зонаға түседі.

ҚҚ көпзоналы пештерін жобалау кезінде жылутехникалық есептерден басқа газдыдинамикалық есептерді де жүргізеді. Ол әр зонадағы тор ауданын талап етілген қайнау қабатының газдық ағынын (бір зонадан екінші зонаға өткенде химиялық процестердің немесе температураның өзгеруінен газ көлемі өзгереді) сәйкестеу үшін керек. Сондықтан әдетте пештің орта бөлігі (жоғары температуралы) көлденең қимасы басқаларынан үлкендеу болып келеді.

ҚҚ пештерінің тағы бір кемшілігі шаң шығуының жоғары болуы, Себебі күйдіруге жартылай дисперсті ұсақ материал түседі. Ірі кесекті материалдарды қайнау қабатына келтіру үшін газ ағынының жылдамдығын көбейту қажет.



2.2 Сурет - Біркамералы бір зоналы қайнау қабаты пештерінің схемасы

Сондықтан барлық ҚҚ пештері күрделі шаң аулау жүйесімен жабдықталған. ҚҚ пештерінің технико-экономикалық көрсеткіштерін арттыру мақсатында шаңтәрізді материалдарды күйдірудің алдында 3-6 мм-лік фракцияларға дейін түйіршіктейді.

Қайнама қабатта күйдіру кезінде (ҚҚ) концентраттың (шикіқұрамның) қабаты арқылы өршімелі ауа ағыны немесе оттегімен байытылған газүрлеу үрленеді, оның жылдамдығымен бастапқы материалдың барлық түйірлері үздіксіз өршімелі – қайтымды, қайнауға ұқсас, қозғалысқа келеді.

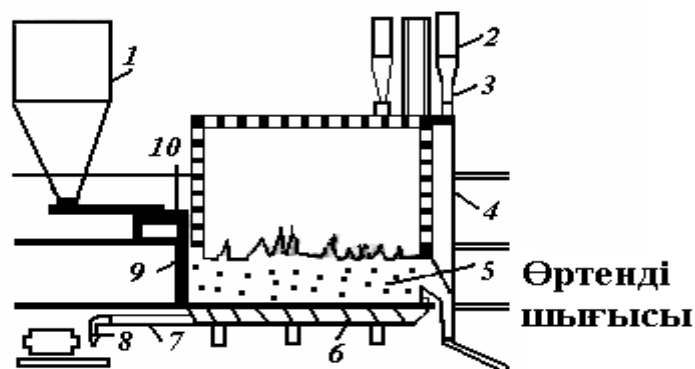
Мыс концентраттарын қайнау қабатында күйдіру үшін дөңгелек, тікбұрышты және эллипсті көлденең қималы ҚҚ пештер қолданылады. Конструкциясына тәуелсіз ҚҚ кез-келген күйдіру пешінің міндетті тораптары мен бөлшектері күмбезді тік шахтадан, соплалы табаннан, ауатаратқыш камерадан, форкамералы тиеу терезесінен, түсіргіш құрылғы мен газарнадан тұрады. Тиеу және түсіру орындары пештің қарсы беттеріне, сопла – табанның барлық ауданы бойынша шахматтық тәртіппен жайғастырылады, қатарлар арасының қашықтығы 200-300 мм. Соплолар саны - табанның 1 м² 30-дан 50 данаға дейін.

Шикіқұрамның тиелуін соплалар тығыз орналасқан, форкамера арқылы, өртендінің түсірілуін – орналасу биіктігін қайнау қабатының деңгейімен анықтайтын, табалдырық арқылы жүргізеді. Өртендіні шығару қайнау қабатының төменгі жағынанда мүмкіндікті. Бұл жағдайда қайнау қабатының

биіктігін, шибердің немесе ысырманың көмегімен, материалдың түсірілу жылдамдығымен реттейді.

Қайнау қабатында күйдіру - өте жоғары өнімділікті процесс. Бұл қатты және газ тәріздес фазалардың меншікті түйісу бетінің жақсы дамуымен шартталады. Мұндай жағдайда сульфидтердің тотығуы өте қарқынды жүреді, тіпті газ үрлеуде оттегінің теориялық қажетіден 10-20 % аспайтын, аз артықшылығымен жеткілікті қамтылған кезде ҚҚ пештің концентрат бойынша өнімділігі, механикалық көп оттықты пешке қарағанда, 4-5 ретке және газдағы күкірт диоксидінің концентрациясы 2 ретке жоғары болады. Одан өзге, ҚҚ пештің конструкциясы өте қарапайым, оның жұмысын жеңіл механикаландыруға және автоматтандыруға болады.

ҚҚ күйдіру шикіқұрамнан үлкен шаң бөлінумен сипатталады, 20-30 % кем емес. Шаңбөлінудің жоғарылауы пештің түпкілікті өнімділігін арттырады.



1- шикіқұрамға арналған шанап; 2 – шаңтұтқыш циклон; 3 – суытылатын газарна; 4 – пеш; 5 – қайнамалы қабат; 6 – оттық; 7 – ауалы коллектор; 8 – ауа үрлегіш; 9 – форкамера; 10 – шикіқұрам үлестіргіш.

2.3 Сурет - Қайнау қабатында күйдіруге арналған пеш

Қайнау қабатынан артық жылуды әкету мақсатында пешке су бүркіледі. Іске қосу кезінде пешті қыздыру үшін төрт бүріккіш қолданылады. Шаңданған газдар пештен шыққан соң үш сатылы тазартудан өтеді. Шаңнан тазартылған газ күкірт қышқылы өндірісінде қолданылады

2.3 Жасанды интеллект

Жасанды интеллект ұғымы. Күрделі есептерді шешу және адамның санасын моделдеу үшін «жасанды ой» құрастыру идеясы көне заманнан бастап халықты қызықтырып келген. «Жасанды интеллект» термині (artificial intelligence) 1956 жылы Дортмундтық колледждегі семинарда ұсынылған. Бұл

семинар есептеп шығаратын әдістер үшін емес, логикалық әдістерді шығаруға арналған. Ағылшын тілінде берілген сөз тіркесі сәл қате аударылған, яғни Intelligence –сөзі «ақылды ойлай білу» деген мағынаны білдіреді.

Жасанды интеллект ғылымның бөлек саласы ретінде жарамды деп танылғаннан кейін тез арада оның екі бағытқа бөлінуі пайда болды: «нейрокибернетика» және «қара жәшік кибернетикасы». Бұл бағыттар бір-бірінен тәуелсіз дами бастайды, методологиясы және технологиясы бойынша ерекшеленеді. Тек қазіргі уақытта ғана бұл бөлімдерде жақындау тенденциялары байқала бастады.

Нейрокибернетика. Бұл бағыттағы басты идеясы – «Ойлауға қабілетті жалғыз объект – бұл адамның санасы». Сондықтан қандай да бір «ойлайтын» құрылғы соның құрылымын кез келген әрекетпен шығаруы тиіс.

1956-1963 жылдары жасанды сана модельдерін қарқымды зерттеп және соның негізіндегі бірінші бағдармаларын шығарылуы жүзеге асырылды. Гуманитарлық ғылымдардың өкілдері: философтар, психологтар, лингвистер сол кезде, қазіргі кезде мұндай алгоритмдерді ұсынатын күйде болған жоқ. Сонда кибернетиктер өздерінің жеке модельдерін құра бастады: лабиринттік іздеуді, эвристик бағдарламауды, математикалық логиканы (қарар бұрыштама әдісі, кері қорытынды, логика-теориялық және т.б).

Осыған қарай, нейрокибернетика мидың құрылымы сияқты құрылымдарды аппараттық бағдарламаларды модельдеуге бейімделген. Адам миының негізі бір - бірімен байланысқан және жүйке жасушаларымен бірлесіп әрекет ететін көп мөлшердегі – нейрондардың саны (10^{21} дейін) екенін физиологтар тұжырымдаған. Сондықтан да нейрокибернетиканың үлестері нейрондарға ұқсайтын элементтерді жасауға және олардың қызметтік жүйелерге қосылуына шоғырланған. Бұл жүйелерді нейронды желілер деп атау қалыптасқан.

Бірінші нейронды желілерді Розенблат пен Мак-Калок 1956-1965 жылдары құрған. Бұл адам көзін модельдейтін және оның мимен бірге әрекет жасайтын – перцептрон жүйесін жасауға ұмтылған әрекеттері болған. Ол алфавит әріптерін ажыратуды білді, бірақ олардың жазылуына өте сезімтал болды, бірте-бірте 70-80- жылдары бұл жасанды интеллект бағытындағы жұмыс саны төмендей бастады – бірінші нәтижелер өте жағымсыз болған. Дегенмен, компьютерлік техниканың әбден жетілуімен бұл бағыт біртіндеп дамып жатыр және бүгінгі таңда ол ең «сәнді» аппараттық технологияларының бірі.

80-ші жылдардың аяғында Жапонияда бірінші нейрокомпьютер, яғни VI ұрпақты компьютерлері жарыққа шыққан. Соның кейін транспьютерлер – көп процессорлары бар параллель компьютерлер пайда болды. Транспьютерлі технология - бұл мидың иерархиялық құрылымын модельдейтін, нейрожүйелерді аппаратты түрде іске асыратын жаңа тәсілдердің оннан бірі ғана. Бүгінгі таңда нейрокомпьютерлерді қолданатын негізгі мақсат - бұл бейнелерді көріп білу мақсаты, мысалы ғарыштан түсірілген суреттердің нәтижесінде нысандарды идентификациялау.

Нейрожүйелерді құруды 3 тәсілге бөлуге болады:

1. Аппаратты – барлық қажетті алгоритмдерді іске асыратын арнайы компьютерлерді, нерочиптерді, кеңейту платаларды, микросұлбалардың жиынтығын жасау.

2. Бағдарламалық – жоғарғы өндіргіш компьютерлерге арнап шығарған бағдарламаларды және құралдарды жасау.

3. Гибридті – алғашқы екеуінің комбинациясы.

Қара жәшік кибернетикасы. Бұл тәсілдің негізіне нейрокибернетикаға карама-қарсы қағида «ойлайтын» құрылғы қалай орналасқанның мағынасы керек емес, ең бастысы, берілген кіріс әсерлерге ол адамның миы сияқты әсер етуі. Бұл бағыттың жақтаушылары өздерінің тәсілдерін, адам өзінің ғылыми және технологиялық іздеулерімен табиғатқа көмекті ілеспеу керек деп дәлелдейді. Мысалы, табиғатта жоқ дөңгелектің немесе қанаттарымен қақпайтын ұшақтың пайда болуы осыған дәлел. Осыған орай шекаралық ғылымдар адам туралы, адамдағы интеллектуалдық тәсілдер қалай ағып өтетінін, сананың қалай орналасқанын және адам қоршаған ортаны қалай танитынын ең болмаса шамамен түсіндіретініне дәл теориялық үлес қоса алмады.

Жасанды интеллекттің бұл бағыты интеллектуалды есептерді қазіргі таңда бар компьютерлердің модельдерінде шешетін алгоритмдерді іздеуге бейімделген. 1970-жылдардың басында әмбебап алгоритмдерді іздеудің орнына сарапшы - мамандардың нақты білімдерін модельдеу идеясы келген кезде жасанды интеллекттің тәжірибелі еңбектерінің дамуында үлкен өзгеріс болды. АҚШ-та білімдерге негізделген коммерциялық жүйелер немесе сарапшы жүйелер (СЖ) жарыққа шықты. Жасанды интеллекттің мақсаты – білімдерді ұсынуды шешуге жаңа тәсіл қолданыла бастады. Медицина және химия үшін классикалық болып үлгерген MYCIN және DENDRAL жарыққа шықты. Пентагон жасанды интеллект қағидаларына сай АҚШ ҚШ (SCI) жаңа бағдарламасын негіздеуді ұсынып, маңызды қаржылық үлес қосты. Жіберіп алған мүмкіндіктерді қуып жету үшін 80-жылдардың басында жасанды интеллект мәселесі қосылған ESPRIT Евроодақтың жаңа технологиялық дамуының глобальді бағдарламасы жарияланды. АҚШ-тың сәттілігіне жауап ретінде Жапония білім негізінде құрылған V ұрпақтарының машиналарының жобасын жариялап жарысқа қосылады.

1980-жылдардың ортасынан бастап, жасанды интеллекттің бүкіл әлемдік коммерциализациясы пайда болды. Жыл сайын капитал салушылар өседі, өнеркәсіптік сарапшы жүйелер құрылады. Өз бетінше үйренетін сарапшы жүйелерге қызығушылық өседі. Ондаған және жүздеген ғылыми журналдар басылып шығарылып, жыл сайын халықаралық конференциялар жиналады. Жасанды интеллект ақпарат саласының ең дамыған түрі.

Жасанды интеллекттің ең дамыған бағыттары болып, бүгінгі таңда қолдану кезеңіне жеткен, нейрокибернетика саласынан (табиғи құбылыстарды модельдеу) – нейронды жүйелер және генетикалық алгоритмдер, ал қара жәшік кибернетикасы саласынан – сарапшы жүйелер болып табылады [5].

2.4 Мырыш концентраттарын күйдіру процесін басқарудың айқын емес моделін зерттеу және жасау

Өкінішке орай, қазіргі кезде күйдірілген қабат гидродинамикасын дәлме дәл сипаттайтын математикалық моделдер бірнеше объективті себептерге байланысты құрылмай отыр. Соған қарамастан, қайнау қабатындағы көптеген процестер қызметтерін атқарып жатыр және өз тәжірибелері мен интуицияларына негізделген басқарушы әсерлерді таңдау арқылы, яғни олардың санасындағы процестің формаланбаған моделі арқылы операторлар көмегімен жақсы басқарылып отыр. Осыған байланысты «төмен», «орташа», «жоғары» және т.б. лингвистикалық айнымалылар (ЛА) бағалауын қолданатын моделденетін объект туралы технолог білімі негізінде айқын емес ортада басқарылатын моделді құру мәселесі туындайды.

Дамыған елдерде технологиялық процестерді басқару үшін айқын емес реттегіштер мен айқын емес басқарулар кең қолданысқа ие.

Сондай ақ, айқын емес жүйелерді қолдану күрделі объектілерді басқару кезінде, мысалы ҚҚ пешінде адами факторлардың әсерін төмендетер еді. Айқын емес басқару жүйелерін қолданудың артықшылығы, оқытудың бастапқы кезеңдерінде онда тәжірибелі оператор-эксперттан ақпараттар келіп тұрады, ал оқыту біткенде айқын емес жүйелерден жиналған мәліметтерді моделді нақтылау үшін эксперттар пайдаланады.

Айқын емес басқару тек аналитикалық немесе теориялық моделдерді қолдануға ғана бағытталмаған, ережелердің лингвистикалық базасы деп аталатын формада болатын білімдерді практика жүзінде де қолдануға болады [6].

2.5 Интеллектуалды білімдер (ережелер) базасын құрастыру

Білімдер (ережелер) базасын құрастыру сынақты жоспарлау теориясы негізінде іске асырылады.

Білімдер (ережелер) базасын және барлық интеллектуалды жүйелерді зерттеу Fuzzy-MatLab құралының көмегімен іске асырылады.

Қайнау қабаты пешінде (ҚҚ) күйдіру процесі кезінде пештің гидродинамикалық және манометрлік режимін ұстап тұру үшін ауа шығынының, оттегі шығынының, материалды түсірудің, түтінді «сорудың» дәрежесінің, т.б. көлемін басқару өте маңызды. Біздің мақсатымыз осы айнымалыларды басқарудың айқын емес моделің құрастыру болып табылады.

Ауа шығынын айқын емес басқару жүйесін құрастырайық.

ҚҚ пешінде ауа шығыны үрлеудің серпімділігі, қайнау қабатының биіктігі, біріктіруді сирету сияқты бірнеше кіріс айнымалыларына тәуелді болады.

Моделді құрастырудың келесі кезеңінде ережелер базасын құрамыз. Қайнау қабаты пешінде (ҚҚ) күйдіру процесі кезіндегі білімдерді қолдана отырып, айқын емес өнімдердің келесі ережелерін құрастырамыз:

1-ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету орташа», ОНДА «ауа шығыны орташа».

2- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету өте төмен емес», ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

3- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі төмен» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі төмен» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары», ОНДА «ауа шығыны өте жоғары емес».

4- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету өте жоғары емес» ОНДА «ауа шығыны өте жоғары емес».

5- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары» ОНДА «ауа шығыны жоғары».

6- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі төмен» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету орташа» ОНДА «ауа шығыны орташа».

7- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі өте төмен емес» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету орташа» ОНДА «ауа шығыны орташа».

8- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі өте жоғары емес» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету орташа» ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

9- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі жоғары» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету орташа» ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

10- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі төмен» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету орташа» ОНДА «ауа шығыны орташа».

11-ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі өте төмен емес» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету орташа» ОНДА «ауа шығыны орташа».

12- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі өте жоғары емес» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету орташа» ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

13-ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі өте жоғары емес» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету орташа», ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

14- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі өте жоғары емес» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету өте жоғары емес», ОНДА «ауа шығыны орташа».

15- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі жоғары» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету өте жоғары емес», ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

16- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі өте төмен емес» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету өте жоғары емес» ОНДА «ауа шығыны өте жоғары емес».

17- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі төмен» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету өте жоғары емес» ОНДА «ауа шығыны өте жоғары емес».

18- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі төмен» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету өте төмен емес» ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

19- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі өте төмен емес» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету өте төмен емес» ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

20- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі өте жоғары емес» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету өте төмен емес» ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

21- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі жоғары» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету өте төмен емес» ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

22- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі төмен» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету төмен» ОНДА «ауа шығыны өте төмен емес».

23-ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі өте төмен емес» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету төмен» ОНДА «ауа шығыны төмен».

24- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі өте жоғары емес» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету төмен» ОНДА «ауа шығыны төмен».

25-ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі жоғары» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету төмен», ОНДА «ауа шығыны төмен».

26- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі төмен» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары», ОНДА «ауа шығыны жоғары».

27- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі төмен» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі өте төмен емес» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары», ОНДА «ауа шығыны жоғары».

28- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі өте жоғары емес» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары» ОНДА «ауа шығыны өте жоғары емес».

29- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі жоғары» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары» ОНДА «ауа шығыны өте жоғары емес».

30- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі төмен» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары» ОНДА «ауа шығыны жоғары».

31- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі өте төмен емес» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары» ОНДА «ауа шығыны жоғары».

32- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі өте жоғары емес» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары» ОНДА «ауа шығыны жоғары».

33- ЕРЕЖЕ : ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі жоғары» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары» ОНДА «ауа шығыны орташа».

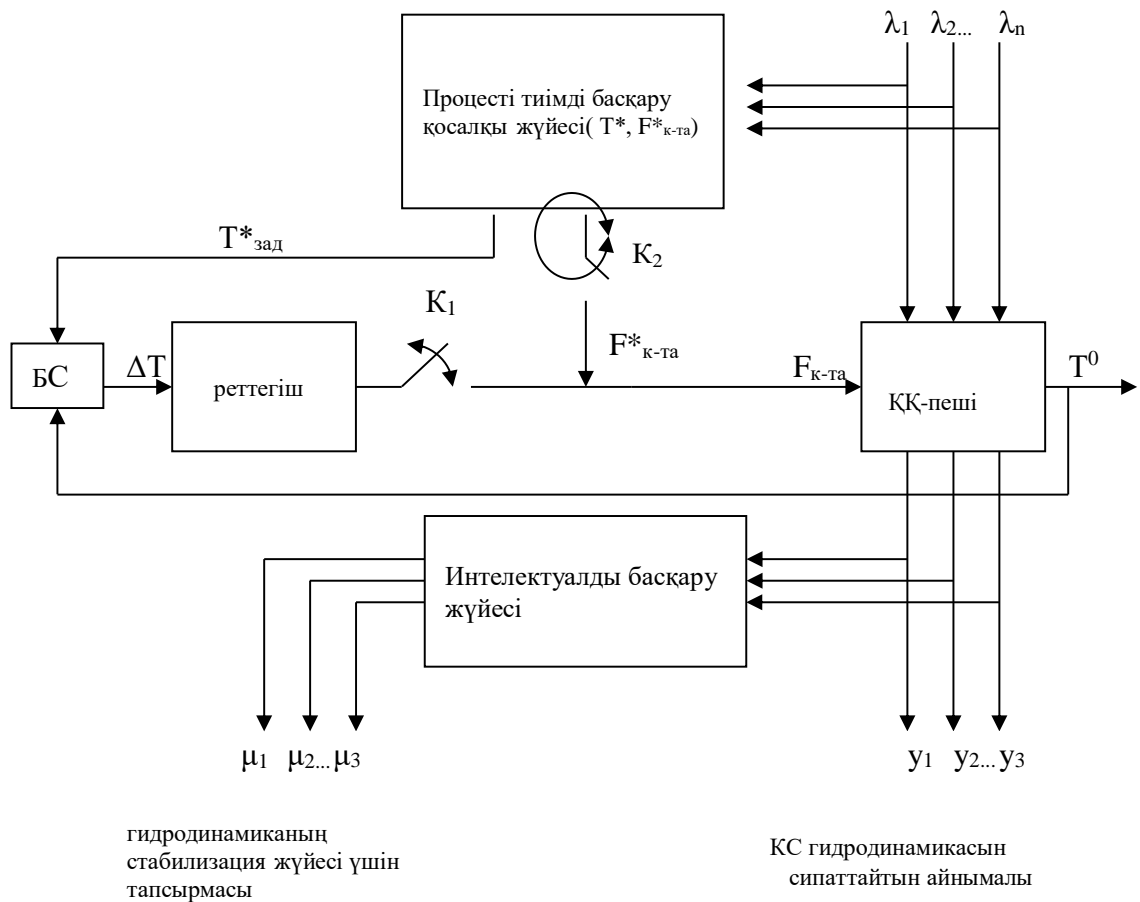
34- ЕРЕЖЕ: ЕГЕР «үрлеудің серпімділігі орташа» ЖӘНЕ «қайнау қабаты биіктігі орташа» ЖӘНЕ «біріктіруді сирету жоғары» ОНДА «ауа шығыны жоғары».

Егер температураны тұрақтану процесі және тиімді басқарудың қосалқы жүйесі дәстүрлі математикалық сипаттама көмегімен жақсы сипатталса, онда қайнау қабаты гидродинамика процесі өзінің күрделілігінен математикалық өңдеуге күрделі беріледі. Сондықтан дәстүрлі реттегіш әдісін және тиімді басқару қосалқы жүйесін, сонымен қатар жасанды интеллект әдісін қолдану арқылы басқару жүйесін құру керек (монометрлік режимді басқарудың қосалқы жүйесі).

Күйдіру процесін басқару жүйесі (2.4-сурет) температура реттегішінен, химиялық реакция кинетикасын тиімді қосалқы жүйесімен басқарудан және қайнатылған қабатты манометрлік режим қосалқы жүйесімен басқарудан тұрады. Мырыш концентратын күйдіру технологиялық тапсырма процесі мырыш сульфидін бос қышқыл құрылымына және сульфатқа айналу болып табылады, ол сілтіден айыру кезінде оңай өңделеді және минимальды уақыт арасында және аз шығын қолдана отырып, айыру кезінде мырыштың максимальды мөлшерін береді.

Нейронды желіні, айқын емес логиканы және нейро-тақ желіні қайнау қабаты пешін мысалға ала отырып қарастырып, салыстырмалы анализ жасау және қай жүйе жақсы екенін анықтау керек.

Қоспаның химиялық және физикалық құрамы



2.4 Сурет - Қайнау қабаты пешінде мырышты күйдіру процесін гибриді жүйе құрылымымен басқару

2.6 Айқын емес басқару моделін зерттеу және жасау

Осы моделді зерттеу үшін қолданылатын айнымалыларды интеллектуалды қосымша жүйесімен жұмыс үшін келесі формуламен түрлендіру керек [7]:

$$x = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{y_{\min}}, \quad (2.5)$$

мұнда y_{\min} - минимальды мән;
 y_{\max} – максимальды мән;
 x – түрлендірілген мәні;

Түрлендіру амалдарын өткізгеннен кейін барлық айнымалылар 0 ден 1-ге дейін өзгереді.

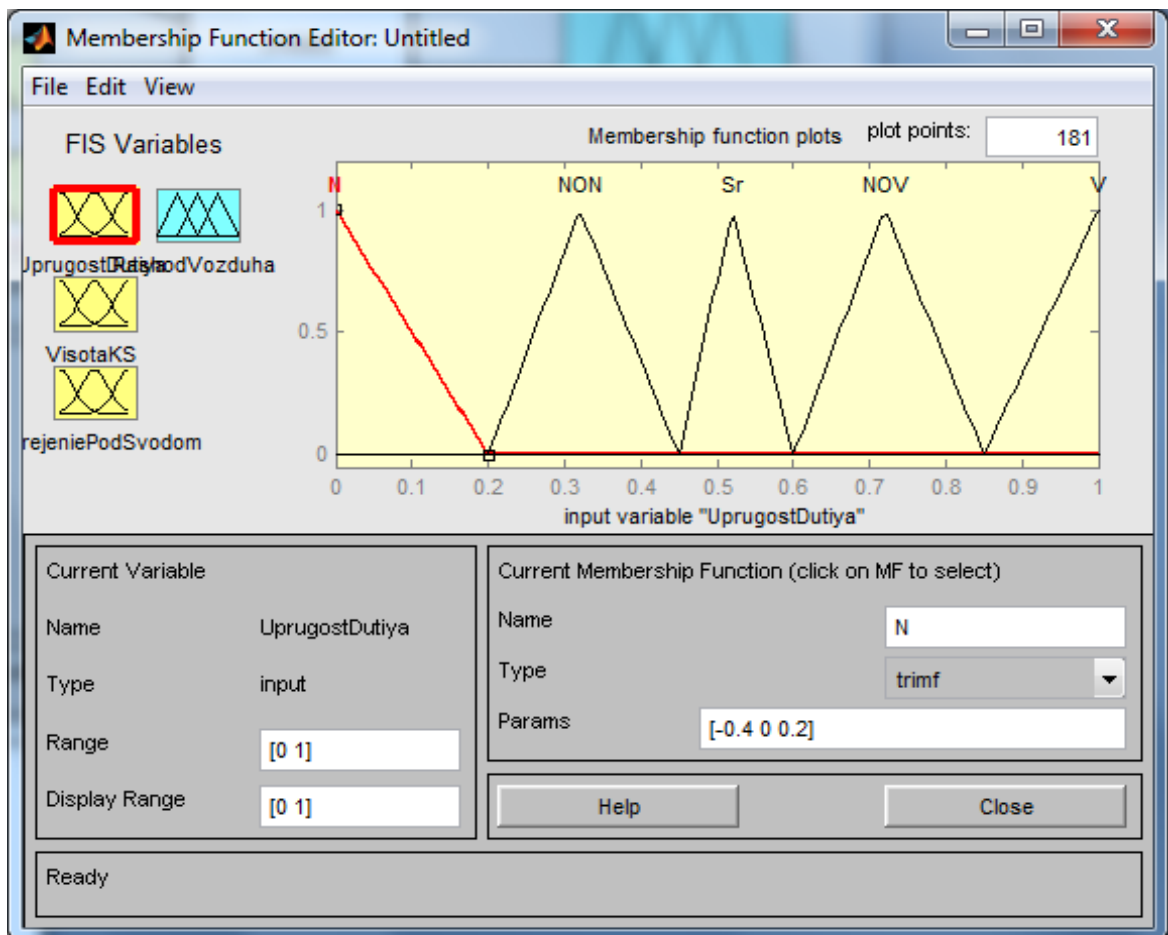
Үш кіріс лингвистикалық айнымалының терм - жиыны ретінде {«төмен», «өте төмен емес», «орташа», «өте жоғары емес», «жоғары»} жиындары

қолданылады, ол символды түрде {N, NON, Sr, NOV, V} болып жазылады. Шығыс лингвистикалық айнымалының терм - жиыны ретінде {«төмен», «өте төмен емес», «орташа», «өте жоғары емес», «жоғары»} жиындары қолданылады, ол символды түрде {N, NON, Sr, NOV, V} болып жазылады

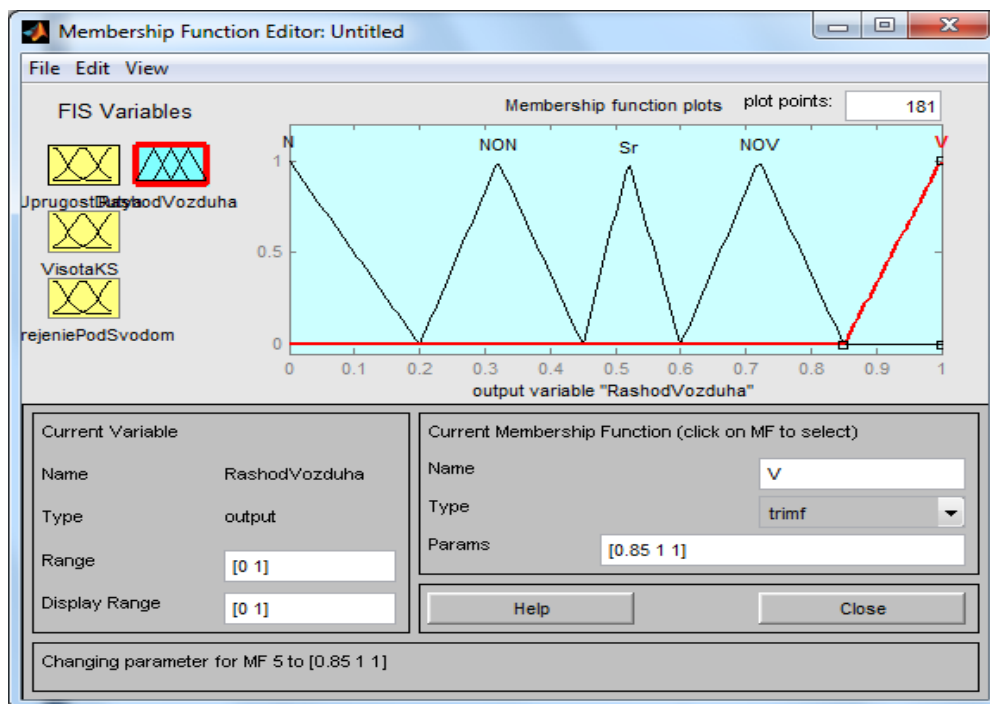
Айқын емес моделді Matlab жүйесінің графикалық құралдарын қолдана отырып құрастырамыз.

FIS редакторында үш кіріс айнымалысын «үрлеу серпімділігі» (UprugostDutiya), «қайнау қабаты биіктігі» (visotaKS) және «біріктіруді сирету» (RazrejeniePodSvodom) атымен және бір шығыс айнымалысын «ауа шығыны» (RashodVozduha) атымен анықтаймыз.

Айқын емес жүйелердің әрбір айнымалысы үшін термдердің меншікті функция редакторын қолданамыз. Графикалық интерфейс түрі 2.5 және 2.6-суреттерде көрсетілген.

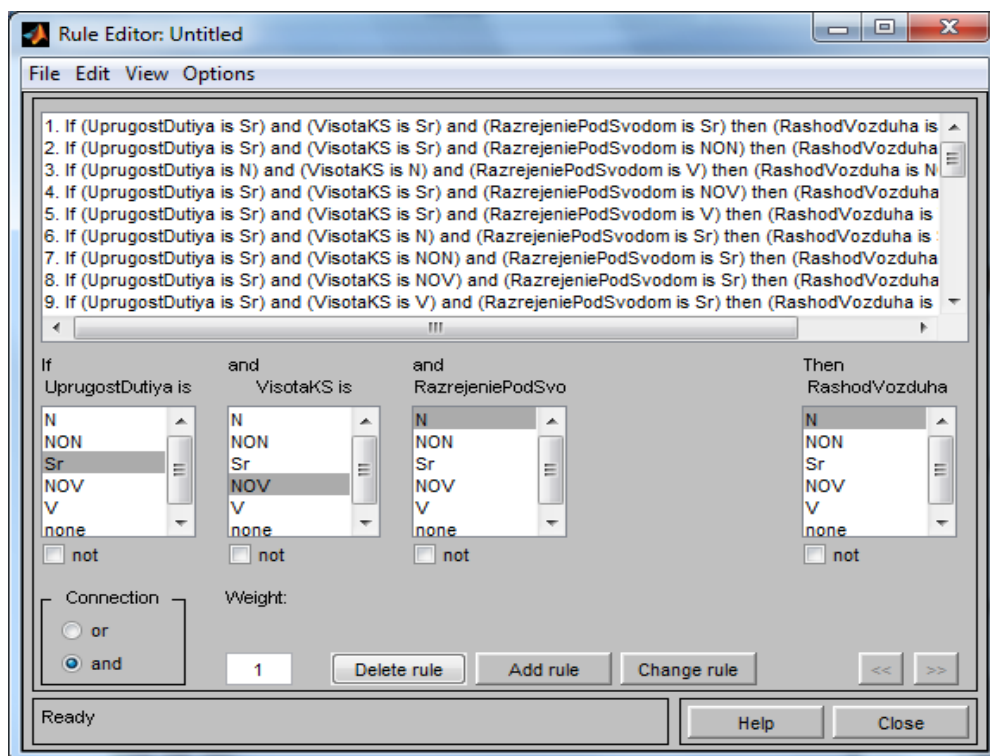


2.5 Сурет - Бірінші кіріс айнымалысын бергеннен кейінгі меншікті функция редакторының графикалық интерфейсін



2.6 Сурет - Шығыс айнамылысын бергеннен кейінгі меншікті функция редакторының графикалік интерфейсі

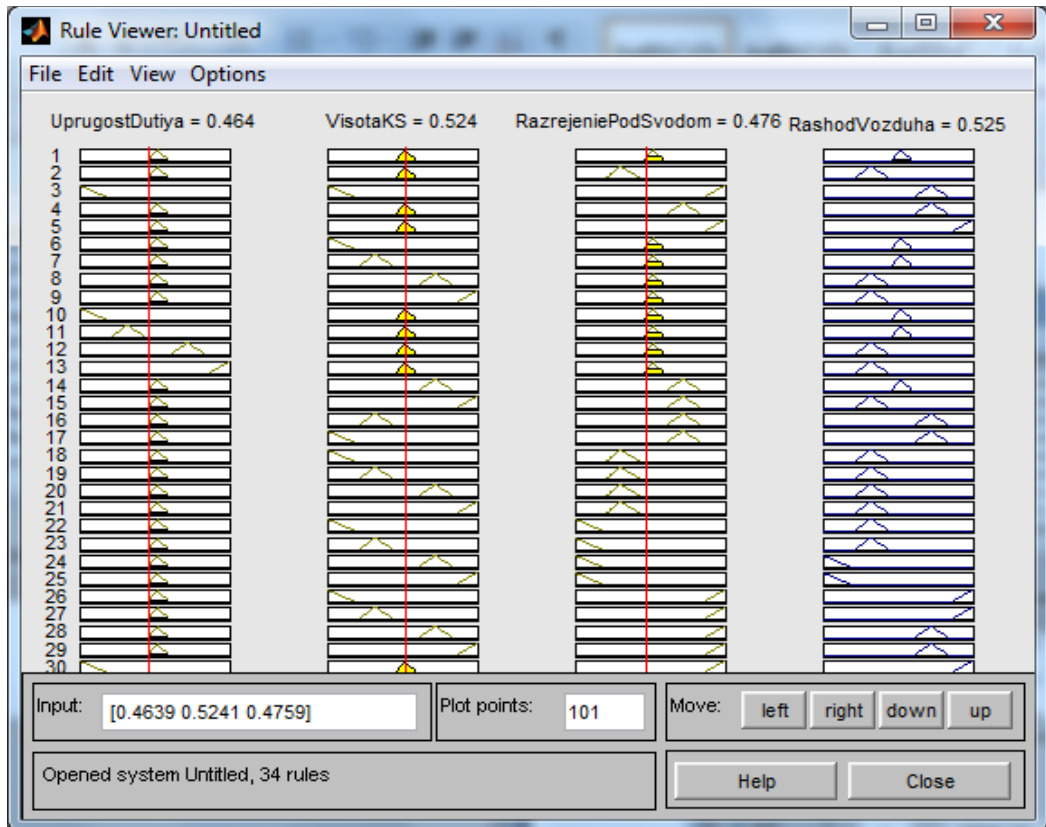
Енді жасалып жатқан айқын емес жүйе үшін 34 ережені енгіземіз.



2.7 Сурет – Берілген айқын емес жүйе үшін ережелер базасын енгізгеннен кейінгі ережелер редакторының графикалік интерфейсі

Енді ауа шығынын автоматты басқару есебі үшін құрылған айқын емес жүйені бағалауға болады. Ол үшін Matlab жүйесінің ережелерді қарау программасын ашамыз және жеке жағдайлар үшін үрлеудің серпімділігі 0,5-ке тең, ал қайнау қабаты биіктігі 0,5-ке тең және біріктіруді сирету 0,5-ке тең деп кіріс параметрлеріне мән береміз. Құрастырылған айқын емес модель үшін Matlab жүйесінде орындалған айқын емес тұжырымдама нәтижесінде «ауа шығыны» шығыс шамасының 0,525-ке тең екендігін көреміз (2.8- сурет).

Бұл мән ауа шығынының жоғары екендігін көрсетеді.



2.8 Сурет – Айқын емес тұжырымдама процедурасы орындалғаннан кейінгі ережелерді қарау программасының графикалық интерфейсі

2.7 Мырыш концентраттарын күйдіру процесін басқарудың нейрожелілік моделін зерттеу және жасау

Айқын емес моделдің орнына сондай ақ нейрондық желілерді қолдануға болады.

Нейрондық желі - өлшенген байланыс сызықтарымен жалғастырылған салыстырмалы түрде онша күрделі емес өңдеуші элементтерден тұратын желі. Элементтер әсер ету мен баптауға рұқсаты бар байланыс желілерімен жалғастырылған. Ал әрбір элемент кейбір сызықтық емес функцияның кіріске түскен мәнін қолдана отырып, кейбір мәнді өндіреді және өндірілген мәнді басқа

бір элементке береді немесе оны өзінің шығысына орналастырады. Нейрондық желі нерв жүйесіндегі нейрондардың қимылын модельдеу үшін қолданылады.

Ғалымдар бірқатар жылдар ішінде мидың құрылымын және жұмыс істеу әдістерін білуге тырысуда. Өкінішке орай, адам миы осы уақытқа дейін жұмбақ болып келе жатыр. Ғалымдар мидың әр түрлі аумақтарының қызметін анықтай алды. Мысалы, сол қолмен басқаруға оң ми сыңары, оң қолмен басқаруға сол ми сыңары жауап беретіні анықталған. Ғалымдарда барлық психикалық функциялардың сипаты туралы әлі де дәл мәліметтер аз. Мидың оң жағы қабілеттіліктер, кеңістіктің елестетуі болып табылады, сол ми сыңары сөздің функциясы және дәл ойлаудың есептеу гипотезасы болып табылады. Жүйке жүйесі нейроннан тұрады. Мида 100 шақты миллиард нейрон болады. Әрбір бөлек нейронның жұмыс жасауы импульсті өткізуде болады. Нейронға түскен импульс оның барлық өсінділеріне бойлай таралады.

Бұл тәсілдің нәтижесі бұлшық ет немесе келесі нейронның активінің қысқартуы бола алады [7].

Жүйке жүйесінің негізгі элементі - нейрон деп аталатын жүйке жасушасы. Нейронда жайын деп аталатын жасушаны бөліп көрсетуге болады, сонымен олардың ішінен екі өсінділерін ерекшелеуге болады: а) нейронға дендриттері бойынша ақпарат түседі және б) нейрондар мәліметті жіберетін -аксон. Әрбір нейронда ол бойынша бірнеше басқа нейрондарға импульс бере алатын бір-ақ шығыс өсіндісі болады. Жеке нейрон (олардың саны мыңдағанға жете алады) көптеген нейрондардан қоздыруды қабылдайды. Адам миы өзара әсерлесетін 10^{11} нейрондардан тұрады. Әрбір нейрон синапс деп аталатын жүйке талшықтары арқылы сигналдардың берілуін жүзеге асырады, бұл процестің күрделі электрохимиялық табиғаты болады. Синапстар қоздырудың екпіндеп немесе бәсеңси алу нәтижесінде мәліметтің репитерлер ролін атқарады. Нейронға бөгелтетін әсері бар және қоздыруы бар сигналдар келеді. Нейрон беретін және бөгелтетін импульстерді қосады. Егер олардың алгебралық қосындысы кейбір шекті мәннен асса, онда шығыстағы сигнал басқа нейрондарға аксон арқылы жөнелтіледі.

Нейронды желілерді үйрену алгоритмі басқару үшін әсер етуші әртүрлі жүктеулер мен параметрлерден тұрады.

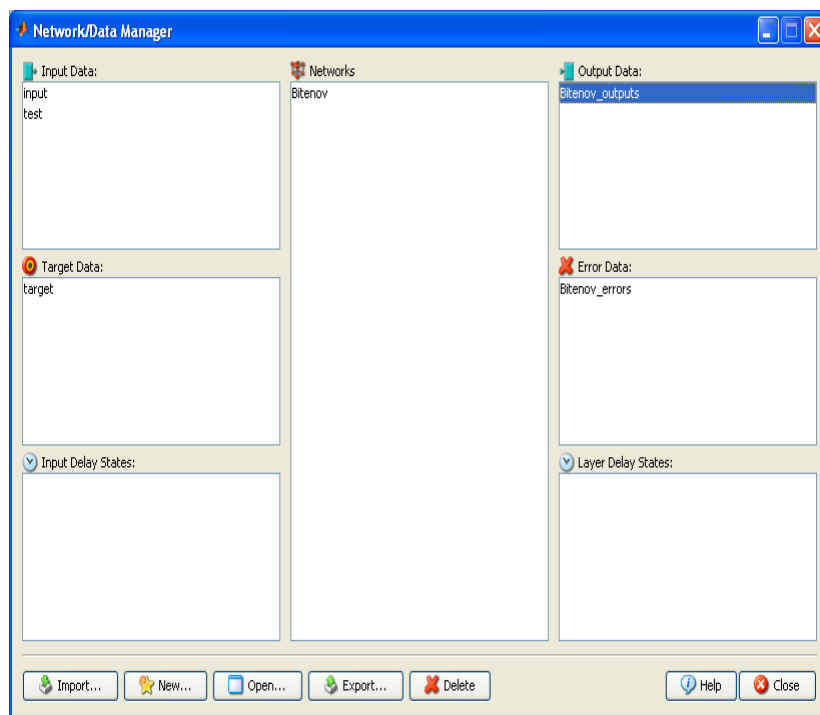
Нейронды желі оқылып болғаннан кейін біз оны пайдалы есептерді шешу үшін қолдана аламыз. Адам миының ең маңызды ерекшелігі, ол бұрын белгілі бір процесті оқыса, оқымаған басқа процесс кезінде де дұрыс шешім қабылдай алады. Мысалы, біз кез келген адамның жазуын бірінші рет көріп тұрсақ та оқи аламыз. Сол сияқты, нейронды желі де өзі бұрын кездеспеген жағдайлардан шығып кете алады.

Нейронды желіні оқу үшін 2.1-кестеде берілген кіріс айнымалыларын енгізуіміз керек.

2.1 кесте – Нейронды желіні оқу

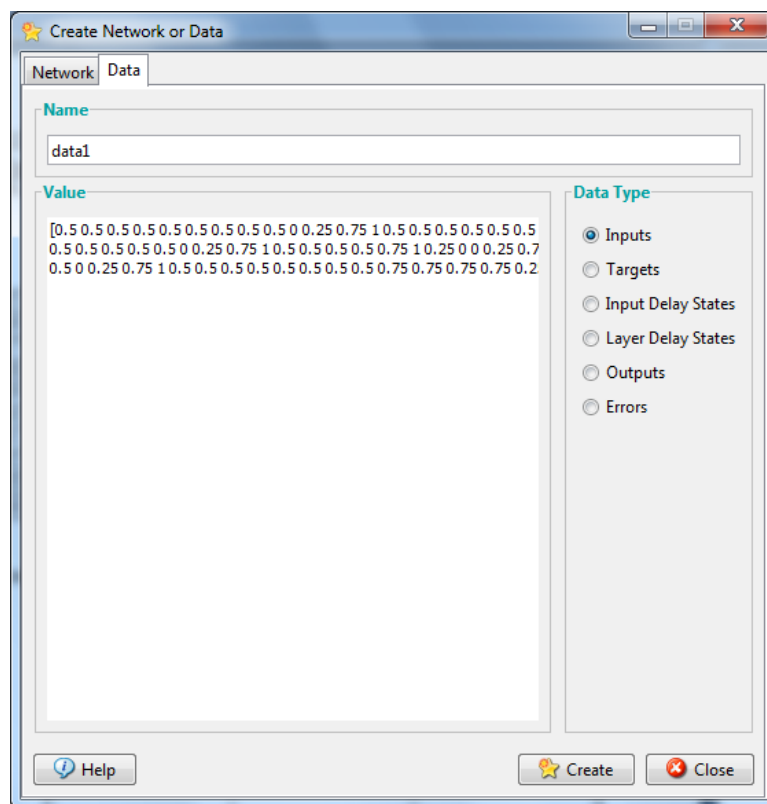
№	Кіріс айнымалылары			Оқу мақсаты Ауа шығыны
	Үрлеу серпімділігі	ҚҚ биіктігі	Біріктіруді сирету	
1	0.5	0.5	0.5	0.5
2	0.5	0.5	0	0
3	0.5	0.5	0.25	0.25
4	0.5	0.5	0.75	0.75
5	0.5	0.5	1	1
6	0.5	0	0.5	0.7
7	0.5	0.25	0.5	0.6
8	0.5	0.75	0.5	0.4
9	0.5	1	0.5	0.25
10	0	0.5	0.5	0.6
11	0.25	0.5	0.5	0.55
12	0.75	0.5	0.5	0.45
13	1	0.5	0.5	0.4
14	0.5	0.75	0.75	0.6
15	0.5	1	0.75	0.4
16	0.5	0.25	0.75	0.77
17	0.5	0	0.75	0.8
18	0.5	0	0.25	0.45
19	0.5	0.25	0.25	0.35
20	0.5	0.75	0.25	0.15
21	0.5	1	0.25	0.07
22	0.5	0	0	0.4
23	0.5	0.25	0	0.2
24	0.5	0.75	0	0
25	0.5	1	0	0
26	0.5	0	1	1
27	0.5	0.25	1	1
28	0.5	0.75	1	0.85
29	0.5	1	1	0.75
30	0	0.5	1	1
31	0.25	0.5	1	1
32	0.75	0.5	1	0.85
33	1	0.5	1	0.6
34	0.5	0.5	1	1

Matlab программасында графиттік интерфейс келесі түрде болады:

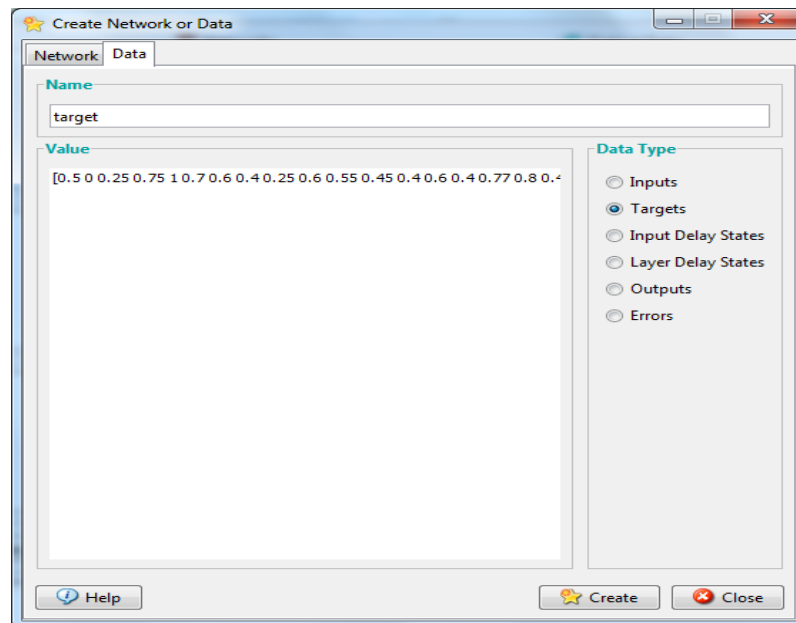


2.9 Сурет – Мәліметтер мен желілерді құру менеджері

Нейронды желіні оқу үшін 2.1-кестедегі мәліметтерді енгіземіз.

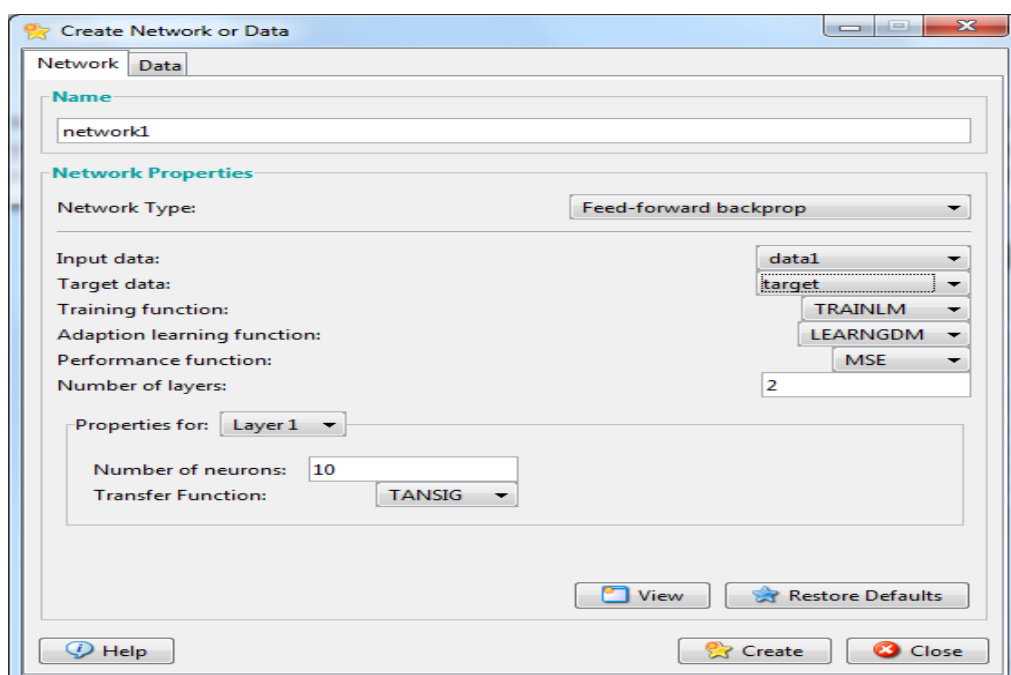


2.10 Сурет – Кіріс мәліметтерін құру

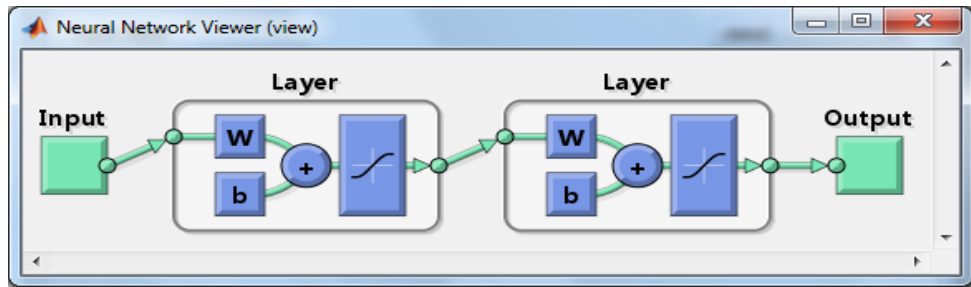


2.11 Сурет – Мақсатты мәліметтерді құру

Ары қарай нейронды желіні құрамыз. Кіріс мәліметтеріне алдын ала құрылған мәліметтерді енгіземіз, нейронды желі түрін таңдаймыз, 10 сигмоидты (TANSIG) жасырын қабатты нейроны бар және шығыс қабаттың бір сызықты нейроны бар (PURELIN) перцептрон (Feed-Forward Back Propagation) таңдаймыз. Оқуды TRAINLM функциясы тарататын Левенберга-Маркардта (Levenberg-Marquardt) алгоритмін қолдана отырып жүргіземіз. Қате функциясы – MSE, қабат саны сәйкесінше 2-ге тең.

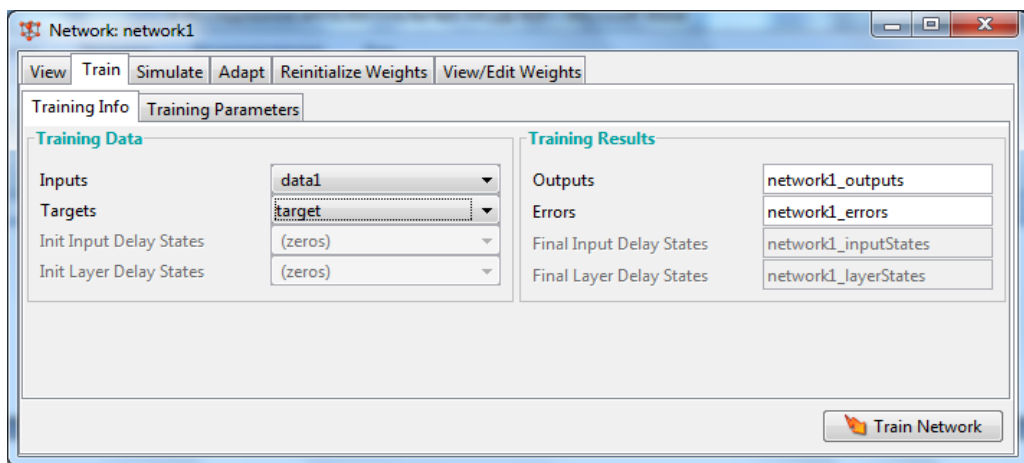


2.12 Сурет – Нейронды желіні құру



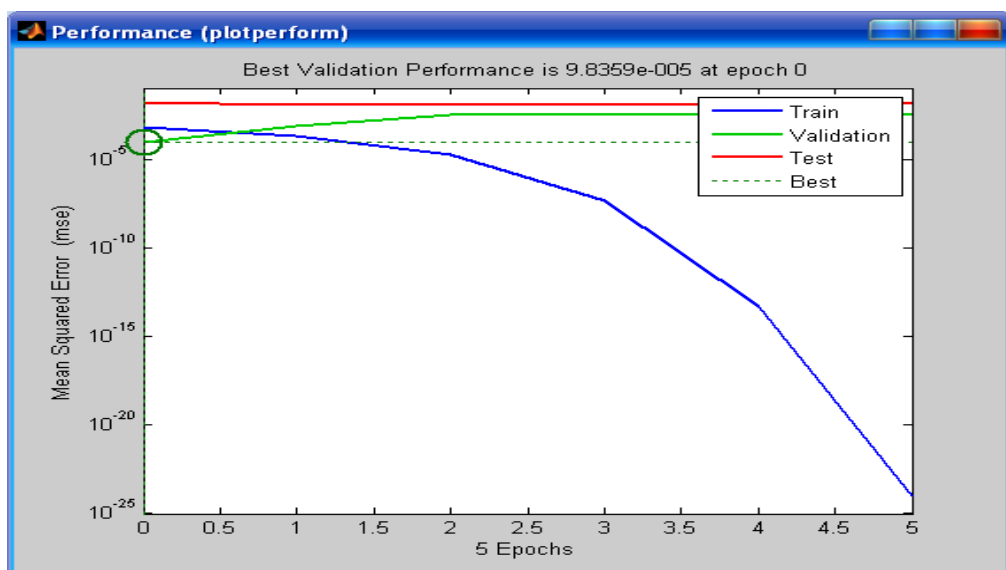
2.13 Сурет – Нейронды желіні құру алдындағы сәйкестікті қарау

Енді желіні ары қарай қолдану үшін кіріс және мақсатты мәліметтерді енгізуіміз керек және оқу параметрін көрсетуіміз керек.

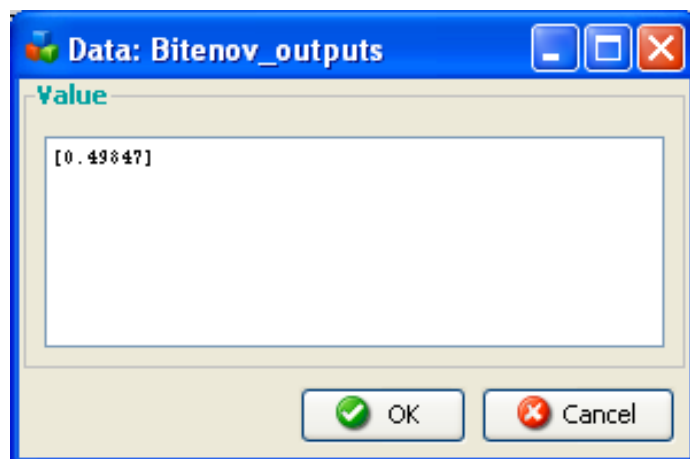


2.14 Сурет - Нейронды желіні оқу

Прогресс пен оқу қорытындысы 2.15, 2.16- суреттерде көрсетілген.



2.15 Сурет - Нейронды желіні оқу прогресі



2.16 Сурет - Нейронды желіні оқу қорытындысы (шығу)

2.8 Мырыш концентраттарын күйдіру процесін басқарудың нейротак желілік моделін зерттеу және жасау

Айқын емес моделдер мен нейронды желілер орнына гибридті моделдерді, оның ішінде, нейротак желілерді қолдануға болады.

Интеллектуалды технологиялар тәжірибесі және теориясының дамуына байланысты нейронды желілер және тақ алгоритмдерге байланысты олардың комбинациясын қолданады, ол басқару сапасын жақсартады.

Соңғы жылдары гибридті интеллектуалды жүйелер қарқынды дамып келеді, ол жасанды интеллект әдісін және дәстүрлі құралдарды пайдалануға мүмкіндік береді. Гибридті интеллектуалды жүйелер арқылы жасанды интеллекттің дәстүрлі құралдарын интеграциялау арқылы алынатын білімді біріктіруге болады.

Жасанды интеллекттің әртүрлі жүйелері құрылды, оларға сарапшыны, тақ, шешім қабылдауды қолдау жүйесі, жасанды нейронды желі, роботтар қозғалысын жоспарлау жүйесі, генетикалық алгоритмдер жатады.

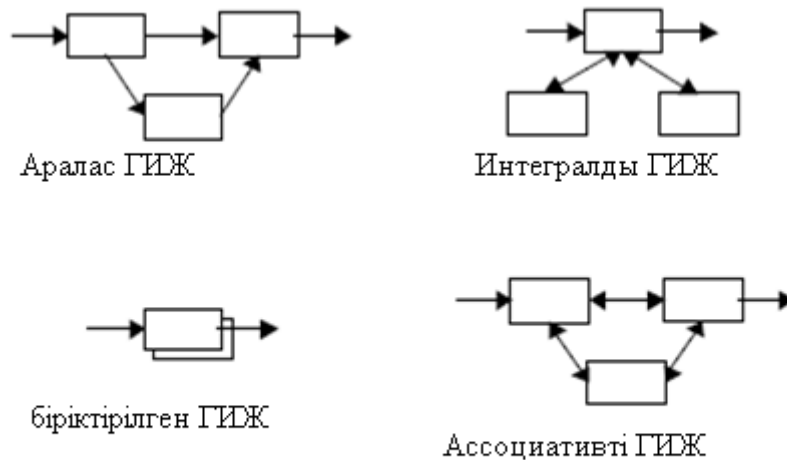
Интеллектуалды жүйелер (ИЖ) сәулетіне байланысты бір компонентті (single component) және көп компонентті (multi component) болып жіктеледі.

Бір компонентті ИЖ жасанды интеллекттің жалғыз ғана құралын қолдануға негізделген, мысалы, тақ логика немесе жасанды нейронды желі.

Көп компонентті ИЖ жасанды интеллекттің бірнеше құралын бір есептеу моделіне біріктіреді. Көп компонентті ИЖ бір иерархиялық көп қабатты модельге біріктірілген компоненттерден тұратын күрделі жүйе. Оның жұмысы барлық қабаттың дұрыс жұмысына негізделген, ал бір қабаттағы қате барлық қабаттарға таралуы мүмкін. Көп компонентті ИЖ-сі ЖИ-дің әртүрлі құралдарын біріктіреді, олар есептің шешімін алу үшін өзара әсерлеседі.

ИЖ-ң әртүрлілігі деректердің формализациясы арқылы анықталады. Сондықтан соңғы жылдары жасанды интеллекттің дәстүрлі құралдары қолданылатын гибридті интеллектуалды жүйе қарқынды дамыды.

ГИЖ-ді сәулетіне қарай комбинацияланған (combination), интегралды (integration), біріктірілген (fusion) және ассоциативті (association) гибридті интеллектуалды жүйелер деп жіктеледі (2.17-сурет).



2.17 Сурет - ГИЖ архитектурасының түрлері

Сонымен қатар деректер қорында сақталатын деректің көлемінің өсуіне негізделген ГИЖ-ң тағы бір түрі бар, ол таратылған (distributed) деп аталады.

Комбинацияланған ГИЖ. Комбинацияланған ГИЖ-ң мысалына сарапшы жүйе мен нейронды желінің интеграциясы түріндегі гибридті сарапшы жүйелерді жатқызуға болады.

Сонымен қатар комбинацияланған ГИЖ құрамына кіреді: ауыр пациенттердің анестезиологиясы үшін сарапшы жүйе, адаптивті үйретудің сарапшы жүйесі, медициналық диагностика үшін гибридті сарапшы жүйе.

Нейронды желі тез үйретуді жүзеге асырады, ал сарапшы жүйе тақ деректердің интерпретациясын орындайды. Нейронды желі ақпараттық дайындықсыз мұғаліммен және мұғалімсіз үйретіле алады.

Тақ сарапшы жүйе – тақ жиындармен біріктірілген сарапшы жүйе. Сарапшы жүйе үйретілген нейронды желіге енгізілген білімге негізделген. Сарапшы жүйе арқылы алынатын нәтижелер түсінуге ыңғайлы, себебі «if then» қорындағы ереже нақты тілді пайдаланады.

Сыртқы кіріс деректер гибридті жүйеге сарапшы жүйе арқылы түседі. Сарапшы жүйенің шығыс деректері шешім табатын модульдің кірісіне беріледі.

Интегралды ГИЖ. Интеграцияланған гибридті ГИЖ-ң сәулетінде негізгі модуль басшылық етеді. Сарапшы жүйе бірігетін модуль болып табылады және гибридті жүйенің басқа компоненттерімен байланысқан. Қосалқы ішкі жүйелер, сондай-ақ деректер қорлары, толық функционалды сыртқы деректер қорлары бар сарапшылық жүйенің байланыстыратын буындарымен қызмет көрсетеді.

Сарапшы жүйенің жұмысы индукциялық талды пайдалану алгоритміне негізделген. Ережелер кері тізбек үшін де, түзу тізбек үшін де қолданылады. Талдың құрылымы тиімді болып табылады, ал сұраныс саны минимал болып табылады.

Деректер қорына нейронды желі де қол жеткізе алады. Нейронды желі үйрету құралы ретінде қолданылады. Нейронды желі кіріс деректерін қабылдай алады, және оларды үлгі ретінде қолдана алады. Жүйенің шығыс деректері деректер қорында сақталады, мысалы, графикалық түрде.

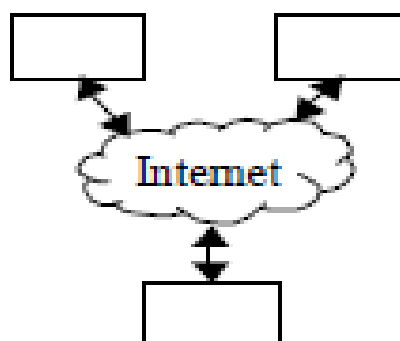
Біріктірілген ГИЖ. Нейронды желі және генетикалық алгоритмнің сипаттамалық ерекшелігі тиімділеу арқылы адаптация және үйрету қабілеті болып табылады. Осы әдістердің жасанды интеллекттің басқа әдістерімен бірігуі үйрету қабілетін арттырады. Біріктірілген ГИЖ-ң мұндай сәулетін біріктірілген түрге жатқызады. Олардың мысалына инвестициялық ұсыныстар үшін гибриді сарапшы жүйе, энергетикалық жүйелердегі істен шығуды анықтау үшін гибриді сарапшы жүйені жатқызуға болады.

Ассоциативті ГИЖ. Ассоциативті ГИЖ-ң архитектурасы жүйе құрамына кіретін интеллектуалды модульдер автономды түрде де, басқа модульдермен интеграция арқылы да жұмыс істей алады. Бұл жүйе жақсы дамымағандықтан ол көп қолданылмайды.

Таратылған ГИЖ. Бұл таратылған жасанды интеллект аумағындағы мультиагентті шешім болып табылады(2.12-сурет). Бұл кезде әрбір функционалды интеллектуалды модуль желі арқылы хабарлама жібереді. Қазіргі кездегі сарапшы жүйелер, нейронды жүйелер және тағы басқа жүйелер агенттерге түрлене алады.

Түрлену кезінде интеллектуалды модульдер басқарушы және коммуникативті біліммен толтырылады, оларды мультиагентті интеллектуалды таратылған жүйеге біріктіреді.

Интеллектуалды үйретуші жүйе үйрету тәсілін басқаруға бағытталған сарапшы жүйеге негізделеді. Сарапшы жүйе білімнің гибриді көрсетілу формализмін пайдаланады, ол нейроереже деп аталады. Жүйе келесі компоненттерден тұрады: білім домені, пайдаланушы моделі, педагогикалық модель, логикалық шығару машинасы және пайдаланушы интерфейсі. Білім доменіне үйретуші материалға жататын білімнен тұрады. Домен екі бөліктен тұрады: білім түсінігі және блогтар. Курстық блогтар Web-парақ түріндегі үйретуші материалдан тұрады. Әрбір курстық блог білім түсінігінің белгілі бір санымен ассоциацияланады. Пайдаланушы моделі ақпараттарды жазу үшін қолданылады. Үйрету тәсілі кезінде олар жаңартылып отырады. Педагогикалық модель үйрету тәсілін құрады. Ол деректерге сәйкес зерттелетін материалдың презентациясының адаптациясы үшін білім инфракұрылымын ұсынады.



2.18 Сурет - Таратылған ГИЖ-ң архитектурасы

Сарапшы жүйедегі білімді көрсету формализмі нейроережелерге, гибриді ережелерге, нейроесептеулері бар интегралдаушы символдық ережеге негізделеді. Нейроережелер эмпирикалық деректер немесе символдық ережелер негізінде құрылады. Әрбір нейроереже арнайы алгоритм арқылы үйретіледі. Шығару механизмі кері шығару стратегиясына негізделген.

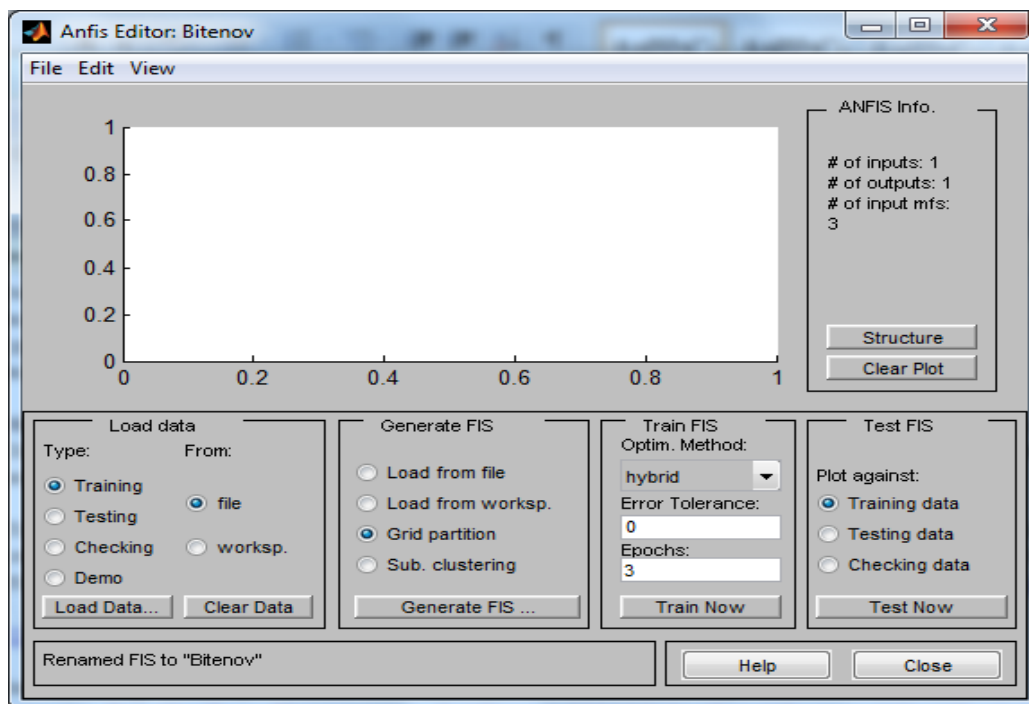
Тақ нейронды желілер немесе гибриді желілер нейронды желілердің және тақ шығару жүйесінің негізгі ерекшеліктерін біріктіреді. Олардың көмегімен тақ өнім ережесі түрінде жүйе моделін көрсетуге болады. Тақ өнім ережесін құру үшін жүйелік аналитиктер үшін ыңғайлы болып табылатын нейронды желі әдістері қолданылады. Соңғы жылдары гибриді желі аппараттары қолданбалы жүйелік сұрыптау үшін ең тиімді құралдардың бірі.

Нейро тақ желі кері байланысы жоқ арнайы құрылымды көп қабатты нейронды желі. Мұнда қарапайым сигналдар, белсенді функциясы және салмақтар пайдаланылады, ал қосу амалдары бекітілген Т-нормасын және Т-конормасын қолдануға негізделеді. Гибриді нейронды желінің кіріс, шығыс және салмағы осындай мәні кезінде $[0,1]$ кесіндісіндегі саннан тұруы мүмкін.

Гибриді желі модельдерінің негізі функция параметрлерін анықтау үшін деректер таңдау болып табылады. Функция параметрлерін табу үшін нейронды желіні үйретуші процедуралар қолданылады. MATLAB жүйесінің Fuzzy Logic Toolbox пакетінде гибриді желі нейро тақ шығысы бар адаптивті жүйе ANFIS түрінде орындалады. ANFIS гибриді желісі бір шығысы және бірнеше кірісі бар тақ лингвистикалық айнымалысы бар нейронды желі. Мұндағы лингвистикалық кіріс айнымалылары Матлаб жүйесіне тән стандарттармен сипатталады, ал шығыс айнымалылары сызықты немесе тұрақты функциямен сипатталады.

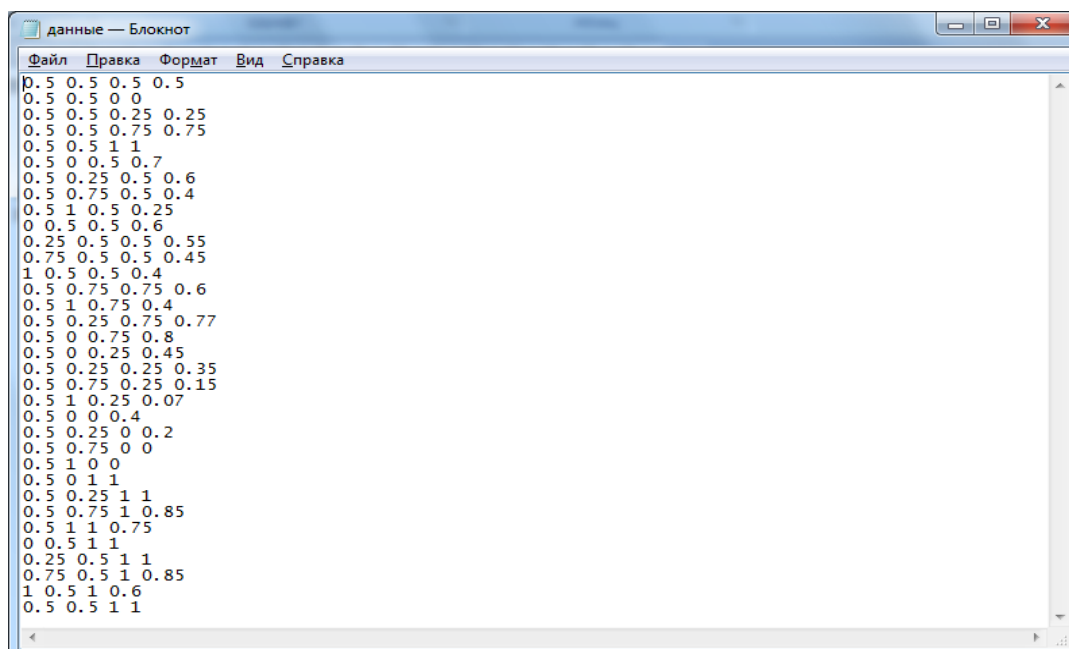
ANFIS гибриді желісі FIS түрді нөлдік немесе бірінші ретті тақ шығару жүйесі болып табылады. Мұндағы өнім салмағы тұрақты бірге тең. MATLAB жүйесінде пайдаланушы ANFIS желісін реттей, түзете алады. Бұл кезде бастапқыда қарастырған Fuzzy Logic Toolbox пакет құралдарын пайдалана алады.

MATLAB программасының басты терезесінде `anfisedit` командасын енгізіп, `enter` басамыз. 2.19- суреттегідей `anfis` редакторы ашылады.

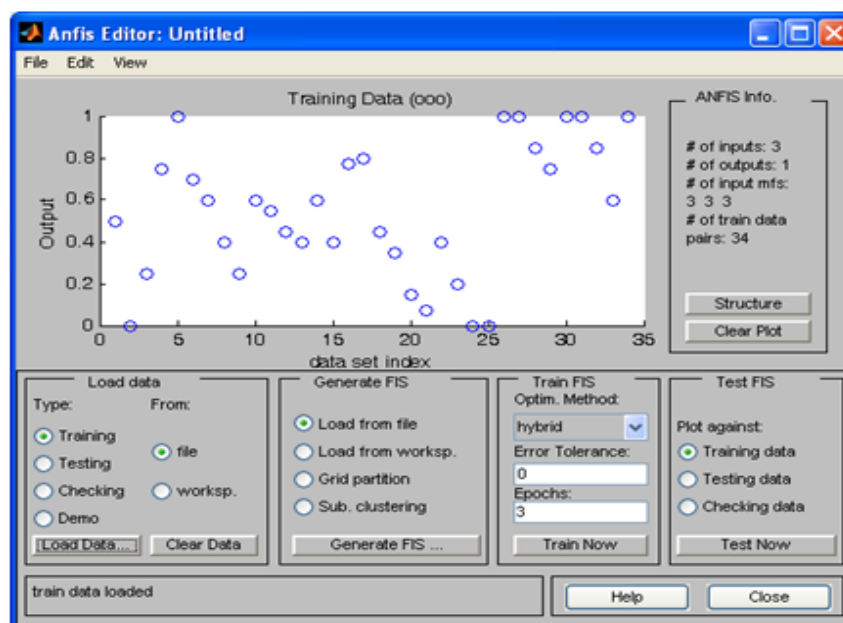


2.19 Сурет - Anfis редакторының терезесі

Сосын 2.1-кесте бойынша нейронды желі үшін кіріс және мақсатты мәліметтерді құрып, сосын енгізуіміз керек. Ол үшін кез-келген мәтіндік редактор сәйкес келеді.

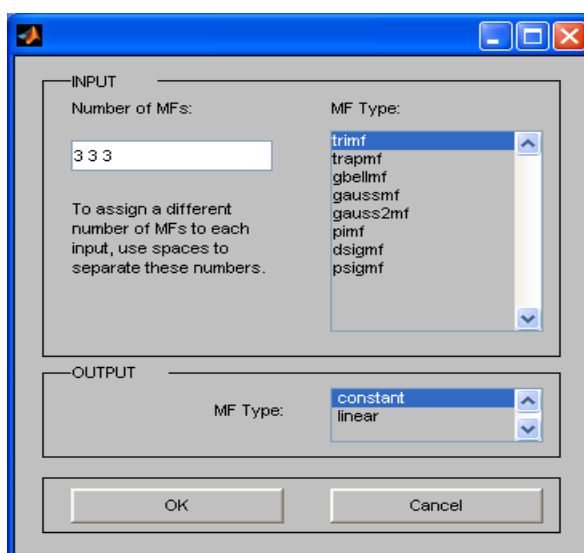


2.20 Сурет - Нейро-тақ желі үшін кіріс мәліметтерін құру Бірінші үш баған - кіріс шамалары, ал соңғысы – шығыс шамалары. Сосын мәліметтерді олардың түрін алдын ала белгілеп алып, енгіземіз.



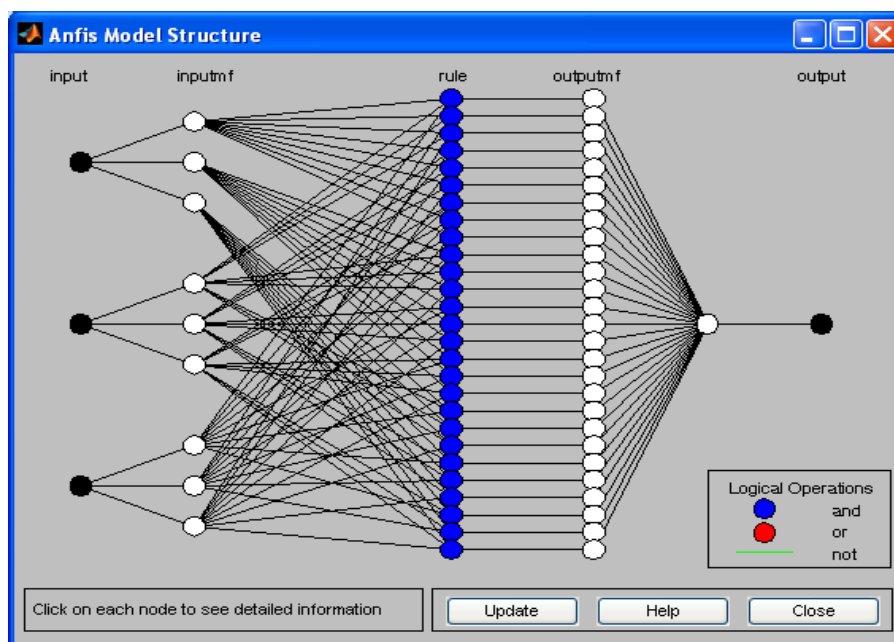
2.21 Сурет - Нейронды желінің мәліметтерін енгізіп болғаннан кейінгі AnfisEditor редакторы

Мәліметтердің әрбір қатарында үйретілуші мәліметтер үшін дөңгелекпен бейнеленген графиктің бөлек нүктелері сәйкес келеді. Каждой строке данных соответствует отдельная точка графика, которая для обучающих данных изображена кружком. Көлденең бөлікте мәліметтердің бөлек қатарының реттік нөмірі (индексі) көрсетіледі ал тік бөлікте шығыс шамасының мәндері көрсетіледі.



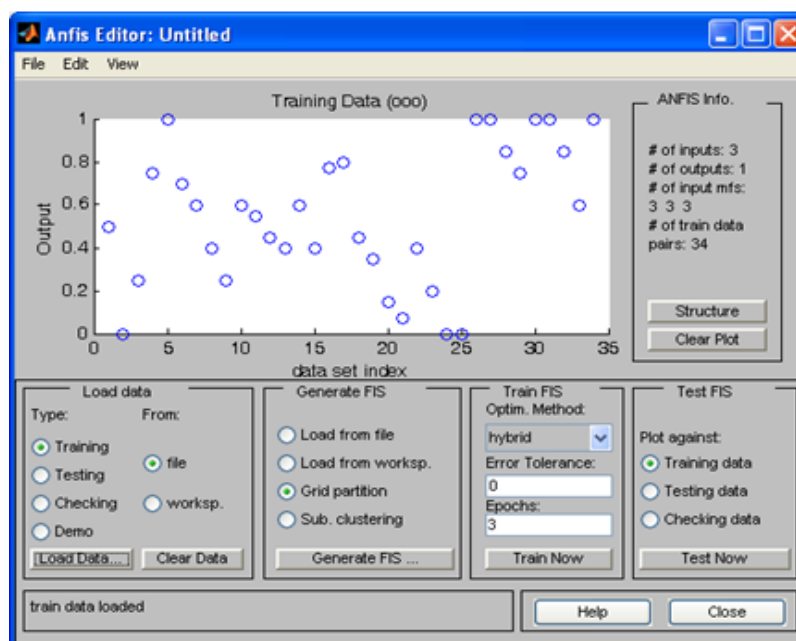
2.22 Сурет – Айқын емес тұжырымдама жүйесінің параметрлерін енгізу Гибридті желіні құрудың келесі кезеңінде айқын емес тұжырымдама жүйесінің құрылымын түрлендіреміз.

Бұл кезеңде желі архитектурасын көруге болады:



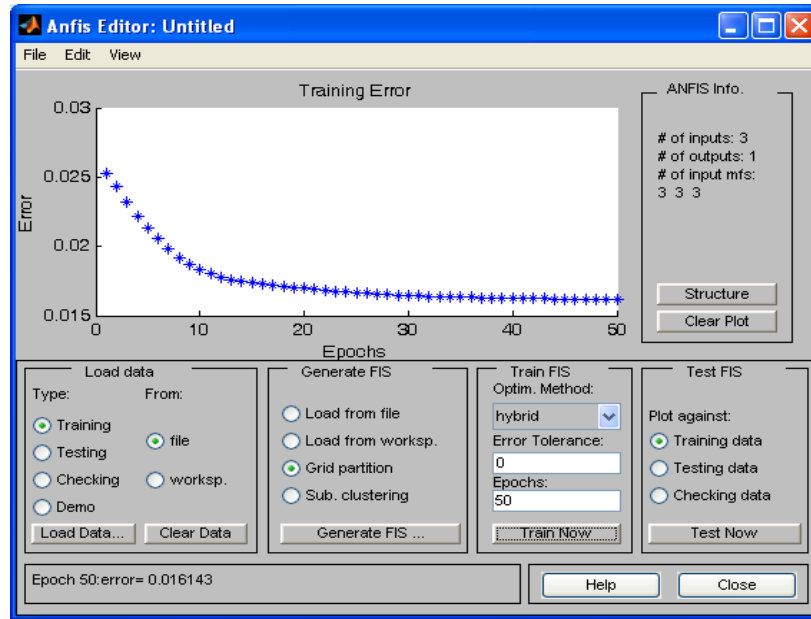
2.23 Сурет – Гибридті желі құрылымы

Енді гибридті желіні үйрену әдісін таңдауға болады, яғни тиімділеу әдісін, үйрену кезеңінің санын және ықтимал қатені табуға болады.

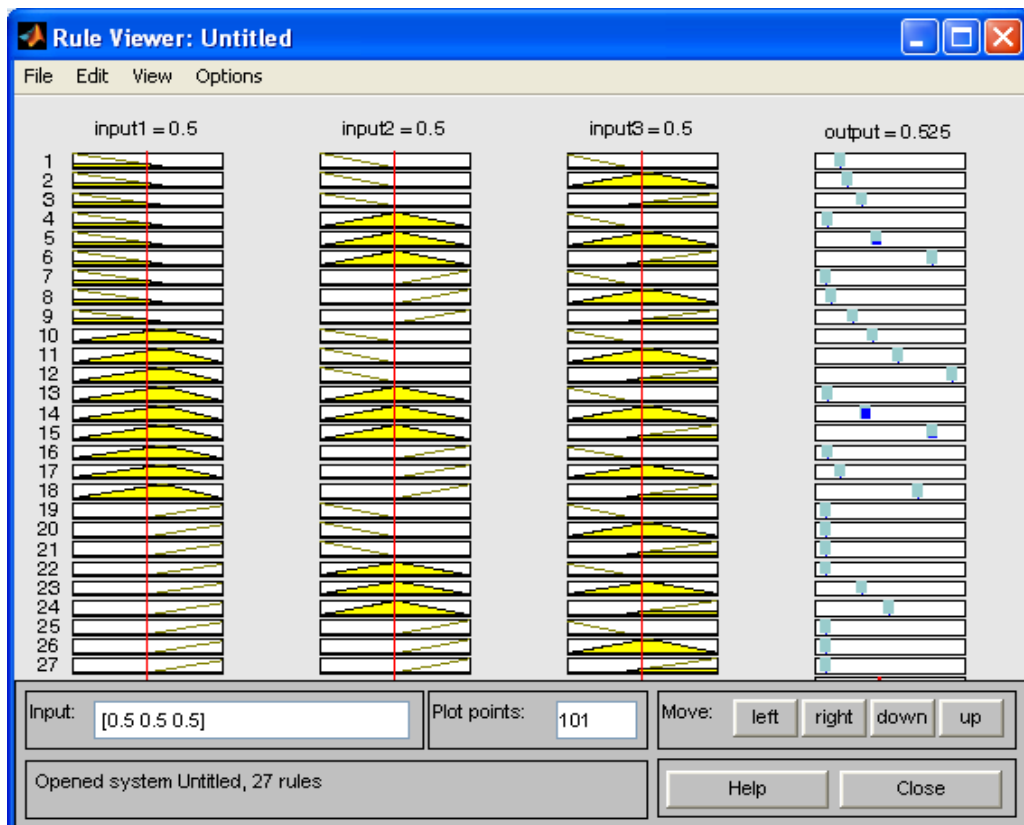


2.24 Сурет – Гибридті желіні үйрену параметрлерін енгізгеннен кейінгі редактордың графикаік интерфейсі

Сосын желіні үйрену керек, үйреніп болғаннан кейін тест жасап көріп, тексерілетін мәліметтерді енгізуге болады немесе RuleViewer редакторында кез келген ықтимал мәндерді қарап, енгізуге болады.



2.25 Сурет - Гибридті желі



2.26 Сурет - Гибридті желі оқытылғаннан кейінгі “RuleViewer” редакторы
2.9 Мырыш концентраттарын күйдіру процесін басқарудың интеллектуалды моделінің түрін таңдау және талдау жасау

Нейронды желілер мен айқын емес моделдер, сондай ақ нейро-тақ желілер берілген басқару жүйесін жүзеге асыруға жарамды болып саналады, бірақ қайсысының жақсы, дәл келетінін білу үшін салыстыру жүргізгеніміз жөн болады.

Енді біз нейронды желіні үйрендік, айқын емес логиканы құрдық және гибридті желіні оқыдық. 2.2-кестеде интеллектуалды моделдің үш түрі үшін берілген кіріс шамаларын тексереміз.

2.2 Кесте - Нейронды желінің, айқын емес логиканың және гибридті желінің жауаптарын салыстыру

№	Нейронды желі	Айқын емес логика	Нейро-тақ желі	Дұрыс жауап
1	0.5	0.525	0.5	0.5
2	0	0.0705	0	0
3	0.25	0.325	0.25	0.25
4	0.75	0.726	0.745	0.75
5	1	0.948	0.991	1
6	0.7	0.726	0.7	0.7
7	0.6	0.576	0.6	0.6
8	0.4	0.324	0.4	0.4
9	0.25	0.325	0.25	0.25
10	0.6	0.526	0.6	0.6
11	0.55	0.526	0.55	0.55
12	0.45	0.526	0.45	0.45
13	0.4	0.324	0.4	0.4
14	0.6	0.526	0.597	0.6
15	0.4	0.324	0.3999	0.4
16	0.77	0.726	0.766	0.77
17	0.8	0.726	0.8	0.8
18	0.45	0.526	0.45	0.45
19	0.35	0.325	0.35	0.35
20	0.15	0.07	0.15	0.15
21	0.07	0.078	0.07	0.07
22	0.4	0.324	0.4	0.4
23	0.2	0.078	0.2	0.2
24	0	0.0705	0	0
25	0	0.0705	0	0
26	1	0.948	0.999	1

2.2 Кестенің жалғасы

№	Нейронды желі	Айқын емес логика	Нейро-тақ желі	Дұрыс жауап
27	1	0.948	0.998	1
28	0.85	0.726	0.845	0.85
29	0.75	0.726	0.749	0.75
30	1	0.948	1	1
31	1	0.948	0.996	1
32	0.85	0.726	0.846	0.85
33	0.6	0.576	0.6	0.6
34	1	0.948	0.991	1

Бұл кестеден көріп тұрғанымыздай, нейронды желі мен гибридті желі айқын емес логикаға қарағанда қойылған талаптарға, яғни кіріс шамаларына бірдей, ұқсас жауап береді. Бірақ айқын емес логика гибридті желі сияқты оператордың қабылдауына ыңғайлы. Бұдан қарастырылған моделдердің ішіндегі ең ыңғайлысы, тиімдісі деп гибридті желіні алуға болады деген қорытынды жасаймыз [7].

2.10 ТПАБЖ - ны ақпараттық қамтамасыздандыру

Ақпараттық қамтамасыздандыру келесі талаптарға сай болу керек:

- ақпаратты уақытында жеткізу;
- жеткізудің шынайылығы (ақпаратты жоғалтпау және байланыс арналары мен өңдеулерде бұрмаламау);
- ақпараттық жүйелер қызметінің сенімділігі;
- техникалық жүзеге асыру мүмкіндігі.

Ақпараттық қамтамасыздандыру құрамы кодтау және классификациялау жүйесінің, көрсеткіштер (кіріс және шығыс сигналдарының тізімі) жүйелерінің, басқару жүйелерінде қолданылатын ақпараттар массивінің құжаттама жүйесінің жиынтығынан тұрады.

ҚҚ пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесін басқару және бақылау үшін кодтауға және басқарылатын есептеу кешенін енгізуге келесі техникалық айнымалылар керек:

- ҚҚ пешінің қабатының температурасы.
- Пештің үстіңгі бетіндегі температура.
- Циклон алдындағы және 1 мен 2 циклондар сатысындағы температура.
- Шыққан газдардың электрсүзгіге кірер кездегі температурасы.
- Электрсүзгіден шыққан кездегі газ температурасы.
- Ауа – оттегі үрлегішінің шығыны.
- Ауа салқындатқыш ауасының шығыны.

- Форкамера ауасының шығыны.
- Пештегі оттегі шығыны.
- Ауыз су шығыны.
- Үрлегіштегі оттегі құрамы.
- Үрлегіш тығыздығы.
- Ауыз судың қысымы.
- Барабан-сепаратордағы қысым.
- Барабан-сепаратордағы деңгей.

Басқару контуры бойынша шығысындағы басқарылушы әсерлер:

- Су шығыны.
- Ауа шығыны.
- Концентрат шығыны [8].

2.10.1 ТПАБЖ - ны техникалық қамтамасыздандыру

Басқару жүйесінің құрылымы жоғарғы (тиімділеу есептері мен интеллектуалдық жүйе) деңгей есептері мен төменгі деңгей есептерін (қабаттағы температура, материалдар шығыны, қысым және т.б. тұрақтылығы) қатар қарастыратындықтан, техникалық қамтамасыздандыру құрамына екі басқарушы компьютер кіреді. Цех жұмысын, интеллектуалдық жүйелер мен тиімді басқару жүйелерін жоспарлау есептерін шешу кезінде басқарушы есептеу машинасы - БЕМ қолданылады. Төменгі деңгей есептерін шешу үшін басқарушы контроллерлер қолданылады.

Төменгі деңгейді басқарудың автоматтандырылған жүйесінде басқару бөлігінің техникалық базасы ретінде CPU 315-2DP орталық процессоры бар Simatic S7-300 программалық логикалық контроллер қолданылады. Simatic S7-300 модулді программалық контроллері төменгі және орташа деңгейдегі автоматты басқару есептерін шешу үшін қолданылады.

Simatic S7-300 келесі себептерге байланысты таңдалды:

- Кез-келген есептерді шешу үшін модулдерінің кең спектрі.
 - Өнеркәсіптегі әртүрлі желілерге қарапайым қосылу.
 - Жүйені модернизациялау кезіндегі мүмкіндіктердің молдығы.
 - Ондағы көптеген функцияларға байланысты қуаттылығының жоғарылығы.
 - STEP 7 құралдарымен конфигурациялау және программалау.
 - MPI және SIMATIC NET желілеріне қосылу мүмкіндігі.
 - Әрбір орталық S7-300 процессорында кернеуі=24В қорек блогы бар.
- SIMATIC S7-300 CPU 313C-2DP-дың негізгі сипаттамасы :
- Жұмыс жадысының көлемі (RAM) 128 Кбайт.
 - Жүктелетін жады көлемі (жады микрокартасы) 64 Кбайт ...8 Мбайт.
 - Логикалық операцияларды - 0.1 мкста;
 - сөзі бар операцияларды - 0.2 мкста;

- тіркелген нүктемен арифметикалық операцияларды - 2.0 мкста;
- өзгермелі нүктемен арифметикалық операцияларды - 6.0 мкста

орындайды.

- Жалаушалар саны - 2048 байт.
- Есептегіш саны – 256.
- Таймер саны - 256.

Өзіндегі интерфейстар: MPI, PROFIBUS-DP

Жүйенің кіріс-шығыс арналарының ең көп саны:

- дискреттіде - 16384;
- аналогтыда - 1024.

Габариттері - 40 x 120 x 130 мм.

Жүйенің төменгі деңгейінде ақпараттарды контроллерге ыңғайлы етіп түрлендіретін және жинайтын түрлендіргіштер, датчиктер, сондай-ақ басқарушы объектінің жай-күйі туралы ақпаратты адам - операторға түсінікті түрде көрсетуге және жазуға қызмет ететін түрлі қосалқы құрылғылар орналасқан [9].

ҚОРЫТЫНДЫ

Дүние жүзілік мырыш индустриясында Қазақстан Республикасы мырыш қоры бойынша 11-ші орында. Қазақстан расталған мырыш қоры бойынша дүние жүзінде 5 орында, кендегі орташа мырыштың құрамы (0,44%) бойынша 88 елдің арасында 75 орында. Республика түсті металлургиясының минералды шикізат қорының негізінен сапасы төмен түсті және сирек металдар кенорындарымен берілген. Минералдық құрамын күрделендіру кезінде кенді шикізаттың барлық түрлері бойынша тауарлы кендегі негізгі металдар құрамының төмендеуі жүруде. Осының нәтижесінде республика кенорындары кендеріндегі металл құрамы өзге елдердің кенорындарына қарағанда көп жағдайларда айтарлықтай төмен, бұл шикізаттың бәсекелестік қабілетін төмендетеді. Күйдіру пештеріне түсетін мырышты шикікұрам концентраттардан, ұнтақталған флюстерден және айналым шаңдарынан тұрады. Шикікұрам құрамы штейнге балқыту процесі талаптарын қанағаттандыруы қажет.

Мырышты концентраттарды тотықтырғыш күйдіруді 750-900°C температура кезінде жүргізеді. Күйдіру процесіне шикікұрамды қыздыру мен кептіру, жоғары сульфидтердің термиялық диссоциациясы, сульфидтердің тұтануы мен жануы кіреді. Мырышты концентраттарды күйдіру өнімдері - қоламта, газдар және шаңдар. Бастапқы концентратқа қарағанда огарок құрамында тотықпаған сульфидтермен қатар оксидтер және біраз мөлшерде сульфаттар болады. Қайнау қабатында күйдіру кезінде концентрат қабаты арқылы шығатын ауа ағыны немесе оттегімен байытылған үрлем жылдамдықпен үрленеді, осы бастапқы материалдың түйіршіктері қайнауға ұқсас ілгерілемелі қайтымды қозғалысқа келеді. Мырышты концентраттарды қайнау қабатында күйдіру үшін көлденен қимасы дөңгелек, тікбұрышты және эллипсті қайнау қабаты пештерін қолданады.

Қайнау қабаты пешінде мырыш концентраттарын күйдіру процесімен жүйені басқару, егер температураны тұрақтандыру процесі және тиімді басқарудың қосалқы жүйесі дәстүрлі математикалық сипаттама көмегімен жақсы сипатталса, онда қайнау қабаты пешінде күйдіру гидродинамикалық процесі өзінің күрделілігінен математикалық өңдеуге күрделі беріледі. Сондықтан дәстүрлі реттегіш әдісін және тиімді басқарудың қосалқы жүйесін, сонымен қатар жасанды интеллект әдісін қолдану арқылы гибридті басқару жүйесін, яғни манометрлік режиммен басқарудың қосалқы жүйесін құру қарастырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 В.Я.Зайцев, Е.В.Маргулис «Металлургия свинца и цинка». Учебное пособие для вузов-М.: Metallurgia, 1986, 263с.
- 2 Шварцман Я.Н. Обжиг цинковых концентратов в кипящем слое. – М.: Metallurgizdat, 1970.
- 3 Кучин Г.М. Обжиг цинковых концентратов в кипящем слое. –М.: Metallurgia, 1966.
- 4 Лоскутов Ф.М. Цейдлер А.А. Ауыр түсті металдар металлургиясы бойынша есептер. М.: Metallurgia. 1973.
- 5 В.В. Гейхман, П.А.Козлов, О.И.Решетов и др. Обжиг цинковых концентратов с рассредоточенной подачей кислорода. «Цветные металлы». 2010г. № 5.
- 6 Сулейменов Б.А. Интеллектуальные и гибридные системы управления технологическими процессами. Алматы: Шикула, 2009.
- 7 Сулейменов Б.А., Ибраев А.Х. Результаты исследования нечеткой, нейро-нечеткой и нейронной моделей управления процессом обжига цинковых концентратов в кипящем слое. – Тараз, 2009.
- 8 Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. Санкт-Петербург «БХВ-Петербург» 2003.
- 9 Сулейменов Б.А., Нестеренко В.А. Оптимальные и адаптивные системы. Методические указания к лабораторным работам (для студентов специальности 360140). – А.: ЕНУ, 2006.
- 10 Н. Добрев Комбинат цветных металлов: этапы развития «Цветные металлы». 2001г. № 12.
- 11 В.В.Гейхман, П.А.Козлов, В.А.Лукьянчиков. Совершенствование очистки газов от обжига цинковых концентратов. «Цветные металлы». 2010г. № 5.
- 12 Ахматов Ф.Э., Нишонов Б.У., Теория и технология металлургического производства.Журнал.-2016. -С.69-70.
- 13 Кольчурина И.Ю., Нохрина О.И., Руднева В.В., Федотов В.М., Основы гидрометаллургии.Учебное пособие. СибГИУ. –Новокузнецк, 2008. -11 с.
- 14 Снурников А. П. Гидрометаллургия цинка. - М., «Металлургия», 1981.-106 с.
- 15 www.docsity.com/ru/metallurgiya-cinka-vyshchelachivanie-cinkovogo-ogarka/1756876/
- 16 Марченко Н. В., Вершинина Е. П., Гильдебрандт Э. М., Металлургия тяжелых цветных металлов.Электронное учебное пособие.–Красноярск : ИПК СФУ, 2009. -С. 176-180.
- 17 Петухов О.Ф., Санакулов К., Хасанов А.С., Мустакимов., О.М. Окислительно-восстановительные процессы в металлургии.-Т.:ФАН,2013.-С. 200-211.

18 Hans Berger: Automatisieren mit STEP 7 in KOP und FUP, 5. überarbeitete und erweiterte Auflage, 2007, ISBN 3-89578-253-X.

19 Siemens AG, Automation and Drives: SIMATIC S7, STEP 7 - Grundwissen, 2006, Siemens-Bestell-Nr. 6ES7810-4CA08-8AW0.