

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

«Мыс концентратының электро балқыту үрдісінің технологиялық режимін  
автоматтандыру»

Шуртан Манас Эралиұлы

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  
«16» \_\_\_\_\_ 2022 ж.

«Мыс концентратының электро балқыту үрдісінің технологиялық \_\_\_\_\_ режимін  
автоматтандыру»

дипломдық жобаға  
**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B070200 - Автоматтандыру және басқару мамандығы

Орындаған  
Сын-пікір беруші  
Доктор технических наук профессор,

«15» \_\_\_\_\_  
Биттеев Ш.Б. 2022 ж.

Шуртан М.Э.  
Ғылыми жетекші,  
техн. ғыл. канд.

«16» \_\_\_\_\_  
Кошимбаев Ш.К. 2022 ж.



Қолыңбаны растаймын  
Подпись заверяю  
\_\_\_\_\_  
Қызметі  
«16» \_\_\_\_\_ 05 аты-жөні  
2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

5B070200 - Автоматтандыру және басқару



**БЕКІТЕМІН**

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

Н.У.Алдияров

«16» мамыр 2022 ж.

**Дипломдық жобаны дайындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Шуртан Манас Эралиұлы

Жобаның тақырыбы: «Мыс концентратының электро балқыту үрдісінің технологиялық режимін автоматтандыру»

Университеттің «24» желтоқсан 2021 жылғы ғылыми кеңесінің № 483-П/0 шешімімен бекітілген.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі «17» 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 әдебиет тізімі:

[1] Снурников А. П. Гидрометаллургия цинка. - М., «Металлургия», 1981.

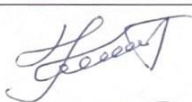


[2] Петухов О.Ф., Санакулов К., Хасанов А.С., Мустакимов., О.М. Окислительно-восстановительные процессы в металлургии.-Т.:ФАН,2013.-С. 200-211.

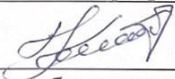
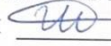
[3] Марченко Н. В., Вершинина Е. П., Гильдебрандт Э. М., Металлургия тяжелых цветных металлов.Электронное учебное пособие.–Красноярск : ИПК СФУ, 2009. -С. 176-180.

### КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Технологиялық бөлім	24.03.2022	
Арнайы бөлім	14.04.2022	

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
Экономикалық бөлім	Ш.К.Кошимбаев техн.ғыл.магистрі, лектор	06.05.2022	
Қауіпсіздік және еңбекті қорғау бөлімі	Ш.К.Кошимбаев техн.ғыл.магистрі, лектор	12.05.2022	
Нормалық бақылаушы	Н.С.Сәрсенбаев техн.ғыл.кандидаты, ассистент профессор	16.05.22	

Ғылыми жетекшісі  Кошимбаев Ш.К.  
Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Шуртан М.

Күні «16» Маусыр 2022 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И. СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Шуртан Манас  
Бакалаврлық диплом жобасына

### ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

**Тақырыбы:** Мыс концентратының электро балқыту үрдісінің технологиялық режимін автоматтандыру

Дипломдық жобада Мыс концентратының электро балқыту үрдісінің технологиялық режимін автоматтандырылған жүйесі қарастырылып, оған толықтай мәлімет беріліп, жан-жақты зерттелген.

Бұл дипломдық жобада 6-электродты кендітермиялық электрлі пешке шолу жасалып, оның функционалдық және технологиялық сұлбалары көрсетілген.

Арнайы бөлімде пештің автоматтандырылған сұлбасы сызылып, жұмыс істеу принциптері көрсетілген. Кендітермиялық пештің энергетикалық режимін тиімді басқару және автоматтандыру жұмыстары қарастырылған.

Студент Шуртан М. дипломдық жобаны орындау барысында өзінің еңбекқорлығын, тиянақтылығын көрсете білді.

Шуртан М. автоматтандыру үрдісі бойынша толықтай өз білімін көрсетіп, алдына қойылған талаптарды уақытында орындап, оларды шеше білді. Жалпы дипломдық жобаны толық деп бағалап, оның авторы Шуртан Манас 5B070200-«Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша дипломдық жобаны қоғауға және бакалавр мамандығына лайықты деп санаймын.

#### Ғылыми жетекші:

Техника ғылымдарының докторы

  
Көшімбаев Ш.К.

(қолтанбасы)

« 17 » мамыр 2022 ж.

**СЫН ПІКІР  
ҒЫЛЫМИ КЕҢЕСШІ**

Дипломдық жұмыс үшін

Шуртан Манас

5B070200 – Автоматтандыру және басқару

**Тақырыбы:** Мыс концентратының электро балқыту үрдісінің технологиялық режимін автоматтандыру

Орындалды:

- а) графикалық бөлімде 3 сұлба жасалынды;
- б) түсініктеме жазба 43 бет.

Дипломдық жобада Мыс концентратының электро балқыту үрдісінің технологиялық режимін автоматтандырылған жүйесі қарастырылып, оған толықтай мәлімет беріліп, жан-жақты зерттелген.

Бұл дипломдық жобада 6-электродты кендітермиялық электрлі пешке шолу жасалып, оның функционалдық және технологиялық сұлбалары көрсетілген.

Арнайы бөлімде пештің автоматтандырылған сұлбасы сызылып, жұмыс істеу принциптері көрсетілген. Кендітермиялық пештің энергетикалық режимін тиімді басқару және автоматтандыру жұмыстары қарастырылған.

Студент Шуртан М. дипломдық жобаны орындау барысында өзінің еңбекқорлығын, тиянақтылығын көрсете білді.

Шуртан М. автоматтандыру үрдісі бойынша толықтай өз білімін көрсетіп, алдына қойылған талаптарды уақытында орындап, оларды шеше білді. Жалпы дипломдық жобаны толық деп бағалап, оның авторы Шуртан Манас 5B070200-«Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша дипломдық жобаны қоғауға және бакалавр мамандығына лайықты деп санаймын.

**Жобаны бағалау**

Дипломдық жобада барлық мәселелер толықтай қарастырылғанын есепке ала отырып, «90/А-өте жақсы» және толық деп бағалап, оны орындаушы Шуртан Манас 5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы бойынша бакалавр лауазымына лайықты деп санаймын.

**Сын-пікір беруші:**

Алматы энергетика және байланыс университетінің профессоры,  
тех.ғыл.докторы \_\_\_\_\_



Ш.Б.Биттеев

« 16 » мамыр 2022 ж.

Қолданбаны растаймын	
Подпись заверяю	
	3.10
Қызметі	аты-жөні
« 17 »	05 2022 ж.

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Шуртан Манас

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Мыс концентратының электро балқыту үрдісінің технологиялық режимін автоматтандыру»

**Научный руководитель:** Шамиль Кошимбаев

**Коэффициент Подобия 1:** 3.7

**Коэффициент Подобия 2:** 0.5

**Микропробелы:** 20

**Знаки из здругих алфавитов:** 9

**Интервалы:** 3

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

*Дата*

*Заведующий кафедрой*



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

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

**Автор: Шуртан Манас**

**Тақырыбы: Мыс концентратының электро балқыту үрдісінің технологиялық режимін автоматтандыру»**

**Жетекшісі: Шамиль Кошимбаев**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.7**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.5**

**Дәйексөз (35): 0.3**

**Әріптерді ауыстыру: 9**

**Аралықтар: 3**

**Шағын кеңістіктер: 20**

**Ақ белгілер: 0**

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

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

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

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

**Негіздеме:**

*Күні*

*Кафедра меңгерушісі*





## АНДАТПА

Қазіргі уақытта мыс концентратын электр балқыту технологиялық режимін автоматтандыру жүйесін өңдеу мыс өндірісінде кеңінен таралған.

Электрлі балқытудың ерекшеліктері – бағалау металдарды штейн құрамына шоғырландыру және ол өзінің жоғарғы жылу саны тиімділігімен ерекшеленеді.

Мыс концентратын электрлі балқыту үрдісін автоматтандыру қарастырылады.

Дипломның бірінші бөлімінде технологиялық үрдістің және электр пешінің сипаттамасы келтірілген.

Арнай бөлімде электрлі балқыту үрдісінің тәжірибедегі талдамасы, басқару объектісі ретіндегі сипаттамасы берілген. Басқару есебінің математикалық қойылымы мен шешу жолдары көрсетіліп, жүйенің ақпаратты, технологиялық бағдарламалық қамтамасыз етілуі толық көлемде көрсетілген.

## **АННОТАЦИЯ**

В настоящее время одним из наиболее распространенных процессов в цветной металлургии является процесс электроплавки.

Электроплавка характеризуется высокой производительностью и выделением большого количества тепла.

В настоящем дипломном проекте рассмотрен вопрос автоматизации процесса электроплавки.

В первой главе дипломного проекта рассматривается технология процесса и приведены технические характеристики электропечи. В специальной части технологический процесс рассмотрен как объект управления и приведена математическая постановка задачи управления и метод ее решения.

Также разработано информационное, техническое и программное обеспечения.

## ANNOTATION

Now one of the most widespread processes in nonferrous metallurgy is elektrosmelting process.

Eletrosmelting is characterized by high efficiency and clarification.

Automation of elektrosmelting process is considered in the present graduation project.

The technology of process and technical characteristics of the electric furnace are considered in the first chapter of graduation project.

Technological I is considered as object of control and mathematical statement a control problem and a method of its solution are resulted in a special part.

Information, hardware and software are also developed.

## МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	
1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМ	9
1.1 Мыс концентраттарының электр балқыту үрдісінің технологиясы	12
1.2 Пеш сипаттамасы	12
1.3 Үрдістің жылулық балансын есептеу, шихтаның жылу жұтуын анықтау	15
1.4. Электр энергияның меншікті шығынын есептеу	15
2 АРНАЙЫ БӨЛІМ	17
2.1 Мыс концентраттарының электрбалқытуын басқару объектісі ретінде қысқаша сипаттамасы	17
2.2 Басқару тапсырмаларын құру	19
2.3 Мыс концентраттарының электрбалқыту үрдісін басқару практикасы	20
2.4 Жобаланушы ТҮАБЖ мақсаты және бағыты	22
2.5 ТҮАБЖ құрылымын таңдау және функциялары	23
2.6 ТҮАБЖ функционалды құрылымы	23
2.7 ТҮАБЖ техникалық әдістерін кешендеу	25
2.8 ТҮАБЖ автоматтандыру схемасының сипаты	27
2.9 Басқару объектілерін теңестіру әдістері	28
2.10 Параметрлік теңестіру тапсырмаларын математикалық түрді қою	30
2.11 Мыс концентраттарын электрбалқыту үрдісін басқарудың математикалық моделі	34
2.12 Электрбалқыту үрдісінің статистикалық-математикалық моделінің параметрлерін бағалау	38
2.13 Басқару тапсырмасының тиімділігінің критерийін таңдауды негіздеу	44
2.14 Электрбалқыту үрдісін тиімді басқару тапсырмалары	45
2.15 Штабельдің тиімді құрамын анықтау	46
2.16 Материалдық ағындарды электропештер арасында тарату	49
2.17 Штабельдің тиімді химиялық құрамын анықтау алгоритмі	51
2.18 Электрбалқыту үрдісінің материалдық ағынын тиімді тарату алгоритмі	52
ҚОРЫТЫНДЫ	53
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	
ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР ТІЗІМІ	

## КІРІСПЕ

Қазақстан Республикасы қазіргі уақытта өзінің тәуелсіз және егеменді мемлекет ретінде қалыптасуының күрделі процесін бастан кешуде, терең экономикалық қайта құруларды жүзеге асыруға ұмтылуда. Түсті және қара металлургия өндірісі Қазақстан Республикасының экономикасына елеулі әсер ететіндігі белгілі.

Электр балқыту – қара және түсті металлургиядағы маңызды технологиялық процестердің бірі. КТП-те электр балқытудың қазіргі технологиясы төмен техникалық-экономикалық көрсеткіштермен, қолайсыз экологиялық жағдайлармен, пешке қызмет көрсетуде қиындықтарымен сипатталады [1].

Рудно-термиялық пештің жұмысында электрлік режимді бақылау мәселесі қазіргі таңда алғашқы орындардың бірінде, электрлік режимді басқарудың жетілдірілмегендігі электр энергиясының шығынының көбеюі мен балқыту өнімінің сапасының азаюына алып келеді. Осы факторлардың барлығы сульфидті мыс-никель шикізатын өңдеу процесін қазіргі заманғы талаптарға сәйкес келетін деңгейге дейін басқару технологиялары мен жүйелерін жаңғыртуды талап етеді, өйткені өндірістің анағұрлым прогрессивті автогенді әдістерін әзірлеу және енгізу ресурстардың едәуір көбеюін талап етеді.

**Мақсаты:** Рудно-термиялық балқытудың электрлік режимін автоматтандырылған бақылау мен басқару жүйесін әзірлеу.

**Жұмыстың міндеті:** Шығындарды азайту, сапасын жақсарту, шығарылатын өнімнің көлемін арттыру. Басқарудың бұл міндеттері ақпаратты жинаудың, берудің және өңдеудің технологиялық құралдарын басқарудың автоматтандырылған жүйесін құру жолымен автоматика құралдарын және есептеу техникасын өндіріске кеңінен енгізу негізінде шешілуі мүмкін.

**Жұмыстың өзектілігі:** Бұл міндеттерді шешу жабдықтың өнімділігін ұдайы арттыруды, технологиялық процестерді қарқындатуды, еңбек өнімділігінің жедел өсу қажеттілігін болжайды – осының барлығы өндірістік процестің түрлі деңгейлерінде басқару міндеттерін қиындатады.

Электрлік балқыту – өндірісті жоғары механикаландыру мен автоматтандыруды қамтамасыз ететін өте прогрессивті процесс. Электр балқыту кезінде отынды жағу үшін пешке ауа берудің қажеті жоқ, сондықтан балқыту процесінде өте аз газ пайда болады. Осыған байланысты газдары бар жылу мен шаңның шығыны шағылыстырғыш балқытуға қарағанда айтарлықтай төмен, ал жылуды пайдалану және металдарды штейнге алу тиісінше жоғары. Бұдан басқа, электр балқыту газдарындағы күкірт ангидридіннің концентрациясы шағылыстырғыш пештердің газдарына қарағанда көп, бұл оларды күкірт қышқылын өндіру үшін пайдалануға мүмкіндік береді. Электр балқыту флюстерді үнемдеуге және шлақтың азаюын алуға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде жылу мен металдардың жоғалуын азайтуға әкеледі [2].

# 1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМ

## 1.1 Мыс концентраттарының электр балқыту үрдісінің технологиясы

Жезқазған мыс балқыту зауыды түсті металлургияның қазіргі заманға сай кәсіпорыны болып табылады. Зауыт құрамына келесі негізгі өндірістер кіреді:

- шахталарды дайындау блогының цехтары (ШДБЦ);
- металлургиялық цех, бөлімше құрамына – электрпештік, конвертерлік және анодтық;
- электролитті цех;
- күкірт қышқылы цехы;
- сирек металдар цехы.

Қайта балқыту зауыд негізіне 50% мыстан тұратын штейн алу үшін алдын-ала ұсақталған шихтаны электрбалқыту негізделген.

Электрбалқытудың негізгі артықшылығы шлак қорытындысының тұйықталған көлемінде жылу концентрациясының жоғары дәрежеге жетуі.

Электротермия кезінде отынды жағу үшін пешке ауа беру қажеттілігі жоқ, сондықтан балқыту үрдісінде біршама жоғары дәрежеде күкірт ангидридін құрайтын газдар аз мөлшерде түзіледі (шағылыстыру пешінің газдарымен салыстырғанда), өз кезегінде шығын газдармен жылу жоғалтуды төмендетеді және оларды күкірт қышқылын өндіруде қолдануға мүмкіндік береді. Пештің нейтрал атмосферасы сульфидтердің қышқылдануына тосқауыл қояды және балқыту кезінде десульфиризациялау дәрежесін төмендетеді. Бұл негізгі материалдардың күкіртін сақтап қалу керектігі және оны штейнге қосу жағдайында маңызды мәнге ие [2].

«Қазақмыс» мыс зауытының электропешті бөлімі шихтаны жүктеуге, балқыту өнімін шығаруға, газдарды шығаруға мен дөрекі тазалауға арналған құрылғылары бар екі кендітермиялық пештен тұрады. Сонымен қатар электропешті бөлім кешенінің құрамына кіреді:

- гидрожүйелі және орындаушы механизациялары бар насосы-аккумуляторлы бекет;
- электропеш пен қорғаныс жүйесін басқару және жабдықтар мен орындаушы механизацияларды дистанционды басқару пульті;
- насосы жұмсартылған су;
- пайдасыз шлакты ағызуға арналған шлакоотвал.

Шихтаны дайындайтын цех блоктарынан бөлініп алынған мысты құрайтын шихтаны пластикалық конвейер арқылы металлургиялық цехқа келіп түседі, ары қарай электропешті бөлімнен 29000мм қашықтықта орналасқан көлемі әрқайсысы 116м<sup>3</sup> болатын басты бункерлерге түседі. Олардан басқа бөлімде электропешке әртүрлі шихталаушы материалдар (известняк, пирит, коксик, доброленный оборот) беріп отыруға арналған қосымша бункерлер орнатылған. Бұл бункерлердің көлемі 24м<sup>3</sup>.

Шихта ПЭВ 200-ПТИ модельді электродіріл қоректендіргіштермен (әрбір бункерде екі данадан) басты бункерлерден шихтаны электропеш бойымен әрбір жағына 12 данадан орналасқан арнайы арналар арқылы пешке төгетін конвейерлерге беріледі. Шихтаны электропешке жүктеу штейндік және шлақтық торецте орналасқан екі шеткері арналардан басқа барлық жүктеу арналары бойынша шлақтың ертіндісіне байланысты бірқалыпты жүргізіледі. Шеткері арналар учаске немесе цех басшылығының арнайы нұсқауы бойынша жүктеледі. Арналарды жүктеу және пешке шихтаны беру шлак ертіндісінің ашылуын болдырмай отырып (пеш күмбезіндегі температуралық датчиктер сигнализациясы бойынша) оның балқу мөлшеріне байланысты жүргізіледі. Шихтамен жабдықталуының тоқтап қалған кезінде бұл ақаулардың алдын алу және шлак ертіндісіне шихтаның түсуін қамтамасыздандыру шаралары дереу жүргізіледі.

Кендітермиялық электропештерде электродтар ертіндіге 500-8000мм тереңдікке батырылады. Балқытылған шихта электр энергиясын жылу энергиясына түрлендіру есебінен түзіледі. Бұл кезде жылудың 60 пайызға жуығы маңайында температура 1500<sup>0</sup>С болатын «электродшлак» өту контактысында электропровод бетінде бөлінеді, ал қалған жылу бөлігі – ваннадағы электрод астындағы шлак қабатында.

Қатты шихтаға қарағанда электр пешке темір және кремнезем құрайтын флюс ретінде обезмеждеу мақсатында конвертерлі шлак құяды. Шлақты құю көлемі 3м<sup>2</sup> шөміші бар көпірлік кран көмегімен пештің кесілген штейндік жағында орнатылған науа жиындары тесігі арқылы жүргізіледі.

## **1.2 Пеш сипаттамасы**

Жезқазған мыс зауытында орнатылған РПЗ-33-ШНО2 типті электропештер – үшфазалы, алтыэлектродты, тікбұрышты, ауданы 168м<sup>2</sup>. Пештің шлақты белдеу ауданының шеткері желілерінің ішкі футеровкасы жоғары тығыздықты магнезитті отқа төзімді материалдардан, арна қабырғалары переклазоштейномысты кірпіштен, сырты шамотты кірпіштен жасалған. Пеш футеровкасының қызмет ету уақытын жоғарлату үшін қабырғаға шлақты белдеу биіктігінде болатты жылан түтікшелері бар латуннан құйылған су салқындатқыш кессондар (тоңазытқыштар) орналастырылған.

Пеш күмбезі шамот кірпішімен төселген. Электродтарға арналған тесіктер, конвертті шлакті құю арналары ыстыққа төзімді бетоннан жасалған. Пештің отқа төзімді қабырға бөлімі бір қабаты магнезитті кірпіштен, екі қабаты магнезитті-хромитті кірпіштен жасалған және бетонды жастық үстінде салынған. Пеш жастығы салқындатылып отырылады, ол үшін бетонды жастықта вентилятордан ауа келетін каналдар бар. Электропештің барлық футеровкасы болат каркаспен қапталған [4].

Пештің конвертті пролетке қаратылған торец қабырғасында штейнді шығаруға арналған 4 шпуралы құрылғылар бар. Қарама-қарсы торецте – шлакты шығаруға арналған 3 шпуралы құрылғы.

Шихтаны балқыту трансформаторлы бөлімде орналасқан әрқайсысының қуаты 16667кВт ЭОНН-25000/35 үш бірфазалы трансформатордан келіп түсетін электр энергиясы қорынан бөлінетін жылу есебінен іске асырылады. Трансформатордан электродтарға ток беру сумен салқындатылатын қысқа желілер деп аталатын мыс құбырлары пакетімен және ары қарай иілгіш мыс шлейфтері мен электродтардың түйіндесу беттеріне жалғанған ток өткізгіш трубкалар арқылы іске асырылады.

Қысқа желі, түйіндесу беті мен электродтардың жылжымалы титанды нығыздамалары жоғары температуралық жағдайда жұмыс істейді және өндірістік сулармен салқындатылатын пештердің сумен салқындатылатын басқа элементтеріне қарағанда жұмсартылған судың жеке циркуляциялық жүйесіне жалғанған.

Барлық алты электродтар электр тізбегінде жұптаса жұмыс істейді 1-2, 3-4, 5-6 бірфазалы трансформатордың электродтары сәйкесінше 1, 2, 3.

Әрбір трансформатордың өзі қызып кететін электродтардың 23 сатысына ие. Насосты-аккумуляторлы станциядан электрогидравликалық реттегіш арқылы іске асатын электродтардың күрт төмендеуі болады. Жанып кеткен электродтардың санын көбейту үшін электродтардың секциясы және оған электродты массаны жүктеу қарастырылған.

Штейнді пештен конвертерлі пролетте орнатылған көлемі 8м<sup>3</sup> ожаудағы 4 шпуралардың біреуі арқылы науамен шығарады және конвертерлерге көпірлік крандар арқылы тасымалданады. Штейндік шпураларды не оттегімен күйдіру арқылы, не штейнді шығарғанда 10-15 минуттан артық емес қысқамерзімді үзілістен кейін арнайы сындырғышмен жару арқылы ашады. Штейнді шпураларды саз пробкамен пневмопритычка көмегімен жабады. Штейнді шығару конвертерлердің қажеттілігі мен оның пештегі көлеміне байланысты өндіреді. Пеште штейн мөлшері 800мм болған жағдайда штейн ваннасын апаттық деп қарастырады және штейнді пештен ағып кету мүмкіндігіне қарсы шаралар қолданады. Шлакты пештен сумен салқындатылатын болат науа бойынша үш шпуралардың біреуі арқылы көлемі 16,5м<sup>3</sup> шлак тасушы ыдысқа аударылады және теміржол тепловозымен пайдасыз жынысты әкетеді. Шлакты шпураларды штейнді шпуралар сияқты оттегіні қолдану арқылы жарады. Шлак шпураларын штейіндегі сияқты болат сындырғышты енгізу арқылы жабады. Пайдасыз шлакты шығару оның пеште жиналуына және шлакты ожаудағы мөлшеріне байланысты периодты түрде жүргізіліп отырады. Ожау толғанда электромеханикалық құрылғы көмегімен бұрылады және шлак үйіндіге төгіледі.

Газдар пеш күмбездіндегі бір тесіктен жеке қозғалыстағы бағана бойынша шаң камерасына (сол және оң) келіп түседі, олардан циклоптарға және ары қарай кірісінде өнімділігі 40 мың нм<sup>3</sup>/сағ екі эксгаустер орнатылған жылдам газходқа бағытталады. Содан кейін газдар жинақтаушы коллекторға жіберіледі. Ол жерде конвертер газдарымен араластырылады және жалғаушы коллектор арқылы лас



газ коллекторына келіп түседі. Ол жерден тазалауға құрғақ электросүзгілерге және ары қарай күкірт қышқылын өндіруге жіберіледі. Күкірт ангидридiнiң технологиялық газдардағы үлесі 0,5%-дан 2,5%-ға дейін [7].

Жезқазған мыс балқыту зауыты түсті металлургияның қазіргі заманғы талаптарына сай құрылған кәсіпорын болып табылады. Зауытқұрамына келесі негізгі өндірістер жатады:

- шихтаны даярлау цехтарының блогы (ШДЦП);
- металлургиялық цех, цех құрамына – электр пештері, конвертерлер және анод өнімдерін қорытатын бөлімшелер;
- электролиттер цехы;
- бағалы металдар цехы.

Зауыттың негізгі балқыту үрдісі есебінде құрамында 50 – не дейін мыс бар штейнді алуға арналған алдын – ала ұсақталған шихтадан электр балқыту үрдісі енеді.

Электрмен балқытудың негізгі ерекшелігі жылу бөліну жүргізетін шлақты қорытпаның тұйықталған көлемінде жылудың жоғарғы дәрежелі шоғырымен қорытындыланады және ондықтан үрдісті өзінің едәуір жылуы тиімділігімен өте икемді және оперативті басқаруын қамтамасыз ететін жоғарғы температураға жылдам жетуімен қорытындыланады. Электротермия кезінде пешке отынды жағу үшін ауа беру қажеттілігі болмайды. Сондықтан балқыту үрдісінде бөлініп шығатын газды жылу шығынын төмендететін және оларды күкірт қышқылымен өндіру үшін қолданылатын жоғарғы құрамды күкіртті ангидридке (шағылысу пеш газдармен салыстырғанда) қатысты газдар өте көп бөлінеді. Пештің нейтралды атмосферасы сульфидтардың тотығуына кедергі жасайды және алғашқы материалдардың күкіртін сақтап, оларды штейнде шоғырлануға шығаруға икемді жағдайда тудырып балқыма кезіндегі мәні мақсаты десульфуризация дәрежесін төмендетеді.

ЖТМАҚ мыс зауытының электр пеш бөлімі шихтаны жүктеу, балқыма өнімдерін шығару, газдарды бөліп шығарып, дөректі тазалау үшін арналған қондырғылы екі кедітермиялық пештерден тұрады. Электрлі пеш бөлімінің кешеніне сонымен қатар мыналар жатады:

- гидрожүйелі және орындаушы механикалы насосы аккумуляторлы станция;
- электрлі пешті қорғасын жүйесімен басқарумен жабдықтармен орындаушы механизацияны ара қашықтықта басқару пульті;
- жұмсартылған судың насосы;
- бөліп шыққан шлақты құю үшін шлақтың бөлінуі;

Құрамында мысы бар шихтаны даярлау цех блогынан (ШДЦБ) пластинкалы конвеер көмегімен металлургия цехына және әрі қарай электрлі пеш бөлімінің 29000 мм биіктігіне орналасқан, сыйымдылығы 116 м<sup>3</sup> басты бункерлерге (пештің екі жағы бойымен) берді. Одан бөлек бөлімшелерде электрпештерге әртүрлі шихтамен бірге өндірілетін металдар (известь, пирит, коксик, ұсақталған айналым) үшін қосымша бункерлер орналасқан, бұл бункерлердің сыйымдылығы – 24 м.

Шихта моделі 200 – ПИТ (әр бункерде екі данадан) ПЭВ электр вибрациялы қоректендіргішпен басты бункерлерден шихтаны электрлі пештің әр жағының айналасында 12 данадан орналасқан арнайы ағындар арқылы пешке тиейтін пештің екі жағында орналасқан конвеерге беріледі. Шихтаны электрлі пешке жүктелуі штейнді және шлақты торытуда орналасқан шекті ағындарсыз, барлық жүктегіш ағындар бойымен өзінше бірдей ағатын шлақтың балқуымен жүргізіледі, шекті ағындар бөлімшемен цех басқармасының арнайы нұсқауларымен жүктеледі [7].

Ағындардың жүктелуі мен шихтаның пешке берілуі шлақтың балқымасының ашылуын жібермей, оның балқу шарасы бойынша жүргізіледі (пеш аузындағы температурасы датчиктердің сигналдануы бойына). Шихтаның жүрісінің тоқталуын тапқан кезде осы ақауларды жою және шихтаны шлақ балқымасында дұрыс жүруін қамтамасыз ету бойынша шаралары лезде жүргізіледі.

Кендітермиялық электр пештерде электродтар балқыма 500-800 мм-ге тереңдетіледі. Шихтаны балқыту электр энергиясын жылға түрлендіру есебінде болады, осыдан жылудың шамамен 60% температурасы 1500<sup>0</sup>С – ке жететін аумақтағы «электрошлак» беріліс түйісіндегі электродтар бетіне шығады, ал жылудың қалған бөлігі – ваннада электрод астындағы шлақты қабатқа бөлінеді. Шихтаны қыздыру мен балқыту шамасы бойынша штейнді шлақ түрдегі жоғары сульфидтердің бөліну үрдісі алып өтеді.

Сонымен қатар штейн құрамына басқа ауыр түсті металдар сульфидтері, бағалы металдар мен шамалы магнезит енеді.

Ауыр шихта әсерінен электр пешке илеу мақсатында және темір мен кремнийден тұратын флюс ретінде конвертерлі шлақ құяды [10].

### 1.3 Электр энергияның меншікті шығынын есептеу

Меншікті шығын мына формула бойынша анықталады.

$$W = 1,1(g_{\text{бал}} - Q_2 + Q_n - Q_{\text{эл}}) / 860; \text{кВт} \cdot \text{сағ} / \text{Т}$$

Мұнда электр энергияның бөліктегі шығынын табу үшін жылудың бөлініп шығатын газбен шығынын  $Q_2$  электродтардың жану жылуын  $Q_{\text{эл}}$  сыртқы орта жылуының шығынын білу қажет.

Пештің шамалы өлшемдерін анықтау. Электрлі пештің мыс шоғырларын балқыту үшін бөлікті өнімділігі пеш астындағы ауданның квадрат метріне 4,5 тонна құрайды.

Штейнде 160000т мыс алу үшін жылына құрамында  $28,04 \cdot 100 / 59,28 = 47,4\%$   $160000 \cdot 0,74 = 253164\text{т}$  немесе  $25316 \cdot 125,34 / 59,28 = 535283\text{т}$  шихта кезіндегі штейнді қайта өңдеу қажет [4].

Электропештің жылына 340 күн жұмыс істеген кезіндегі тәуліктің өнімділігі  $535283\text{т} / 340 = 1562\text{т} / \text{тәул}$  бір пеште құрайды. Пеш астының ауданы тәуліктің

өнімділігінде  $F_{нод} = 781/4,5 = 168 \text{ м}^2$ . Тік бұрышты түрдегі пеш үшін қатынас  $h/B = 4/1$  болады, яғни  $h = 4B$ , сонда астынғы аудан мына формула бойынша анықталады.

$$F_{нод} = h \cdot B = 4B^2 \quad (1.10)$$

$$B = 168,4 = 7 \text{ м}, \quad h = 168/7 = 24 \text{ м}$$

Қабырғаның орташа қалыңдығы 0,75 м –ге тең деп аламыз.  
Пештің сыртқы өлшемдері:

$$h = 24 + 0,75 \cdot 2 = 25,5 \text{ м}$$

$$B = 7 + 0,75 \cdot 2 = 8,5 \text{ м}$$

$$F_{св.} = 25,5 \cdot 8,5 = 216,75 \text{ м}^2$$

Пештің орташа температураларын аламыз, ванна деңгейіндегі қабырға  $600^{\circ}$ , газды кеңістікте  $600^{\circ}$ . Пештегі ашық тесіктердің ауданының күмбез ауданын екі процентке тең деп аламыз, әрі қарай  $216,75 \cdot 0,02 = 4,34 \text{ м}^2$ . Пеш футеровкасын келесідегідей аламыз. Ванна деңгейіне қабырға: ішкі беті – магнезит 580 мм, сыртынан шамот 230 мм. Ванна деңгейінен жоғары қабырға барлық қалыңдықта шамот 700 мм. Пеш астынан күмбезге дейін 4 метр, ванна тереңдігін 2,3 метр деп аламыз [8].

## 2 АРНАЙЫ БӨЛІМ

### 2.1 Мыс концентраттарының электрбалқытуын басқару объектісі ретінде қысқаша сипаттамасы

Электрбалқыту үрдісі келесі бөлімдерде үрдістің өтуін айтарлықтай түрде анықтайтын мыстың пирометаллургиялық өндірісінің технологиялық тізбегінің маңызды бөлімі болып табылады. Энергия сыйымдылықтың басқа қайта өңдеулермен салыстырғанда мыс шығының шлакпен және көп қайтымсыздығы берілген процестің мыс балқыту өндірісінің технико-экономикалық шарттарына тигізетін айтарлықтай әсерін негіздейді. Электрбалқытудың кірістік материалы ретінде химиялық, минерологиялық, гранометриялық құрамымен, ылғалдылықпен және т.б. сипатталатын түйіршіктелген шихта болады.

Шихта балқытудің соңғы өнімінің сипаттамасы көзқарасынан рационалды пропорцияда концентраттардың, флюстердің және сыртқы материалдардың қоспасын көрсетеді. Қазіргі уақытта Жезқазған ГМК мыс балқыту зауытында шихталатын материалдарды араластыру штабельді шихтарниктен іске асады, ал ол жерден түйіршіктелуге барады және әрі қарай электр пештерге түседі.

Құрамында 25-30% мыс, 6-9% темір, 25-30% кремнийдің екі тотығынан, 3-6% кальций тотығынан, 11-14% күкірттен тұратын түйіршіктелген кептірілген шихта пештің негізгі және қосымша бункерлеріне тиіледі. Ол арқылы материалдың ағуы арқылы электрод айналасында шихтаның құламасын қалыптастырып пеш ваннасына келіп түседі.

Электр пеш ваннасына қайта өңделетін материал ретінде уақыт аралық құрамында мыс, темір, екі тотықты кремний болумен сипатталатын, негізінде шлақтың қалыптасу процесіне әсер ететін және пеш табанына магнетитті настылдердің көзі болып табылатын конверторлы сұйық шлак араластырылады. Пештегі ерітінді 50-55% мыстан тұратын штейнге жіберіледі және келесі құрамды ысыру шлагына  $\text{SiO}_2$ -50-55%,  $\text{CaO}$ -14-21%,  $\text{Fe}$ -10-15% жіберіледі.

Штейнді шығын пеш шпуралары арқылы конверторлы бөлімнің қажеттілігі және балқыту шегі бойынша іске асырылады. Ысыру шлактары шлақтың белгілі бір деңгейін ұстап тұру және жиналу шегі бойынша шлак жүргізетін тостағанға жіберіледі. Балқытудың жылулық және технологиялық режиміне байланысты ысыру шлагымен шихтаның 1% мысы жоғалтылады. Зерттеулер мыстың ығыстыру шлактарына ерітілген жағдайда және механикалық өлшеу формасында болатын және осы кезде оның концентрациясының оның химиялық құрамымен, штейндегі мыс құрамымен, жұмысты ұйымдастырумен анықталатынын көрсетті.

Пештің электр энергиясымен қоректенуі пеш электродына түсетін жоғарғы кернеулі токты (35000В) төменгі кернеулі жұмыс тогына (500В дейін) түрлендіретін үш бір фазалы трансформатордан іске асады [11].

Электротермиялық пештердің бар классификациясы бойынша мыс концентраттарының электр ерітіндісі көп шлакты процестерге жатады.

Қалың шлакты қабаты бар электротермиялық пештер электр энергиясы шлакты қабатта жылу энергиясына түрленетін жылулық ванналар ретінде қарастырылады. Электр энергиясын пешке жеткізу шлакты қабатқа салынған электродтар арқылы іске асады. Электродты аумақта бөлінетін қуат мөлшері әртүрлі мәліметтер бойынша 50-80% дейін өзгеру мүмкін. Ваннадағы ток екі бағытта ағады – электродтар арасында, сонымен қатар электродтар және пеш подинасы арасында.

Бірінші жағдайда токтың ағу бөлігі аз, себебі электродтар арасындағы электрлік кедергі электрод кедергісіне қарағанда айтарлықтай үлкен. Негізгі жылу бөліну аумағы электродтың екі диаметріне дейін қашықтықта орналасқан, оның нәтижесінде пештің температуралық өрісі біркелкі емес. Электродты аумақтарда монета температуралары 1700-1800<sup>0</sup>С дейін, қабырғада және электрод астындағы аумақта 1250-1350<sup>0</sup>С дейін жетеді. Электродтар астында изотермиялық аумақты бөліп шығаруға болады. Температуралық аумақтың теңсіздігі ерітінді тығыздығының теңсіздігін негіздейді. Бұл 1-2м/с жылдамдықпен электродтың ену тереңдігінде ваннаның жоғарғы бөліктерінде орналасқан тұйықталған траектория бойынша шлактың конвекторлы қозғалысын тудырады. Шихта ваннасындағы массивтер қыздырылған шлактың конвективті ағынмен қалқиды. Электрод маңайындағы шлактың конвективті қозғалысы пеш қуатын көбейту және электродтарды тереңдету кезінде қарқынды болады [8].

Жұмыстарда физикалық модельдеу әдісімен алынған электр пешінің температуралық және электр өрістерін тарату суреті келтірілген.

Электрлік және температуралық өрістерді салыстыру келесі тұжырымды береді: температуралық өріс өз сипаты бойынша электрлік өрістен қатаң ерекшеленеді. Салыстырмалы электр қуатының электрод жанындағы өрісі тік және радиалды бағытта біркелкі емес. Көбірек салыстырмалы электрлік қуат аумағы электродқа жақын орналастырылады, ол басқа зерттеулермен дәлелденеді. Біркелкі емес тік сипаты электродтардың тереңдетілуі және шлакты ванна биіктігіне байланысты өзгереді. Температуралық өріс көлденең және бойлық бағыттарда біркелкі және электрод астындағы қабаттарда тек тік бағыттарда ғана өзгереді. Ванналарда температураларды теңестіру интенсивті, конвективті жылу алмасумен түсіндіріледі.

Шлактардың физикалық қасиетінің өзгеруі температуралық өріс сипаттамасының өзгеруіне әсер етеді.

Жұмыста ұсынылған токты тарату суреті басқа авторлар мәліметтерімен жақсы үйлеседі.

Жақындалған модельдеу әдісімен алынған электротермиялық пештер сипаттамасын толығымен дұрыс деп есептеуге болмайды, себебі жылулық,

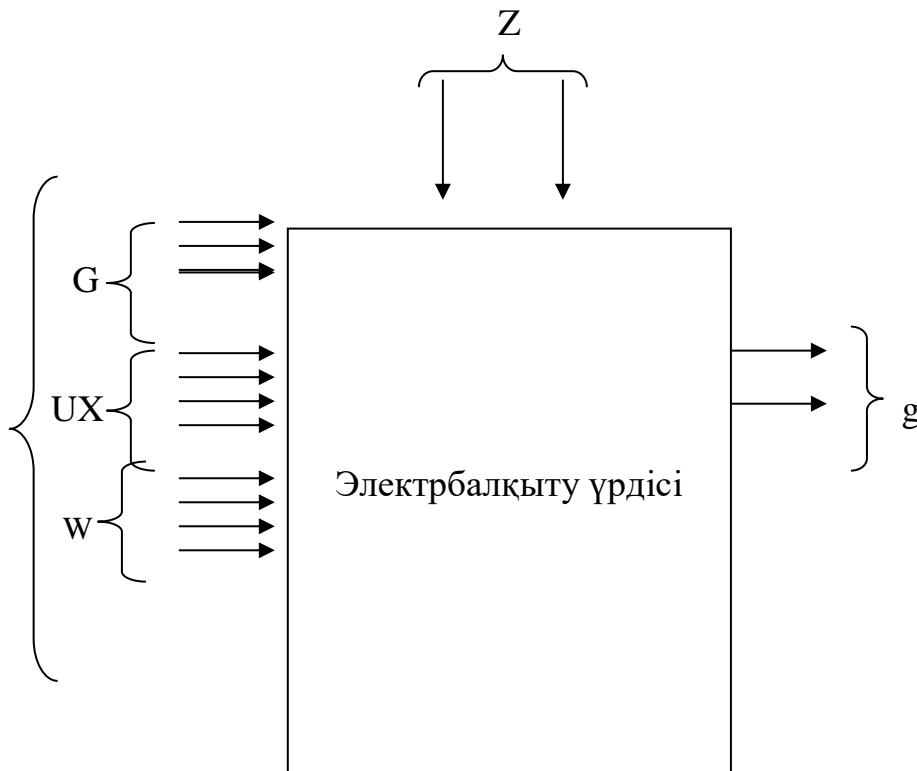
гидродинамикалық және электродинамикалық ұқсастықтың шарттары толығымен сақталмады.

Электротермиялық пештердің маңызды сипаттамасы ретінде пештің бір электродқа кедергісі және электромагнитті және конвективті күштер әсерімен ерітіндіні араластыру өнімділігі сияқты үрдістер көрсеткіштері болады.

## 2.2 Басқару тапсырмаларын құру

Кендітермиялық электрбалқыту және электр пешінің үрдісін сипаттау басқару объектісі сияқты берілген технологиялық үрдістің келесі ерекшеліктерін белгілеуге мүмкіндік береді [19].

1. Электрбалқыту үрдісінің материалды ағыны ретінде үздіксіз келіп түсетін отын және шихта, периодты түрде тиелетін конверторлы шлак болады, ал шығыстық периодты ретінде құйылатын штейн және ысыру шлагы болады. Бірақ, шлакты ваннаның айтарлықтай көлемі, шихтаны еріту және шлак қалыпташу үрдістерінің үздіксіздігі электрбалқытуды үздіксіз объектілер қатарына әкелуге мүмкіндік береді.



2.1 Сурет - Электрбалқыту үрдісінің кірістік және шығыстық айнаымалыларының сұлбасы

2. Электрбалқыту үрдісінің ағуын сипаттайтын және анықтайтын көрсеткіштерінің әртүрлі физикалық табиғаттары бар: G материалдық және W

энергетикалық,  $g$  ағындарының шығыны,  $X$  химиялық құрамы, температура, технико-экономикалық көрсеткіштер. Олар басқару объектілерінің кірістік немесе шығыстық айнымалылар,  $U$  басқарылатын және  $Z$  басқарылмайтын, үздіксіз басқарылатын, дискретті немесе бақыланбайтын және т.б. қатарына қосуға болады. Осылайша электротермиялық балқыту көпшаралы басқару объектісі ретінде болады.

3. Пеш ваннасының үлкен көлемі, шихта қоректендіргіш бункерлердің айтарлықтай сыйымдылығы балқыту үрдісінің инерциялығын шарттайды.

4. Балқыту үрдісіне біршама баяу өзгеретін басқарылмайтын факторлар әсер етеді – агрегаттың нашарлауы, шикізаттың минералдық құрамының дрейфі.

5. Бақыланбайтын айнымалылардың, айнымалылар қатарын бақылаудың дискретті сипаты, бақылау каналдарында ақаудың үлкен деңгейі үрдіс туралы ақпараттың толық болмауына әкеліп соғады.

6. Электр пештің айтарлықтай геометриялық өлшемдері салдарынан шихтаны балқыту үрдісі пештің көлденең кесілуі бойынша таратылған. Үрдістің кеңістіктік таратылуы және транспортерлермен басқа қосымша агрегаттардың болуы берілген объект каналы бойынша айтарлықтай кешігудің болуын көрсетеді [11].

### **2.3 Мыс концентраттарының электрбалқыту үрдісін басқару практикасы**

Электропешті бөлімнің негізгі тапсырмасы ретінде штейнді шығару және өнімнің берілген сапа көрсеткіштері, үрдістің жақсы технико-экономикалық көрсеткіштері қамтамасыз ету кезінде шикізатты өңдеу бойынша тәуліктік жоспарды орындау болып табылады.

Қалыптасқан өндірістік жағдайдан және технологиялық жүйе үрдістерін жүргізу шарттарынан электрбалқытуды басқару технологиялық және энергетикалық режимдерге талаптарды формалаудан, осы талаптарға жауап беретін режимдерді таңдаудан және оларды іске асырудан тұрады.

Қазіргі уақытта электрбалқыту үрдісін басқару технологпен және ауысым оператормен орындалады және ысыру шлагы және электр энергиясының салыстырмалы шығыны бар мыс шығынының көлемі бойынша шектеулерді орындау кезінде көлем және сапа бойынша берілген сипаттамалары бар штейнді шығаруды қамтамасыз ететін балқытудың энергетикалық және технологиялық режимдерін іске асыруға және таңдауға әкелінеді. Ерітілетін штейн көлемі бойынша талаптар мысты шығару және келесі технологиялық қайта балқытулар өнімділігі бойынша жоспарлық тапсырмадан анықталады. Балқыту өнімдерінің химиялық құрамына талаптарды формалау қабылданған металлургиялық есептеу әдістемелерін және кәсіпорын жұмысының тәжірибесін ескере отырып орындалады.

Штейн құрамына қойылатын негізгі талап ретінде оның құрамында мыс пен күкірттің болуы болады. Шлак балқыту температурасы салыстырмалы салмақ,

тұтқырлық, шихта салмағынан үлесі бойынша белгілі бір шарттарды қанағаттандыру керек.

Электрбалқыту кезінде десульфаризациялау және мысты шихтадан штейнге шығару деңгейімен сұраулар қоя отырып технолог балқыту өнімінің берілген сапалық және көлемдік сипаттамасы үшін балансты қатынастар негізінде шихтаның және шихта астындағы материалдарды өңдеуді регламенттейтін тәуліктік жоспар-тапсырмаларды формалауды іске асырады.

Пештің электрлік режимін басқару ауысым шеберлерімен орындалады, олар пештің жылулық жағдайын бағалай отырып бақылаушы-өлшеуші құралдар анализі жолымен және өз тәжірибесіне сүйене отырып, пештің жалпы электрлі қуатын орнату және электр энергиясын пеш фазасы бойынша тарату бойынша шешім қабылдайды.

Пештің электрлік режимін іске асыру электр пештің қуатын автоматты реттеудің сай локальды жүйесі көмегімен іске асырылады.

Шихта құрамы бойынша таңдалған технологиялық режимді іске асыру штабельді шихтарникте шихталанатын материалдар қатарын араластырумен және оларды жоспар-тапсырмаға сай қайта өңдеумен іске асырылады.

Кірістік және шығыстық айнымалылардың үлкен көлемінің болуы, үрдіс инерциялығы, стационарлық емес электрбалқытумен басқаруды қиындатады және бар практика кезінде айнымалылардың берілген технологиялық процестен ауытқуын басқаруға әкеледі: штейннің химиялық құрамының ауытқуына, ысыру шлактары бар мыс шығынының ұлғаюы, пештің электр режимінің бұзылуы және энергия шығынының көбеюі.

Электрбалқыту үрдісі үшін шихтаны есептеу кең таралған әдіске сай орындалады және десульфаризация дәрежесінің қабылданған көлемін, қабылданған көлеміне, мысты шихтадан штейнге беру деңгейіне, ысыру шлагында шлаг қалыптастырушының болуына сүйенеді. Бірақ берілген көрсеткіштер тұрақты ретінде болмайды және ертіндінің ағуы шартына байланысты айтарлықтай өзгереді. Агрегат параметрлерінің дрейфі, шихтаның минерологиялық және гранулометриялық құрамының дрейфі, конверторлар шлаг ауытқуы, пештің әртүрлі учаскелеріне электр энергиясының енгізілуі әркелкі болуы ертінді өнімінің құрамының есептіден айтарлықтай ерекшеленуіне әкеп соғады [12].

Шихтаның берілген құрамын іске асыру шихталанатын материалдардың химиялық құрамының дрейфінен қиындатылған, сонымен қатар зерттеулер көрсеткендей дозалайтын аппаратура жұмысының дәл болмауы және шихтаның шихтаны орталандыру әдісінің толығымен дамымауы салынатын штабельдің химиялық құрамы бойынша теңсіздіктер тудырады. Осыған байланысты 2-4 тәулік аралығында созылатын штабельді жасау кезінде түйіршектелген шихтаның құрамының ауытқуы орындалады және басқарудың кіші интервалында түйіршіктердің химиялық құрамы штабель бойынша орташа тиімдіден айтарлықтай ауытқиды.



Бұл жағдайларда берілген құрамның штейнді балқыту бойынша тәуліктік жоспар-тапсырмасы айтарлықтай шығынмен орындалады, ол ерітіндінің енгізілу көрсеткіштерінің төмендеуіне әкеп соғады.

Электрбалқыту үрдісін енгізудің практикасының кемшілігі ретінде электрлік режиммен басқару бойынша ауысым операторлар санын және шихта құрамын таңдау бойынша технологтармен қабылданатын шешімдердің келісілмегендігі болып табылады, бірақ шихтаны еріту және шлақтың қалыптасуы тең дәрежеде шихта құрамымен және пеш фазалары бойынша электр энергиясының таратылуымен анықталады.

Практика көрсеткендей электр пештерінің энергетикалық режимін автоматтандыру жүйесі электр энергиясының қайта шығындалу жағдайын шектемейді. Автоматтандырылған жүйенің жеткіліксіз жоғарғы тиімділігі оларды жасау кезінде шихтаны ерітудің кеңістіктік таратылу фактісі ескерілмеумен, таратылған бақылау әдісінің қолданылмауымен, реттегіштерді таңдау кезеңінде агрегат сипаттамасының дрейфін есепке алуының болмаумен байланысты.

Электрбалқытудың технологиялық үрдісін басқару мыс өнімін тиімді жоғарлату бойынша агрегаттың потенциалды мүмкіндіктерін қолдануға рұқсат етпейді және негізгі технико-экономикалық көрсеткіштерінің жоспарлық мәндеріне жетуді қамтамасыз ететіні анық.

Жоғарғы экономикалық эффектін алуға мүмкіндік жасайтын мыс балқыту өндірісінің үлкен масштабтылығы шихтаны дайындау және электрбалқыту үрдістерінің технико-экономикалық көрсеткіштерінің азғантай пайыздық қатынаста жақсару кезінде берілген үрдістерді басқару үшін ЭЕМ қолдану мақсаттылығын қамтамасыз етеді.

## **2.4 Жобаланушы ТҮАБЖ мақсаты және бағыты**

Технологиялық аппаратты басқаратын жобаланушы ТҮАБЖ бағыты бақылауды, басқаруды, технологиялық үрдіс параметрлерін қамтамасыз етуден және аппараттың энергетикалық, температуралық режимдерін бақылау үшін жасалған бар автоматтандырылған жүйені ауыстырудан тұрады.

Қайтадан жобаланушы ТҮАБЖ мыс концентраттарын электрбалқытуды басқару және бақылау үшін арналған. Жобаланушы ТҮАБЖ Simens фирмасының TP-170 визуализациялау панелі бар S7-316 контроллерін қосатын оператордың автоматтандырылған орнынан формаланады [16].

ТҮАБЖ мақсаты берілген көлемді, сапаны, өнімділігінің жоғарғы тиімділігі бар мыс штейнінің номенклатурасын алудан тұрады. Басқару тапсырмаларын шешу үрдісті тиімді режимде келесілер есебінде жүргізуді қамтамасыз ететін ТҮАБЖ жасауды қарастырады:

- өлшеу дәлділігін жоғарлату және температура, тиеленген шихта салмағының, электродтың тура жағдайы және т.б. параметрлерінің мәліметтерін көрсету;
- температураны автоматты реттеудің сапасын жоғарлату;

- негізгі технологиялық айнымалыларды тұрақтандыру;
- технологиялық режимнің ағымдық мәні туралы ақпаратты архивтеу және өңдеу;
- үрдіс жүрісін құжаттандыру.

## **2.5 ТҮАБЖ құрылымын таңдау және функциялары**

ТҮАБЖ технологиялық электробалқытуды басқару үшін арналған. ТҮАБЖ функцияларына келесілер кіреді:

1. Пеш температурасын автоматты бақылау.
2. Шихтаның пешке берілуін автоматты түрде бақылау және реттеу.
3. Пеш электродтарында кернеу мен тоқты автоматты түрде бақылау.
4. Температуралық және энергетикалық режимдерді тіркеу.
5. Температуралық және энергетикалық бұзуларын тіркеу.
6. Ауысымдық рапорт және үрдістің бітуі бойынша режимдік картаны формалау.
7. Қондырғылар мен параметрлердің ағымдық мәндері бар пеш мнемосхемасын бейнелеу.

Пештің технологиялық режимін жинау өңдеу және кейінде басқару үшін жоғарғы сенімділікке ие S7-316 контроллерін таңдау тиімді болады [17].

Визуалдау станциясы локалды есептеу жүйесімен біріктіріледі және HL-R2500 басып шығарушы қондырғысы бар барлық қайта балқытуларға оператордың бір станциясы қолданылатын жоғарғы деңгейге шығады.

ТҮАБЖ электробалқыту ұйымдық құрылымы негізіне деңгейлер арасында функцияларды бөлудің иерархиялық принцип қойылған:

- бірінші деңгей – учаске операторы;
- екінші деңгей – басқарудың локалды пунктiнiң оператор-технологы.

Цех операторы учаскiнiң негiзгi ұйымдастырушысы болып табылады, ол жалпы басқаруды және учаскi жұмысын бақылауды орындайды.

Басқарудың локалды пунктiнiң оператор-технологы келесi функцияларды орындайды:

1. Технологиялық қондырғы жағдайын бақылау.
2. Технологиялық үрдісті оперативті басқару және бақылау.
3. Технологиялық қондырғыны жергілікті басқару.
4. Апаттық жағдайларда шектеу бойынша жұмыстарды ұйымдастыру.

Басқару критеріі барлық деңгейлерде энергетикалық және материалдық ресурстардың төменгі шығын кезінде үрдіс қондырғысын пайдаланудың апатсыздығы және сапасы.

## **2.6 ТҮАБЖ функционалды құрылымы**

ТҮАБЖ таңдалған құрылымына қарай функциялар келесі түрде болады.

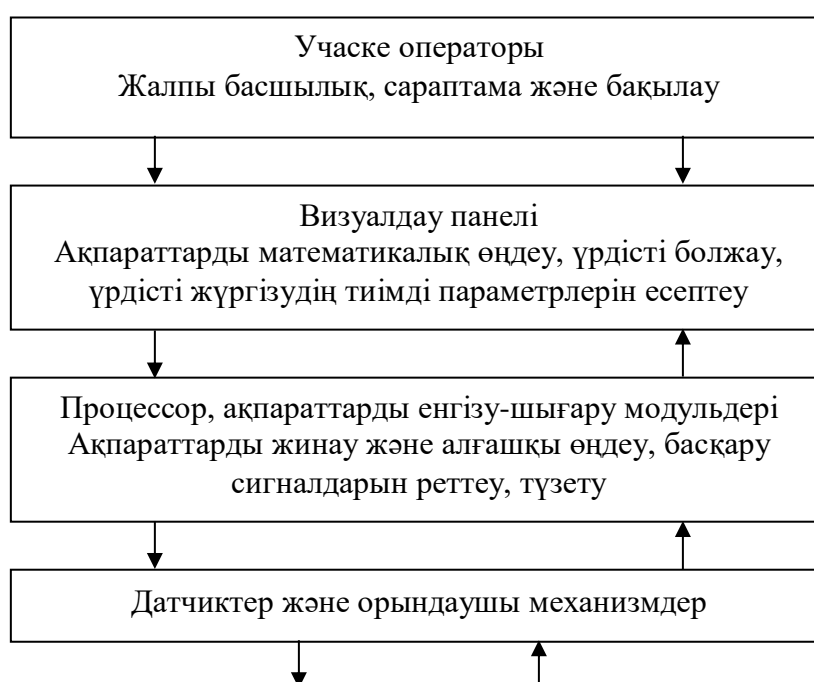
Жинақ, сандық формаға түрленуі бар ақпаратты бірінші ретті өңдеу S7-316 контроллерімен жүргізіледі.

Визуалдау станциясы мәліметтерді ағымдық мәндерді экранда мнемосхема түрінде бейнелеуді қамтамасыз ете отырып үрдіс параметрлерінің ескі файлдар түрінде өзгеруі бойынша формалайды.

Пеш температурасы, энерго режим, циклондарда газды суытуға суды беру туралы мәліметтер, шихтаны беру, сорғыштар және вентиляторлардың қосылғаны туралы ақпарат және т.б. бейнеленетін жерде. Параметрдің ауытқуы кезінде оның түрі өзгереді. Экранның төменгі жағында үрдістегі бұзылулар туралы үш мәтіндік хабарлама үшін орын бөлінеді.

Визуалдау станциясы энерго шығындар бойынша үрдісті енгізуді және бақылаушы қондырғыларын ауыстыруды қамтамасыз етеді, оларға судың тоқтатылғаны туралы сигнал береді. Бұл функциялардың барлығы уақыттың нақты масштабында орындалады.

Ауысым шебері операторының станциясы локальды есептеу желісі бойынша техникалық параметрлер, технологиялық үрдістердің бұзылуы туралы көне файлдарды көшіреді. Осының барлығы ауысым шеберіне пеш және оператор жұмысын бақылауға мүмкіндік жасайды. Ол көне файлдарды қарауды және оларды басып шығарады, технологиялық бұзуларды басып шығару және қарауды қамтамасыз етеді. Үрдіс аяқталғаннан кейін оператор станциясында режимді карта формаланады және басып шығарылады. Ауысым аяғында номерлер және уақыт, аяқталған және басталған үрдістер, технологиялық бұзылулар саны және т.б. көрсетілген ауысымдық рапорттар формаланады. Автоматтандырылған жұмыс орны деңгейінде формаланбайтын мәліметтер пернетақтамен енгізіледі. Функционалды схема құрылымы 2.2-суретте келтірілген [27].



## 2.2 Сурет - Жүйенің функционалды сұлба құрылымы

### 2.7 ТҮАБЖ техникалық әдістерін кешендеу

Технологиялық үрдісті басқарудың жаңа жүйелері оператор-технологтың басқару объектісіне максималды жақындауын қарастырады [19].

Қазіргі уақытта технологиялық үрдісті басқарудың децентраленген жүйелері кең таралған.

1. Технологиялық параметрлерін басқару және өзгеру зияндарын төмендетуге.

2. Басқару жүйесінің сенімділігін жоғарлатуға.

3. Басқару объектісінен оператор пультіне дейін кабель жолдарын жабдықтауға кеткен шығынды шамамен екі-үш есеге төмендетуге мүмкіндік жасайды.

Басқарудың децентраленген жүйесінің негізгі ерекшеліктері келесілер:

- локальды жоғарғы жылдамдықты есептеу желілерінің болуы;

- басқару объектісінен оператор пунктіне дейін (10км дейін) максималды жойылу мүмкін, ол локальды жоғарғы жылдамдықты есептеу желілерін қолданумен шартталған;

- бақылау және басқару пунктері арасында жоғарғы жылдамдықты байланыс жүйесін немесе бөлінген физикалық сызықтарды қолдану.

Технологиялық үрдісті басқарудың жаңа жүйелері жеткілікті түрде жоғарғы тез әрекет етуге, сенімділікке, өлшеу дәлдігіне ие болу керек, ол энергия тасушылардың үнемделуіне ақпараттың, әсіресе оның түрлену және берілу кезінде сақталуына әкеледі. Сонымен қатар технологиялық үрдістің жаңа жүйесінің тағы бір ерекшелігі ретінде жоғарғы сенімді диагностикалық бағдарламаларының болуы болады, ол кез келген берілген уақыт аралығында басқару жүйесінің технологиялық құрылымының жағдайын тиімді бағалауға мүмкіндік жасайды.

Технологиялық үрдісті басқарудың жаңа жүйесінің бұл ерекшеліктері берілген дипломдық жобанда жасалған мыс концентраттарын электрбалқыту үрдісін басқарудың автоматтандырылған жүйесіне жатады.

ТҮАБЖ құрылымының тепе-тең құрылымынан «ТҮАБЖ құрылымын таңдау және функциясы» бөлімінде қарастырылған мақсаттылығынан электрбалқыту үрдісінің ТҮАБЖ техникалық әдістерінің кешені төменгі деңгейлі есептеу техникасының әдістері және құралдарынан және жоғарғы деңгейлі есептеу техникасының әдістерінен тұрады деп есептеуге болады.

Төменгі деңгейде кендітермиялық пешті басқару үшін жоғарғы сенімділігі бар S7-316 контроллері таңдалған. Жоғарғы сенімділікті контроллерді таңдау технологиялық үрдісті шикізат шығысының берілген сапасымен қолмен басқару режимінде сәтті аяқтау мүмкін еместігімен шартталған. Контроллер бұзылған жағдайда сапалы басқаруды жоғалту сапасы төмен мысты алуға әкеп соғу мүмкін [21].

Контроллерлер блогы негізгі CR 700-2F негізгі панельдерінің бірінде және ET-200 кеңейтудің екі панелінде орналасады. Негізгі панельде S7 CPU316 орталық модулі орналасқан, ол жады 376 (16 КБ, CMOS EPROM) модулімен және 6 ES5 PS951 қорек блогымен жинақталған. Бірінші панельде сонымен қатар келесілер болады:

- 6ES7 331-7KF01-0AB0 ұқсас енгізудің үш модулі және пеш температурасын және электродтардағы кернеу және тоқты бақылау үшін 6ES7 331-7PF00-0AB0 біреуі.

- Электродты енгізуді реттеу үшін 6ES7 322-1FF01-0AA0 дискретті нәтижелерінің төрт модулі.

- Кеңейту панелімен алып жүру панелінің байланысы үшін арналған 6ES7 IM 360 интерфейсстің модулі.

Бірінші кеңейту панелінде келесі блоктар құрастырылған:

- ES7 331-7KF01-0AB0 ұқсас енгізудің үш модулі және разрядталу және қысымды, шихтамен берілетін салмақты, суытуға кеткен ауа және су шығының бақылауды іске асыратын 6ES7 331-7PF00-0AB0 біреуі.

- Шихтаны пешке тиеуді басқаруды іске асыратын 6ES7 332-1BH01-0AA0 дискретті нәтижелерінің екі модулі.

- Релейлі реттегіш блогын бақылауды іске асыратын 6ES7 321-1BL00-0A0A0 дискретті енгізудің екі модулі.

- Екінші кеңейту панелімен байланыс үшін арналған IM 361 интерфейссті модулі.

Бірінші кеңейту панелінде келесі блоктар құрастырылған:

- Магнитті жіберуші және релейлі реттегіш блогын бақылауды іске асыратын 6ES7 321-1BL00-0A0A0 дискретті енгізудің екі модулі.

- Реттелуші жапқыш жағдайын бақылауды іске асыратын 6ES7 331-7KF01-0AB0 ұқсас енгізудің төрт модулі.

Панельдегі блоктар үрдісті реттеу және басқарудың негізгі функциялары кеңейту панелінде жиналған етіп таратылған, ол процессорлардың біреуі бұзылған кезде үрдісті аяқтауға және бұзылған процессорды технологиялық үрдісті тоқтатпай ауыстыруға мүмкіндік береді.

Алып жүру панелінің орталықтандырылған процессоры TP-170 визуалдау панелі бар «нүктеден нүктеге» әдісімен жалғанған.

Визуалдау станциясы Profibus-DP локальды есептеу желісімен біріктіріледі және HL-P2500 басып шығару қондырғысымен барлық шекке Core 2 Duo базасында оператордың бір станциясы қолданылатын жоғарғы деңгейге шығады.

Төменгі деңгей құралдарына келесілер жатады [22]:

- Пештегі температураны бақылау үшін қолданылатын ТПР-0492 термоэлектрлік түрлендіргіштер.
  - Газ жүрісінде температураны бақылайтын ТХАС-2288 термобулары.
  - Газдардың суытылу жүйесінде разрядталуды бақылау үшін қолданылатын Метран-43-ДВ разрядталу түрлендіргіштері.
  - Метран 43 ДВ-3231, Метран 43 ДИ-3141, Метран 43 ДИ-3196, Метран 43 ДИ-3163 қысым датчиктері. Олар газ жүрісінде болады, газдардың суытылу жүйесінде ауа және су қысымын өлшейді.
  - Жапқышты реттеу тізбегінде орналатылған ПБР-3А магнитті жібергіші.
  - Газдың суытылу жүйесінде ауа және су шығының өлшейтін Сапфир МД ДД шығын өлшегіші.
  - Жапқыштарды реттеу тізбегінде орналасқан БУ-21релейлі реттегіштің басқару блогы.
  - Тиелетін шихта салмағын өлшеуге арналған ДВСТ-10 автоматты дозалау таразысы.
  - Жапқыштарды реттеу тізбегінде орналасқан ДУП-М жағдайды дистанциялық көрсеткіші.
  - Пеш электродында ток күшін бақылау үшін арналған Е 856 тұрақты тогының өлшегіш түрлендіргіштері.
  - Пеш электродтарында электр энергиясын бақылау үшін арналған Е 849 өлшенетін активті және реактивті қуатты түрлендіргіштер.
  - Конденсаторға берілетін суыту суының құбырында тұрған мембраналы орындаушы механизмі бар реттеуші қақпақ.
  - Вакуумды сымда тұрған мембраналы орындаушы механизмі бар реттеуші қақпақ.
  - Core 2 Duo базасында жоғарғы деңгей оператор станциясымен пештің төрт тобының төменгі деңгейлі визуалдау панелі Profibus – DP желісімен жалғанған.
- Ақпаратты басып шығару үшін оператор станциясына HL-P2500 принтері қосылған.
- Жұмыстық бағдарламаларды жасау үшін монохромды дисплейлі PG 720 программаторы таңдалған, 80486 DX 4/100, 16 мБ RAM, 1,44 GBHP, WIN NT STEP5/ STEP7, MICRO DOS WIN [23].

## **2.8 ТҮАБЖ автоматтандыру схемасының сипаты**

Пеш қабырғаларындағы температура жұмыстық өлшеу диапазоны 300÷1600<sup>0</sup>С бар ТПР-0492 маркалы он екі термоэлектрлік түрлендіргіштермен бақыланады.

Ұқсас сигналдар термобудан S7-316 контроллеріне 6ES7 331-7PF00- 0AB0 ұқсас кірістер блогына түседі. Контроллер алынған сигналды сандыққа түрлендіреді, оларды қондырғылар мәндерімен салыстырады және алынған салыстыру нәтижелер бойынша температураны реттейді. Басқарушы сигнал 6ES7 322-1FF01-0AA0 дискретті шығыстар блогынан түседі, содан кейін сигнал

гидравликалық сымдар жібергіштеріне түседі, олар электродтарды көтеру немесе түсіру арқылы пештегі температураны реттейді.

Электрод жағдайы екі жолмен анықталады:

- Электродтағы кернеуді анализдеу жолымен, сигнал E 856 кернеу және токтың өлшегіш түрлендіргіштерінен 6ES7 331-7KF01-0AB0 енгізудің ұқсас модуліне түседі. Сигнал сандыққа түрленеді және берілгенмен салыстырылады. Берілгені бар салыстырмалы сигналдың үлкен немесе кіші мәндерінде электрод не көтеріледі не төмен түседі.

- Сонымен қатар импульсты деңгей датчигі қолданылады, ол электродтың енгізу тереңдігін өлшеу үшін қолданылады. Сигнал датчиктен электрод енгізілуінің көрсеткішін түрлендіргішке келіп түседі, содан кейін ұқсас енгізу модуліне, сигнал сандыққа түрленеді және анализденеді.

PT-170 (6A V6545-0BA15-2AX0) визуалдау панеліне контроллерден желі бойынша келіп түсетін сигналдар ескі файлдарда формаланады және дисплейге сандық және мнемосхемада түстік ақпарат түрінде шығарылады.

Шығатын газ температурасын бақылау ТХАс-2288 маркалы кедергі термометр, өлшенетін температураның 40-тан 900<sup>0</sup>С жұмыс диапазоны бар 100М градусты көмегімен іске асады. Кедергі термометрінен алынатын сигнал 6ES7 331-7KF01-0AB0 ұқсас енгізу модуліне келіп түседі. Контроллер алынған сигналды сандыққа түрлендіреді, оларды қондырғы мәндерімен салыстырады және алынған нәтижелер бойынша басқарушы сигналды 6ES7 322-1BH01-0AA0 дискретті енгізу модулінен судың және ауаның берілуін реттегішке береді.

Ауа және судың температурасының берілген қатуы желі бойынша контроллерден TP 170 визуалдау панеліне келіп түседі, онда ескі файлдарға формаланады және дисплейге мнемосхемада сандық және түстік ақпарат түрінде шығарылады [25].

Шихтаны пешке тиеуді реттеу 6ES7 322-1BH01-0AA0 дискретті енгізу модулінен қақпашалармен басқару көмегімен орындалады.

Газдық вентиляторлардың қосылғаны немесе өшкені туралы сигнал осы сорғыштардың электрлік схемаларының байланысынан алынады және 6ES7 321-1BL00-0A0A0 дискретті модульге келіп түседі. Контроллер алынған сигналды сандыққа түрлендіреді, оны визуалдау панеліне жібереді және оны дисплейге мнемосхемада ақпарат түрінде шығарады.

## **2.9 Басқару объектілерін теңестіру әдістері**

Кез келген жүйені математикалық әдіспен зерттеу үшін бірінші кезекте математикалық модель тұрғызылуы керек. Математикалық модель объектіде болатын құбылыстарды көрсететін математикалық сипаттың теңдеулер жүйесі ретінде болады, олар үшін модельдеу алгоритмі анықталған. Осы анықтамаға сай математикалық модель оның үш аспектісінің қосындысымен қарастырылады – мағыналық, аналитикалық және есептеу.

Модельдің мағыналық жағы – формаланған суреттеме, модельденетін объектенетін физико-химиялық табиғатының суреттемесін көрсетеді.

Аналитикалық жағы – математикалық суреттеме математика тілінде кейбір теңдіктер жүйесі және модельдің әртүрлі параметрлер арасындағы функционалдық қатынас түрінде формаланған суреттеме формуласы ретінде болады.

Есептеу жағы – модельдеуші алгоритм математикалық модель параметрлерінің мәнін табу үшін математикалық суреттеме теңдіктеріне орындау қажет операциялар тізбектелуі ретінде анықталады, яғни модельдеу үрдісінің мүмкіндігін қамтамасыз ету.

Математикалық модельдер түрлерін әртүрлі көзқараспен топтауға болады [27].

Егер басқару объектілері параметрлері және жағдайлары арасындағы тәуелділікті көрсететін кейбір қатынастарда қарастырсақ келесі екі жағдай туындайды:

- детерминиялық модельдер – осы қатынастарда бірге қарастырған кезде басқару объектілерінің жағдайы берілген уақыт моментінде объекті параметрі, кірістік ақпараттар және бастапқы шарттар арқылы анықталады;

- ықтималдық моделі - көрсетілген қатынастар көмегімен объекті жағдайы үшін ықтималдылықтың таратылуын анықтауға болады, егер бастапқы шарттар, объекті параметрлері және кірістік ақпарат үшін ықтималдылықты тарату берілген болса.

Егер де топтау кезінде математикалық модельге кейінде қолдану әдісінен қарасақ, онда мұндай модельдерді аналитикалық және имитациялыққа бөлуге болады.

Тұрғызылу әдісі бойынша объектіні басқарудың математикалық моделі келесілерге бөлінеді:

1. Аналитикалық модельдер. Математика аппараттарын және физика және химия заңдарын қолдануға негізделген. Негізінде жобалау тапсырмаларын шешу кезінде және объектілерді айнымалылардың өзгеруінің кең диапазонында зерттеу үшін қолданылады.

Мұндай модельдер кірістік және шығыстық айнымалылар арасындағы өзара байланысты көлемдік бағалауға және құрылымын анықтауға мүмкіндік беретін үрдіс құбылысының физико-химиялық негізі туралы априорлы ақпаратты қолдануды ұсынады. Берілген топ модельдері сипатталатын объект қиындығымен және жеткілікті априорлы ақпараттың қажеттілігімен шектеледі.

2. Статистикалық модельдер. Бұл топ модельдері басқару тапсырмаларын шешу кезінде кең қолданысқа ие болды және шарт бойынша тәжірибелік мәліметтердің статистикалық өңделуіне негізделеді. Статистикалық модельдердің құрылымын таңдау гипотетикалық, формалық құрылым тобында үрдістің физико-химиялық заңдылықтарын қолданусыз орындалады. Статистикалық модельдер негізінен айнымалылардың аз ғана өзгеруі бар статистикалық режимде жұмыс істейтін объектілерді сипаттау үшін қолданылады.

3. Қиылыстырылған модельдер. Тәжірибенің рационалды жоспарлануын, тәжірибелік мәліметтердің статистикалық өңделуін және үрдістің физико-



химиялық заңдылықтарын біріктіреді. Басқару тапсырмаларын қиын динамикалық сызықты емес объектілермен шешу кезінде қолданылады, оларға қатысты модель параметрін бағалауға жеткіліксіз, өзара байланысқан айнымалылардың құрылымын бағалауға мүмкіндік беретін, объектіде ағатын, үрдістердің физико-химиялық заңдылықтары туралы априорлық білімнің кейбір көлемі бар.

Бұл жағдайда параметрлерді бағалау объектіден алынатын тәжірибелік мәліметтерді өңдеу нәтижесіне сүйенеді. Қиылыстырылған модельдер түсті металлургияның әртүрлі технологиялық үрдістерін суреттеу кезінде кең қолданысқа ие болды.

Техникалық үрдістердің аналитикалық-статистикалық модельдерінің құрылымы агрегатта материалдық ағынның өзара әрекет етудің гидродинамикалық заңдылықтары масса және жылу алмасу үрдістерінің ағу сипаты және шарттары, заттардың физикалық және химиялық айналуының кинетикасы негізінде анықталады және айнымалылар арасында дифференциалды немесе соңғы байланысы бар технологиялық үрдістің материалдық және жылулық баланстарының теңдеулер жүйесімен орындалады.

Электрбалқыту сияқты қиын объектілерді тиімді басқару және зерттеу тапсырмаларының шешімінің қажет шарттары ретінде үрдістің физикалық айнымалылары арасында көлемдік тәуелділікті сипаттайтын қатынастар жиынтығы түрінде оның математикалық сипатының болуы болады; үрдістің ағу сапасын сипаттайтын технико-экономикалық көрсеткіштермен талдап қорытылған; бақылаудан тыс айнымалылармен және олардың қосымша көрсеткіштерімен, уақыттың дискретті моментінде экстраполирленетін мәндермен сипатталады.

## **2.10 Параметрлік теңестіру тапсырмаларын математикалық түрде қою**

Басқару объектісінің параметрлік теңестірілу тапсырмаларын математикалық қоюды қарастырамыз [28].

2.3-суретте келесілер көрсетілген: модельденуші объект, математикалық модель блогы, есептеу қондырғысы белгіленген:

$E=(E_1, \dots, E_k)$  – объектілердің басқарылмайтын кіріс айнымалылары;

$X=(X_1, \dots, X)^T$  -  $\xi=(\xi_1, \dots, \xi_m)$  кедергісімен өлшенетін объектілердің кірістік айнымалы векторы;

$Y$ -  $\eta$  бөгетімен өлшенетін объектінің кірістік айнымалысы;

$Y_M$ - модельдің кірістік айнымалысы;

$C$ - теңестірілуші параметр;

$F_0, F_M, F$  - объект, модель және теңестіру критериінің сапасының операторлары.

$F_0$  және  $F_M$  операторлары әртүрлі құрылымға ие болғандықтан, олар әртүрлі тілде формалануы және кірістердің әртүрлі сандарына болуы мүмкін, онда операторлар жақындығын анықтау қиын немесе мүмкін емес.

Осыған байланысты операторлар жақындығын олардың бір және сол  $X$  кірістік әсеріне реакциялары бойынша бағалау дұрыс, яғни объект шығысы бойынша  $Y=F_0(X,E)$  және

$$Y_M=F_M(X^I) \quad (2.1)$$

Жалпы жағдайда объект және модель жақындығы  $\rho$  функциясымен бағаланады:

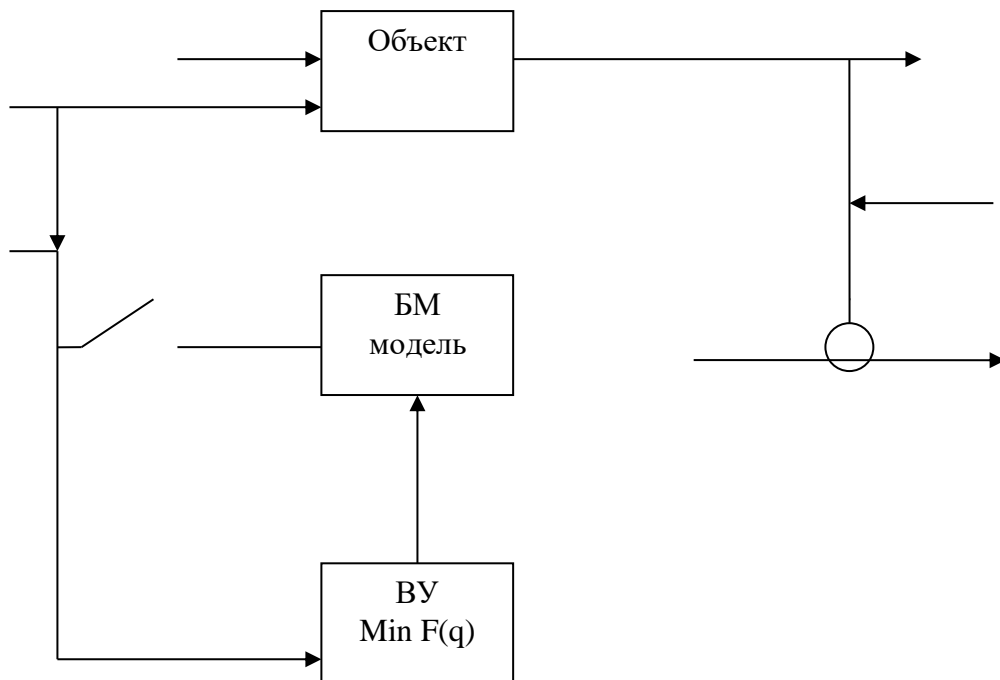
$$q=\rho(Y, Y_M) \quad (2.2)$$

және жақындау шарасының минимумы  $Y$   $Y_M$ -ға  $F_M$  моделінің операторының тиімділігінің критеріі ретінде талаптар қабылданады. Мұндай шара ретінде үздіксіз жағдайда келесі интегралдар бола алады

$$q(F_M) = \int_0^T \rho\{Y, F_M(X)\} dt = \min \quad (2.3)$$

Дискретті жағдайда математикалық күту

$$M\{\rho[y, F_M(X)]\} = \min \quad (2.4)$$



2.3 Сурет - Теңестіру процесін іске асырудың блок-схемасы

Берілген теңдікті орындау үшін байланбау функциясының  $X$  айнымалалардың жазып алынған мәндері кезінде минималды болғаны жеткілікті.  $Y$  және  $\xi[n]$ , мұндағы  $n=1,2,..$  дискретті уақыт.

$$M\{\rho[Y[n], Y_M[n]]/X^I[n]\} = \min \quad (2.5)$$

$$\rho[Y[n], Y_M[n]] = (Y[n] - Y_M[n])^2 \quad (2.6)$$

$F_M$  моделінің операторы объектіні модельмен аппроксимациялау кателігінен орташа квадраттық минимум шартынан табылады. Бұл жағдайда модель теңдігі келесі түрге ие болады

$$Y_M[n] = F_M\{X^I[n]\} = M\{Y[n]/X^I[n]\} \quad (2.7)$$

Объектіні қадағалау уақыты соңғы және модель теңдігін келесі түрде жазамыз

$$Y_M[n] = F_M\{[n]\} = M\{Y[n]/X^I[n], n \in [0, T]\} \quad (2.8)$$

мұндағы,  $T$  - қадағалау интервалының ұзындығын сипаттайтын бүтін сан.

Объектінің кірістік айнымалыларының бір қатарын ескермеу, өлшеу ақауларының әсері және қадағалау интервалының шектелуі тіпті тиімді  $F_M$  кезінде модель және объект шығыстарының арасында толық ұқсастықты алуға мүмкіндік бермейді.

Модельдің объектіге сай болу дәрежесінің көлемдік сипаттамасы ретінде ұқсастықтың дисперсиялы шарасы ұсынылған, ол келесі қатынасты көрсетеді

$$Q_{Y/X}(n, T) = D\{M\{Y[n]/X^I, n \in [0, T]\}/D_Y \quad (2.9)$$

$$D\{M\{Y[n]/X^I, n$$

$$[0, T]\} = M\{[M\{Y[n]/X^I, n \quad (2.10)$$

$$[0, T]\} - M\{Y[n]\}\} = M\{[Y_M[n] - M\{Y[n]\}]^2\},$$

мұндағы,  $D_Y$  – келесі теңдікпен анықталатын  $Y[n]$  ( $n \in [0, T]$ ) шығыстық кездейсоқ айнымалысының дисперсиясы

$$D_Y = D[M\{Y[n]/X^I,$$

$$n \in [0, T]\}] + M\{D\{Y[n]/X^I[n], \quad (2.11)$$

$$n \in [0, \infty]\}\} = M\{(Y_M[n] - M_M)^2\} + M\{(Y^I[n] - Y_M[n])^2\}.$$

(2.11) шартты математикалық күту дисперсиясы шығыстық айнымалының жалпы дисперсиясының  $X(n)$  кездейсоқ ауытқулармен,  $\xi(n)$  өлшеу ақауымен және үрдісті іске асыруды қадағалаудың соңғы интервалымен шақырылған бөлігін сипаттайды [24].

$M\{(Y^I[n]-Y_M[n])^2\}$  формуласы математикалық суреттеу кезінде ескерілмеген факторлар әсерінен туындаған жалпы дисперсия бөлігін сипаттайды: бақыланбайтын  $E$  кірістік айнымалылары,  $n$  үшін  $X[n]$  іске асыру, ол  $(0, T)$  интервалынан тыс жатыр,  $\eta$  шығыстық айнымалысын өлшеу ақауы, сонымен қатар  $\xi$  ақауларын. (2.9)-ды (2.10) және (2.11) ескере отырып қайта көшіреміз

$$Q_{Y/X}(n, T) = M\{(Y_M[n] - M_Y)^2\} / (M\{(Y_M[n] - M_Y)^2\} + M\{(Y^I[n] - Y_M[n])^2\}) \quad (2.12)$$

мұндағы,  $M_Y = M\{Y[n] / n \in [0, \infty)\}$ .

(2.12) теңдігінен модельге алдында ескерілмеген айнымалыларды енгізу шарасы және модельді жасау үшін қолданылатын ақпарат көлемінің ұлғаюы бойынша ұқсастылықтың дисперсиялық шарасы жоғарлайды және ақау жоқ жағдайда бірге жетуі мүмкін.

Ұқсастыру әдістері априорлы ақпаратты қолдануға негізделген әдістерге және жеткіліксіз априорлы ақпарат шартында қолданылатын әдіске бөлінеді.

Әдістердің бірінші тобы объектілердің динамикалық қасиеттерін ескеретін модельдерді тұрғызу кезінде объектінің кірістік және шығыстық айнымалылар арасында және оның сызықты объект жағдайында импульсті өтпелі функциясының бекітетін түйіндер теңдігін шешуге; объектінің импульсті өтпелі функциясын кірістік айнымалының автокорреляциялық функциясымен және объектінің кірістік және шығыстық айнымаларының өзара корреляцияланатын функциясын байланыстырушы Вингер-Хопф теңдеуін шешуге; Параметрлердің берілген құрылымы кезінде оларды бағалау үшін объектіні беріліс функциясының анықталуына; объект теңдеуін Вольтер қатары, дифференциалды немесе әртүрлі теңдеулер түрінде алуға әкеп соғады.

Априорлы ақпараттың толығымен немесе бөлшектеп жоқ болу шартында қадағаланатын шығын функцияларының тізбектеп минимумдеу жолымен «С» векторының тиімді мәндерін іздеу әдісі кең қолданысқа ие болды. Берілген әдістер ықтимал теңестірудің алгоритмдерімен орындалады және олардың жалпы схемасы келесі түрге ие болады

$$C[n] = C[n-1] + \Gamma[n] \nabla_c W(n-1), X[n] \quad (2.13)$$

мұндағы,  $C[n] - X, Y(X)$  – кездейсоқ үрдісін  $n$ -де ізделініп отырған  $C$  векторының бағалануы;

$n=1, 2, \dots$  дискретті уақыт;

$\Gamma[n] - C[n]$  кездейсоқ тізбектелуін сол немесе басқа мағынасында оны таңдау арқылы мүмкін болатын матрица;

$\nabla_c - C$  бойынша градиент.

Мұндай жақындаудың ұқсастыру тапсырмасын шешу кезінде негізгі ерекшеліктер болып келесілер болады:

1. ЭЕМ жадының көлемін үнемдеу және есептеулер санын қысқарту, себебі  $n$ -шы қадамда алгоритм тек қана  $n$ -шы іске асырумен ғана пайдаланылады.

2. Объектінің нақтыланатын математикалық моделінің болуы. Бастапқы қадамдардың өзінде алгоритм «дәл» модельді алуды күтпестен тиімді басқаруды жасау үрдісін іске асыруға мүмкіндік береді, яғни квазиотимді басқару принципін іске асыру мүмкіндігі.

3. Модель параметрлерін объектімен нақты уақыт масштабында бағалау мүмкіндігі.

## **2.11 Мыс концентраттарын электрбалқыту үрдісін басқарудың математикалық моделі**

Тәжірибелі статистикалық әдістер детерминделген модельдерді құру мүмкін емес болған жағдайда қолданылады, себебі қарастырылатын үрдіс өте қиын немесе үрдіс туралы ақпарат жеткіліксіз. Бұл кезде үрдіс «қара қорап» ретінде қарастырылады [30].

Бұл жағдайда пассивті тәжірибе жүргізіледі, яғни жүйені қалыпты функциялау режиміне статистикалық материал жиналды. Математикалық модельді ұқсастыру көптеген корреляциялық анализ әдісімен жүргізіледі.

Полиномиальды модельді құруға қажет сатылар ретінде келесілер болады: объектіні қалыпты функциялау туралы мәліметтерді жинау, статистикалық анализ және мәліметтерді алдын-ала өңдеу, модель параметрлерін және құрылымын бағалау.

Берілген жұмыста жиырма тәуліктік қадағалаулар және кірістік технологиялық айнымалыларды тіркеу қосылған: енгізілген түйіршіктердің химиялық құрамы санымен, флюстердің, конверторлы шлақтың айналуымен, электр қуатымен және шығыстық штейннің, ысыру шлагының, кететін газдардың химиялық құрамы, көлемі және электр энергиясының шығыны.

Электрбалқыту үрдісі туралы статистикалық мәліметтер автоматты басқару құралдарымен көрсеткіштері және балқытудың шығыстық және соңғы өнімдерін сынаудың анализінің нәтижелерін көрсетеді.

Барлық айнымалылар үшін математикалық күтулер, орташа квадраттық ауытқулар анықталған.

2.1-кестеде  $M_x$  математикалық күту, әрбір зерттелетін айнымалылар үшін  $\sigma_x$  орташа квадраттық ауытқудың мәндері келтірілген. Мәліметтерді әрі қарай өңдеу нормаланған авто және объектінің кірістік және шығыстық айнымаларының өзара корреляциялық функцияларын бағалауды жасаудан тұрды. Алынған корреляциялық функциялардың ординатасының мәні әдістеме бойынша тексеріледі.

Балқыту үрдісінің шығыстық айнымаларының автокорреляциялық функциясының қисығының анализі  $\Delta\tau$  математикалық моделін құру үшін мәліметтердің алынуының рационалды жиілігін анықтауға мүмкіндік берді.

Мәліметтерді алудың уақыттық интервалы келесі қатынасқа қарай анықталады

$$\Delta\lambda \geq \max[\tau_{\text{сп J}}] \quad (2.14)$$

мұндағы  $\tau_{\text{сп J}} - R_{y_j}(\tau)$  автокорреляциялық функциясының түсу уақыты.

$$\Delta\tau_{\text{рац}} \approx 6 \text{ сағ}$$

Өзара корреляциялық функциялар қисығының анализі  $\tau_{ij}$  объект шығысында кірістік сигналдардың пайда болуы уақытын анықтауға мүмкіндік жасады

$$\tau_{ij} = \bar{\tau} : |R_{x_i, y_j}(\bar{\tau})| = \max |R_{x_i, y_j}(\tau)| \quad (2.15)$$

және  $\tau_{ij}$  уақыт аралығына шығыстарға қатысты пештің кірістік айнымаларының жылжыту жолымен іске асыру, объектінің динамикалық қасиетін ескеру.  $\tau_{ij}$  мәні: «шихта-шлак» каналы бойынша – 18сағ, «шихта-штейн» каналы бойынша бсағ.

Мәліметтерді әрі қарай статистикалық өңдеу жинақталып, математикалық модель үрдісін құрайтын кірістік айнымалылар байланысының параметрлерін және құрылымын бағалаудан тұрады.

$$Y_j = f_i(x_i, \dots, x_m); (j=1, m) \quad (2.16)$$

Осы кезде минималды әршектіліктің қарапайым класында модельді алуға мүмкіндік беретін келесі методика қолдануда.

## 2.1 Кесте - Зерттелетін айнымалылар мәні

№	Айнымалылардың аталуы	$M_x$	$\sigma_x^2$	$\sigma_x$
1	2	3	4	5
1	Cu түйіршіктелген	24,87	3,69	1,92
2	Fe түйіршіктелген	7,55	1,66	1,29
3	Pb түйіршіктелген	2,36	0,1	0,031
4	SiO <sub>2</sub> түйіршіктелген	28,4	3,96	1,99
5	CaO түйіршіктелген	4,67	0,75	0,866
6	S түйіршіктелген	14,44	0,145	0,381
7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> түйіршіктелген	4,08	0,158	1,257
8	Cu ысыру шлагында	0,709	0,064	0,253

9	Fe ысыру шлагында	10,74	0,65	0,806
10	SiO <sub>2</sub> ысыру шлагында	51,09	1,84	1,356
11	CaO ысыру шлагында	16,13	2,6	1,612
12	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ысыру шлагында	7,14	0,11	0,332
13	Cu штейнде	49,61	1,02	3,194
14	Fe штейнде	12,94	5,66	2,379
15	Pb штейнде	6,84	1,4	1,183
16	S штейнде	22,96	1,08	1,039
17	Cu конверторлы шлакта	5,06	5,09	2,256
18	Fe конверторлы шлакта	31,06	11,63	3,406
19	SiO <sub>2</sub> конверторлы шлакта	21,03	5,34	2,311

1. Шығыстық  $Y$  және  $X_1 \div X_n$  айнымалылардың кірістерінің қосындысы арасындағы сызықтық байланыс дәрежесін сипаттайтын корреляцияның көптік коэффициентінің бағалауы есептеледі

$$R_{Y, X_1, \dots, X_n} = \left( \frac{\det \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} & r_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{j1} & r_{j2} & \dots & r_{jn} & r_{jj} \end{pmatrix}}{\det \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nn} \end{pmatrix}} \right); \quad (2.17)$$

мұндағы,  $r_{pq} = \text{extr}_{\tau} R_{X_p, X_q}(\tau), \quad p, q = 1, n$

$$r_{jq} = \text{extr}_{\tau} R_{Y, X_q}(\tau), \quad p = 1, n$$

2. Жиналған статистикалық материал негізінде аз квадраттардың рекуррентті әдісімен регрессияның сызықты теңдеуін құрастыру жүргізіледі.

$$\tilde{Y} = a_{j0} + \sum_{k=1}^n a_{jk} x_k; \quad (2.18)$$

3. Үрдістің стационарлы емес әсерін шектейтін теңдеу ұқсастығының дисперсиялы шарасы есептеледі

$$Q_{Y_j / X_1, \dots, X_n} = \frac{1}{\sigma_{Y_j}^2 (N-1)} \sum_{v=1}^n (\tilde{Y}_j[v] - \bar{Y}_j)^2, \quad (2.19)$$

мұндағы,

$$\tilde{Y}_j[v] = a_{j0} + \sum_{k=1}^n a_{jk} x_k[v];$$

$$\bar{Y}_j = \frac{1}{N} \sum_{v=1}^N Y_j[v];$$

$v$  - сай айнымалыларды қадағалау номері

$N$  - қадағалаудың жалпы саны.

4. Ұқсастықтың дисперсиялы шарасы корреляцияның көптік коэффициентінің квадратымен салыстырылады. Олар арасындағы азғантай келісу  $Y_j$  және  $X_1, \dots, X_n$  айнымалылары арасында сызықты байланысының болуын көрсетеді. Кері жағдайда (2.19) теңдігін екінші дәрежелі теңдікке дейін сызықты емес мүшелерімен толтыру қажеттілігі туындайды.

5. Алынған теңдік ұқсастықтың дисперсиялық шарасын аз дәрежеде өзгертетін мүшелерді тізбектеп шектеу жолымен жеңілдетеді.

Осылайша алынған электрбалқыту үрдісінің моделі жалпы жағдайда сызықты теңдіктер жүйесі түріне ие болады

$$Y_1 = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_5 x_{11} + a_6 x_{12} + a_7 x_{13} + a_8 x_{14} + a_9 x_{15};$$

$$Y_2 = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_{11} + b_6 x_{12} + b_7 x_{13} + b_8 x_{14} + b_9 x_{15};$$

$$Y_3 = \delta_0 + \delta_1 x_4 + \delta_2 x_{11} + \delta_3 x_{12} + \delta_4 x_{13};$$

$$Y_4 = r_0 + r_1 x_3 + r_2 x_{11} + r_3 x_{14};$$

$$Y_5 = d_0 + d_1 x_1 + d_2 x_2 + d_3 x_5 + d_4 x_8 + d_5 x_{11} + d_6 x_{12};$$

(2.20)

$$Y_6 = \varepsilon_0 + \varepsilon_1 x_1 + \varepsilon_2 x_2 + \varepsilon_3 x_5 + \varepsilon_4 x_7 + \varepsilon_5 x_{11} + \varepsilon_6 x_{12} + \varepsilon_7 x_{13};$$

$$Y_7 = l_0 + l_1 x_2 + l_2 x_3 + l_3 x_4 + l_5 x_{12} + l_6 x_{13} + l_7 x_{14};$$

$$Y_8 = c_0 + c_1 x_3 + c_2 x_4 + c_3 x_{11} + c_4 x_{12} + c_5 x_{13} + c_6 x_{13};$$

мұндағы,  $x_1 \div x_7$  - Cu, Fe, CaO, SiO<sub>2</sub>, S, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Pb түйіршіктеріндегі құрам;

$x_8 \div x_{10}$  - конверторлы шлакта Cu, Fe, SiO<sub>2</sub> құрамы;

$x_{11} \div x_{15}$  - өңделген материалдар, конверторлы шлақтың, әктастың, энергияның, түйіршіктердің шығыны;

$Y_1$  – ысыру шлагымен мыстың келтірілген шығыны;

$Y_2 \div Y_4$  - ысыру шлагында Cu, CaO, SiO<sub>2</sub> құрамының болуы;

$Y_5$  – штейндегі Cu құрамы;

$Y_6 \div Y_8$  – штейннің, ысыру шлагының электр энергиясының салыстырмалы шығынының көлемі.



## 2.12 Электр бақыту үрдісінің статистикалық-математикалық моделінің параметрлерін бағалау

Объектінің математикалық моделінің белгілі құрылымы кезінде оның ұқсастық тапсырмасы бірқатар белгісіз параметрлерінің тиімді бағалануын табуға әкелінеді. Модельдің шығыстық айнымалысының аппроксимациясын орташа квадраттық қателігінің көлемін таңдау аз квадраттардың белгілі әдісіне әкеледі. МНК күшінде алынатын параметрлерді бағалау басқа алгоритмдер қолданатын бағалаумен салыстырғанда жақсы болып табылады. Бағытталған математикалық модельді қолданумен қиын объектіні басқару кезінде есептеулер көлемі айтарлықтай түрде осы модельдің өлшемі және құрылымымен анықталады. Сондықтан электрбақыту үрдісін теңестіру кезінде сызықты теңдіктер тобына объекті айнымалылары арасындағы көлемдік байланысты іздеу дұрыс. Электрбақыту үрдісінің математикалық моделін теңестіру кезінде жоғарыда көрсетілген процедура қолданылады [32].

Жеке көлемдік қатынастарды қалпына келтіруге тоқталайық.

1. Зерттеулер нәтижесіне сай ысыру шлагы бар мыстың келтірілген шығынының ( $Y_1$ ) шығыстық айнымалысы шихтадағы мыс құрамына ( $X_1$ ), шихтадағы темір құрамына ( $X_2$ ), шихтадағы әктас құрамына ( $X_3$ ), шихтадағы кремний құрамына ( $X_4$ ), шихтадағы күкірт құрамына ( $X_5$ ), шихтадағы алюминий қышқылы құрамына ( $X_6$ ), шихтадағы қорғасын құрамына ( $X_7$ ), түйіршіктер шығынына ( $X_{11}$ ), айналмалы материалдар шығынына ( $X_{12}$ ), конверторлы шлак көлеміне ( $X_{13}$ ), әктас шығынына ( $X_{14}$ ), енгізілген электр энергиясы шығынына тәуелді ( $X_{15}$ ).

$$Y_1 = Y_1(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}) \quad (2.21)$$

Корреляцияның көптік коэффициентінің квадратты мәні келесіге тең

$$R^2_{Y = X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}} = 0,782$$

Сызықты регрессия теңдігі келесі түрге ие болды

$$Y_1 = 3,27 + 0,1167X_1 - 0,0642X_2 - 0,0268X_3 + 0,0287X_4 + 0,0095X_5 + 0,0083X_6 - 0,0012X_7 - 0,0075X_{11} + 0,0301X_{12} - 0,0003X_{13} - 0,0108X_{14} - 0,000013X_{15} \quad (2.22)$$

Теңесу өлшемнің мәні

$$Q_{Y_1 / X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}} = 0,796$$

айнымалылар арасындағы байланыстың сызықтық сипаттамасын көрсетті.

(2.22) теңдігін жеңілдету мақсатымен жүргізілген зерттеулер келесі нәтижелерді берді.

$$Q_{Y1/ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}} = 0.796 \quad (2.22^1)$$

$$Q_{Y1/ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}} = 0.780 \quad (2.22^2)$$

$$Q_{Y1/ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}} = 0.77 \quad (2.22^3)$$

$$Q_{Y1/ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}} = 0.786 \quad (2.22^4)$$

Осылайша  $X_5$ ,  $X_6$ ,  $X_7$  айнымалырын шектеу теңестірудің дисперсиялы өлшемдерінің айтарлықтай өзгеруін тудырмайды. Келесі теңдік

$$Y_1 = 3,27 + 0,1167X_1 - 0,0642X_2 - 0,0268X_3 + 0,0287X_4 - 0,0075X_{11} + 0,0301X_{12} - 0,0003X_{13} - 0,0108X_{14} - 0,000013X_{15} \quad (2.23)$$

соңғы теңдік ретінде қабылданды.

(2.23) теңдігінен көрініп тұрғандай мыстың ысыру шлагымен келтірілген шығыны шихтаның химиялық құрамына, пешке тиелетін материалды ағындар көлеміне және электр энергиясын енгізумен анықталатын жылулық режимге тәуелді.

2. Зерттеулер көрсеткендей ысыру шлагында мыс құрамының болуы ( $Y$ ) түйіршіктерде мыстың ( $X_1$ ), темірдің ( $X_2$ ), кальций қышқылының ( $X_3$ ), кремнидің екі қышқылымен ( $X_4$ ), алюминий қышқылымен ( $X_6$ ), қорғасынмен ( $X_7$ ), пешке енгізілетін түйіршіктермен ( $X_{11}$ ), флюстелетін материалдар көлемімен ( $X_{12}$ ,  $X_{13}$ ), конвенторлы шлак көлемімен ( $X_{13}$ ), электр энергиясы көлемінің ( $X_{15}$ ) құрамында болуымен анықталады.

Корреляцияның көптік коэффициентінің квадрат мәні келесіге тең

$$R^2_{Y = X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}} = 0,704$$

Сызықты регрессия теңдігі

$$Y_1 = -0,752 + 0,0263X_1 + 0,1178X_2 + 0,013X_3 + 0,0567X_4 + 0,0028X_6 - 0,038X_7 - 0,0014X_{11} + 0,0062X_{12} + 0,0032X_{13} + 0,094X_{14} - 0,000002X_{15} \quad (2.24)$$

Теңділік мысының мәнімен сипатталды.

$$Q_{Y2/ X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}} = 0.717$$

Осылайша, берілген тәуелділіктің сызықтылығы туралы гипотеза дәлелденді.

Жеңілдету жолымен соңғы ретінде (2.22<sup>2</sup>) жағдайына сай теңдік қабылданды

$$Y_1 = -0,752 + 0,0263X_1 + 0,1178X_2 + 0,013X_3 + 0,0567X_4 - 0,0014X_{11} + 0,0062X_{12} + 0,0032X_{13} + 0,094X_{14} - 0,000002X_{15} \quad (2.25)$$

(2.25) теңдігі шығыстық айнымалылардың орташа уақытты мәнімен және ысыру шлагында әрбір құйылудағы мыс құрамы арасындағы қатынасты сипаттайды. «Шихта – ысыру шлагы» каналы бойынша балама кешігу көлемі  $\tau=18$ сағ. Осы канал бойынша айтарлықтай уақыт тұрақтысының болуын көрсетеді және үрдістің фильтр сүзгілеу қасиеттері туралы. Сондықтан объект динамикасын тек қана  $X_1 \div X_{15}$  айнымаларын қозғау жүйемен ғана емес сонымен қатар оларды объектінің моделінен жақындауының жақсы шарттарынан тәжірибиелік жолмен анықталатын  $T$  уақытында оларды орташалаңдыру жолымен есептеу мүмкіндігі қолданылды. Ең жақсы нәтиже  $T=6$ сағ кезінде алынатындығы белгіленді, осы кезде теңестірудің өлшемінің мәні  $0,729$  дейін жоғарлайды.

(2.25) теңдігінің анализі алюминий қышқылы және қорғасынның түйіршіктерде болуы әсері ысыру шлактарындағы мыс құрамына аз, ол әдебиеттегі мәндермен бірдей болады.

3. Зерттеулер нәтижесіне сай ысыру шлагында кремнийдің екі тотығының болуы ең алдымен түйіршіктердегі құрамымен, түйіршіктен санымен, конверторлы шлак және айналымен, ( $X_8$ ) конверторлы шлагында  $SiO_2$  болумен анықталады.

Корреляцияның көптік коэффициентінің квадратының мәні келесіге тең:  
Теңдік келесі түрге ие болды

$$Y_3 = 37,04 + 0,4068X_4 - 0,009X_8 + 0,0103X_{11} + 0,117X_{12} - 0,0283X_{13}. \quad (2.26)$$

Ұқсастық өлшемінің мәні келесіге тең

$$Q_{Y_3 / X_4, X_8, X_{11}, X_{12}, X_{13}} = 0,721.$$

$R_{Y_3}$  және  $Q_{Y_3}$  жақын кездесуі берілген тәуелділіктің сызықты екендігін дәлелдейді.

(2.26) теңдігін жеңілдету кезінде ұқсастық өлшемінің келесі мәндері алынды

$$Q_{Y_3 / X_4, X_{11}, X_{12}, X_{13}} = 0,718. \quad (2.26^1)$$

$$Q_{Y_3 / X_4, X_{11}, X_{12}} = 0,648. \quad (2.26^2)$$

Сондықтан соңғы ретінде (2.26<sup>1</sup>) жағдайына сай келетін теңдік қабылданды

$$Y_3 = 37,04 + 0,4068X_4 + 0,0103X_{11} + 0,117X_{12} - 0,0283X_{13}. \quad (2.27)$$

Конверторлы шлакта екі тотықты кремнийдің болуы ұқсастық көрсеткішіне аз әсер етеді. Сонда ( $X_{14}$ ) конверторлы шлак көлемі ретінде оны өзгертпейді. Бұл барлық ожау ыдыстары бойынша орташаландырылған конверторлы шлак құрамының пешке құйылатын конверторлы шлак көлеміне қарағанда бір қалыптылығымен түсіндіріледі.

4. Ысыру шлагында ( $Y_4$ ) кальций тотығының құрамының математикалық моделін қайта қалпына келтіру кезінде ол негізінен түйіршіктер ( $X_{11}$ ), пешке енгізілетін әктас көлеміне және түйіршіктердегі кальций тотығының құрамына тәуелді. Ол теңдік келесі түрге ие болады

$$Y_4 = 15,077 - 0,0075X_{11} + 0,444X_3 + 0,1223X_4. \quad (2.28)$$

Осы кезде ұқсастық дәрежесінің мәні корреляцияның көптік коэффициентінің квадратымен тура болады  $Q_{Y_4/X_{11}, X_4} \approx R^2_{Y, X_3, X_{11}, X_4} = 0,698$ , ол (2.27) тәуелділігінің сызықты екендігін көрсетеді.

Теңдікте қандай да бір айнымалыларды шектеу әрекеті ұқсастық дәрежесінің күрт төмендеуін тудырды. Көрсетілген айнымалылардың кальций тотығынан тәуелділігі қазіргі объектінің практикалық нәтижелерімен тура болады.

Объектіде келтірілген зерттеулер ( $Y_5$ ) штейнде мыстың болуы шихтада мыстың ( $X_1$ ), темірдің ( $X_2$ ), күкірттің ( $X_5$ ) болуына, конверторлы шлакта мыстың болуы ( $X_8$ ), пешке тиелген шихта көлеміне ( $X_{11}$ ), айналымдар ( $X_{12}$ ), конверторлы шлакқа ( $X_{13}$ ) және енгізілген электр энергиясының көлеміне ( $X_{15}$ ) тәуелді.

$$Y_5 = Y_5 (X_1, X_2, X_5, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}) \quad (2.29)$$

Корреляцияның көптігінің коэффициентінің квадратының мәні келесіге тең

$$R^2_{Y_5, X_1, X_2, X_5, X_{11}, X_{12}, X_{15}} = 0,818.$$

Сызықты регрессия теңдігі келесі түрге ие

$$Y_5 = 38,27 + 0,3443X_1 + 0,1274X_2 - 0,28X_5 + 0,12X_8 + 0,017X_{11} + 0,1148X_{12} + 0,007X_{13} - 0,000008X_{15}. \quad (2.30)$$

Ұқсастық өлшемінің мәні

$$Q_{Y_5 / X_1, X_2, X_5, X_8, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{15}} = 0,836$$

айнымалылар арасындағы байланыстың сызықты сипаттылығын көрсетті. (2.30) теңдігін жеңілдету мақсатымен келтірілген шығындар келесі нәтижелерді берді

$$Q_{Y_5 / X_1, X_2, X_5, X_8, X_{11}, X_{13}} = 0,828; \quad (2.30^1)$$

$$Q_{Y_5 / X_1, X_2, X_5, X_8, X_{11}} = 0,824; \quad (2.30^2)$$

$$Q_{Y_5 / X_1, X_2, X_8, X_{11}} = 0,788; \quad (2.30^3)$$

(2.30) теңдіктен  $X_{13}$ ,  $X_{15}$  айнымаларын шектеу ұқсастықтың дисперсиялы өлшемінің айтарлықтай өзгеруін тудырмайды. Сондықтан

$$Y_5 = 38,27 + 0,3443X_1 - 0,1274X_2 - 0,28X_5 + 0,12X_8 + 0,017X_{11} + 0,1148X_{12} \quad (2.31)$$

теңдігі соңғы ретінде қабылданды.

(2.31) теңдіктен мыс және темір сульфиттерінің қоспасын көрсететін штейндегі мыстың ұсталуы негізінен шихтада мыстың, темірдің, күкірттің ұсталуымен және мыс пен темірден тұратын материалдар көлемімен анықталады және конверторлы шлак және енгізілген электр энергиясы көлемімен анықталатын пештің жылулық режиміне тәуелді емес. Шынымен де шлакты ванна штейнді электр пешіне құйылатын конверторлы шлактан оқшауланады, ал десульфаризация дәрежесінің тұрақтылығы балқытудың әртүрлі режимдері кезінде штейннің қалыптасу үрдісінің электр пешінің жылулық режиміне тәуелді емес екендігін көрсетеді.

5. Регрессия теңдігін қайта қалпына келтіру – электрбалқыту үрдісінің кірістік технологиялық айнымалыларынан штейн көлемі келесі көрсеткіштермен сипатталады.

Корреляцияның көптік коэффициентінің квадратының мәні келесіге тең

$$R_{Y_6, X_1, X_2, X_3, X_4, X_{11}, X_{12}, X_{13}}^2 = 0,674.$$

Регрессия теңдігі келесі формуламен көрсетілген

$$Y_6 = 51,2 + 3,3X_1 + 4,607X_2 - 10,822X_5 + 17,64X_7 + 0,07X_{11} + 1,563X_{12} - 0,111X_{13}. \quad (2.32)$$

Ұқсастық дәрежесінің көрсеткіші келесіге тең

$$Q_{Y_6 / X_1, X_2, X_5, X_7, X_{11}, X_{12}, X_{13}} = 0,672.$$

Корреляцияның көптік коэффициентінің квадратының және ұқсастық деңгейінің үйлесуі

$$R_{Y_6, X_1, \dots, X_{13}}^2 \approx Q_{Y_6 / X_1, \dots, X_{13}} \approx 0,672,$$

(2.32) теңдігінің сызықтығы туралы гипотезаны дәлелдейді.

(3.32) теңдігін жеңілдету әрекеті  $Q_{Y_6/X_1, \dots, X_{13}}$  күрт төмендеуіне әкелді. Тәуелділікті модельдеу мақсаттылығы – штейн көлемінің шихтада мыстың, темірдің, күкірттің, қорғасынның, түйіршіктер санының, айналымдардың және конверторлы шлақтың ұстаудан функция ретінде штейннің қалыптасу үрдісі туралы көрсетуге қарсы болмайды.

6. Ысыру шлагының көмегінің электрбалқыту үрдісінің кірістік технологиялық айнымалыларынан тәуелділігін модельдеу кезінде шихтадағы екі тотықты кремнийдің ( $X_4$ ) ұсталуы, темірдің ( $X_2$ ), кальций тотығының ( $X_3$ ), енгізілген түйіршіктер көлемі ( $X_{11}$ ), айналымдар саны ( $X_{12}$ ), конверторлық шлақтың көлемі ( $X_{13}$ ) және әктас көлемінің ( $X_{14}$ ) ұсталуынан регрессияның келесі теңдігі алынды.

$$Y_7 = 208,113 - 2,755X_2 - 5,132X_3 + 1,49X_4 + 0,057X_{11} + 0,159X_{12} + 0,165X_{13} - 1,948X_{14}. \quad (2.33)$$

(2.33) теңдігінің корреляцияның көптігінің коэффициентінің квадраты келесіге тең

$$R_{Y_7/X_2, X_3, X_4, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}}^2 = 0,686,$$

Ұқсастық өлшемінің мәні

$$Q_{Y_7/X_2, X_3, X_4, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}} = 0,694.$$

(2.33) теңдігін айнымалыларды тізбектеп шектеу әдісімен жеңілдету ұқсастық деңгейінің көрсеткіштерінің айтарлықтай төмендеуін тудырды. Сондықтан (2.33) теңдігі соңғы ретінде қабылданды. Алдындағы жағдайдағыдай ысыру шлагының көлемінің балқыту үрдісінің кірістік технологиялық айнымалыларынан тәуелділігі шлақтың қалыптасу үрдісі туралы көрсетілімдерге қарсы болмайды.

7. Объектідегі зерттеулер балқытуға келтірілген – электр энергиясының салыстырмалы шығыны үрдістің энергетикалық жағдайын сипаттайтын технологиялық айнымалы электрбалқыту процесінің көптеген кірістік айнымалыларына тәуелді. Оларға – шихтада мыстың, темірдің, кальций тотығының, кремнийдің екі тотығының, түйіршіктер, айналымдар, конверторлы шлак көлемінен ұсталуы жатады. Регрессия теңдігін қайта қалыптастыру кезінде электр энергиясының салыстырмалы шығыны шихтада металдың ұсталуына аз байланысты екені анықталған, бірақ шихтада шлак қалыптастырушы заттардың ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ) және осы заттарды ұстайтын материалдар көлеміне айтарлықтай тәуелді. Нәтижесінде регрессия теңдігі алынды

$$Y_8 = 74,563 + 3339,13X_3 + 2160,36X_4 - 105,33X_{11} - 939,55X_{12} - 2,512X_{13} + 3651,32X_{14}. \quad (2.34)$$

көптік коэффициенттің квадраты және ұқсастық деңгейінің көрсеткіші, ол келесіге тең

$$R_{Y_8/X_3, X_4, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}}^2 = 0,734,$$

және

$$Q_{Y_8/X_3, X_4, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}} = 0,741.$$

Бұл көрсеткіштер арасындағы аз ғана туралық қайта қалпына келтірілген (2.34) теңдігінің сызықты екендігін көрсетеді.

### **2.13 Басқару тапсырмасының тиімділігінің критерийін таңдауды негіздеу**

Оптимизациялау критерийін таңдау тиімді басқару тапсырмаларын құру кезінде қиын және маңызды саты болады. Үйлесім критерийінің түрі шешілетін тапсырманың белгілі бір мазмұнымен анықталады және шешу әдісін таңдауға айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Соңында үйлесімдік критерийінің алынған мәндері оптимизация әсерінен көлемдік баға береді.

Электрбалқыту үрдісін басқаруға критерийді таңдау үшін электропешті бөлімнің технологиялық үрдістерін жүргізуге қойылатын талаптарды анализдейміз [33].

Электропешті бөлімнің шихтаны дайындау және конверторлы бөлім цехымен өзара байланысы өндірілетін өнімнің сапасы және көлеміне бірқатар талаптар қояды. Бұл бөлім көрсеткіштерін көршілес өндіріс көрсеткіштерімен өндірілетін және тұтылынатын өнім көлемі бойынша теңестіру қажеттілігімен түсіндіріледі, сонымен қатар электропешті бөлімнің көршілес бөлімдердің технологиялық үрдістерінің тиімділігіне сапалы көрсеткіштер әсерімен түсіндіріледі.

Бұдан басқа электропешті бөлім жұмысын ұйымдастыру үшін қажетті талап ретінде қосымша материалдар, электр энергиясының, ысыру шлагы бар құнды металдарды жоғалтудың шығынын қысқартумен алынатын штейн өндірісіне шығынды азайту болып табылады. Өндірістік, технологиялық талаптар технологиялық талаптармен көлемді түрде өлшенбейтін болып табылатын көптеген критерийлерді қалыптастырады.

Технологиялық үрдісті жүргізудің тиімділігінің жалпы критерийі ретінде жоспарланған уақыттағы пайда болып табылады, бірақ электрбалқыту үрдісінің жағдайларында соңғы өнім – мыстық штейн тауарлық болмайды, критерий ретінде соңында мыс балқыту өндірісінің көлемін анықтайтын көрсеткіштер қабылдануы мүмкін, олар агрегаттардың өнімділігі, шикізаттан пайдалы компонентті шығару деңгейі, өнімнің өз бағасы.

Шихталау және электрбалқыту үрдістерін тиімді басқару тапсырмасы осы көрсеткіштердің біреуін қалғандарының мүмкін болатын мәні кезінде экстремумдеуін болжайды, осы кезде тиімділік критерийін таңдау өндірістік үрдіс ерекшеліктерімен, қалыптасқан өндірістік жағдайымен анықталады.

Мыс шихтасын электротермиялық балқытудың шикізатының жоғарғы бағасы шартында ысыру шлагы бар мыс шығынының қайтымсыздығы, электр энергиясының айтарлықтай шығынында, сонымен қатар келесі технологиялық ауысымдардың шектелген өнімділігімен тапсырманың тиімді критерийі ретінде шихта құрамына анықтау, материалдық ағындарды тарату, электрбалқыту режимін энергетикалық басқару шлакта мыстың ұсталуымен, төмендету, балқытылған шихта көлеміне апарылған, мыстың шихтадан штейнге шығаруды анықтайтын және электр энергиясының салыстырмалы шығынын төмендетуге сай қабылдау мақсатты. Айтылғандарды ескере отырып, басқарудың әр деңгейінің тапсырмасын құрастыруды қалыптастырамыз.

## **2.14 Электрбалқыту үрдісін тиімді басқару тапсырмалары**

Электрбалқыту үрдісі кірістік ағымдардың сапалық және көлемдік сипаттамаларын анықтайды және жалпы үрдістің технико-экономикалық көрсеткіштеріне әсер етеді. Ысыру шлагымен құнды материалдарды жоғалтудың қайтымсыздығы, конверттеу үрдісін қалыпты жүргізу үшін штейн құрамын тұрақтандыру қажеттілігі, үрдіске кеткен үлкен энергетикалық шығындар, өнімнің химиялық құрамы, шихтаның оңай балқытылуы және бір тонна штейнге балқытылатын шихта көлемі бойынша электрбалқыту технологиялық үрдісінің «қатаң» талаптарды анықтайды.

Аталған факторлар пешке түсетін шихтаның химиялық құрамына, балқыту кезінде оны құрайтын физико-химиялық үрдістердің өзара әрекетіне және балқыту өнімдерін бөлу толықтығына тәуелді. Сонымен қатар шихтаның химиялық құрамымен үрдіс үшін негізгі тұтқырлық, шлактың сұйық ағуы және оның электр өткізгіштігі сияқты параметрлері анықталады. Шихтаны дайындаудың қайта бөліну ерекшеліктерін ескере отырып, электрбалқыту үрдісін басқару әртүрлі уақыт интервалында шешілу керек бірнеше тапсырмаларға бөлінеді.

Шихтаның химиялық құрамы электропешке келіп түсетін материалдық ағынның химиялық құрамымен және қатынасымен анықталады. Негізгі рольге штабельді пихтарник әртүрлі концентраттарды, әктасты және басқа материалдарды араластырумен іске асатын түйіршіктердің химиялық құрамына ие. Штабельді дайындау кезінде түйіршік құрамының кездейсоқ ауытқуы орын алады және басқарудың аз аралығына да түйіршіктердің химиялық құрамы штабель бойынша орташа тиімдіден айтарлықтай ауытқиды. Бұл шихтаны оперативті түзету тапсырмасын пешке материалдардың химиялық құрамының өзгеруін және агрегаттар сипаттамасының дрейфін ескере отырып, шихталанатын материалдарды беру арқылы шешу қажеттілігін тудырады.



Сонымен қатар подшихталы көлемі кездейсоқ түрде өзгертін айналымдарды қайта өңдеу ауысымдарға регламенттеуші жоспармен байланысты қажет.

Электрбалқыту үрдісінің энергетикалық режимі айтарлықтай түрде шихтаның физико-химиялық қасиеттеріне, электрлік параметрлеріне тәуелді.

Пештің электрлік режимін толығымен анықтайтын негізгі айнымалылардың бірі ретінде тоқ өткізетін электродтарды ертіндінің шлақты қабатына тереңдету көлемі болады. Электродтарды ертіндіге тиімді тереңдету көлемін табу және электродтарды керек тереңдікке ауыстыруды іске асыру берілген балқытуды қамтамасыз ету кезінде электр энергиясының шығының айтарлықтай төмендетуге мүмкіндік береді.

Көрсетілгендерге байланысты электрбалқыту үрдісін басқарудың жалпы тапсырмасы әртүрлі уақыт аралығында шешілуі керек үш кіші тапсырмаларға бөлінеді:

- Штабельдің тиімді құрамын оны салу аралығында анықтау;
- Пештер бойынша материалдық ағымдарды тиімді тарату;
- Түйіршіктердің, айналымдардың, ауысымға шихталы қоспа шығының тиімді анықтағыштар;
- Пештің электрлік режимін тиімді басқару.

## 2.15 Штабельдің тиімді құрамын анықтау

Штабельдің тиімді химиялық құрамын анықтау тапсырмасы келесі түрде қалыптасады: штейннің және шлақтың балқыту өнімдерінің сапалы көрсеткіштеріне шектеуді ескеріп, электропеш бөлімнің ысыру шлактарында төмендетуші мыс құрамын табу [20].

Жоғарыда аталғандай штабельдің химиялық құрамын тиімділеу жоғарғы деңгей тапсырмасы ретінде болады және 4-6 тәулікте бір рет шешіледі.

Есепті шешу шихта құрамымен бөлімге ертінді өнімінің сапалы сипаттамаларының байланысын анықтайтын конверторлы шлак әсерін ескере отырып, «шихта – алғашқы мыс» кешенінің математикалық моделі негізінде орындалады.

Есепті қалыптастырып қою келесі теңдік жүйесі түрінде көрсетіледі:

Тиімділеу критеріі – ысыру шлагында мыс құрамы

$$f(X_{16}) = f_{16}(G_0, G_3, G_{10}, X_{10}, X_{20}, X_{30}, X_{40}). \quad (2.35)$$

Модель теңдеуі

$$G_5 X_{15} = \gamma_{0-5}^{(1)} G_0 X_{10} + \theta_2 \gamma_{3-5}^{(1)} G_3 X_{13};$$

$$G_5 X_{25} = \gamma_{0-5}^{(1)} G_0 X_{20} + \theta_2 \gamma_{3-5}^{(2)} G_3 X_{23};$$

$$G_5 X_{55} = \gamma_{0-5}^{(5)} G_0 X_{50};$$

$$\begin{aligned}
G_6 X_{36} &= \gamma_{0-6}^{(3)} G_0 X_{30} + \theta_1 \gamma_{3-5}^{(3)} G_3 X_{13}; \\
G_6 X_{46} &= \gamma_{0-6}^{(4)} G_0 X_{40}; \\
G_6 X_{26} &= \gamma_{0-6}^{(2)} G_0 X_{20} + \theta_2 \gamma_{3-6}^{(2)} G_3 X_{23}; \\
G_8 X_{18} &= \theta_2 \gamma_{5-3}^{(2)} G_5 X_{15} + \gamma_{10-8}^{(1)} G_{10} X_{1.10}; \\
G_3 X_{23} &= \theta_2 \gamma_{5-3}^{(2)} G_5 X_{15} + \gamma_{9-3}^{(2)} G_9 X_{29} + \gamma_{10-3}^{(2)} G_{10} X_{2.10}; \\
G_3 X_{33} &= \gamma_{9-3}^{(3)} G_9 X_{39} + \gamma_{10-3}^{(3)} G_{10} X_{3.10}; \\
G_5 + G_6 &= \gamma_0^{(6)} G_0 + \gamma_3^{(6)} G_3; \\
G_3 + G_8 &= \gamma_5^{(6)} G_5 + \gamma_{10}^{(6)} G_{10} + \gamma_5^6 G_5.
\end{aligned} \tag{2.36}$$

Айнымалыларға шектеу жүйесі.  
Материал химиялық құрамына шектеу қою

$$\begin{aligned}
X_{ij} &\leq X_{ij} \leq X_{ij}; \\
\underline{X_{\Sigma 5}} &\leq X_{15} + X_{25} + X_{55} \leq \overline{X_{\Sigma 5}}; \\
\underline{X_{\Sigma 6}} &\leq X_{25} + X_{36} + X_{46} \leq \overline{X_{\Sigma 6}}.
\end{aligned} \tag{2.37}$$

Шихта тоннасына штейн және шлақтың салыстырмалы шығуына шектеу

$$\begin{aligned}
G_6 &\leq \eta_6 G_0, \\
\eta_5 G_0 &\leq G_5 \leq \eta_5 G_0
\end{aligned} \tag{2.38}$$

Қабылданған белгілеулер:

$G_j$  -  $j$ -шы материал саны;

$J=0,3,5,6,8,9,10$  – шихтаны, конверторлы шлақты, штейнді, ысыру шлагын, алғашқы мысты, қышқылданған руданы белгілейді;

$X_{ij}$  –  $j$ -шы материалда  $i$ -шы компоненттің мөлшері;

$i=1,2,3,4,5$  – Сb, Fe, SiO<sub>2</sub>, CaO, S белгілейді;

$\theta_1, \theta_2$  – материалдардың транспорттық және өндірістік шығындарын ескеретін тұрақты коэффициенті;

$\gamma_{j-j}^{(i)}$  -  $i$ -шы компонентті  $j$ -материалдардан  $J$ -ші материалға берілуі, мұнда  $J$  үшін  $j$  ( $J^{(1)}_{0-5}$ -мысты шихтадан штейнге шығару) үшін қабылданған мәндер алынды;

$\gamma^{(6)}_j$  - j-шы материалдың балқыту өніміне салмақтық шығуы;  
 $\eta_5, \eta_5$  - шихтаға штейннің салыстырмалы шығуын сипаттайтын коэффициенттің максималды және минималды мәндері, тонна;  
 $\eta_6$  –шихтаға ысыру шлагының салыстырмалы шығуын сипаттайтын коэффициент, тонна.

Қалыптасқан есеп объектіні басқару үшін тиімді тапсырма болады, кірістік әсерінің жағдайының өзгеруі теңсіздік және теңдік сияқты шектеулері бар (2.36) сызықты емес теңдікпен сипатталады. Тапсырманы айнымалылармен тиімділеумен шихта құрамын анықтау ретінде шихтаның  $X_{i0}(i=1,5)$ , штейннің  $X_{i5}(i=1,2)$ , ысыру шлагының  $X_{i6}(i=1,3)$  химиялық құрамы болады.

Есепті шешу үшін айналушы Розенброг координаттар әдісі және есеп критеріінің түрленуі үшін айыптық функциялар әдісін қолдануға негізделген әдіс қабылданған.

Яғни  $f(X_{16})$  функциясы орнына  $\Phi(X_{16})$  түрдегі функция қарастырылады

$$\hat{O}(X_{16}) = f(X_{16}) + \sum_i \mu_i \varphi_i (f_i(\bar{G}, \bar{X}) - a_i)^2 + \sum_i \lambda_i \psi_i (f_i(\bar{G}, \bar{X}) - b_i)^2 - \sum_i \xi_i (Q(\bar{G}, \bar{X}) - c_i), \quad (2.39)$$

мұндағы,  $\mu, \lambda, \xi$  – айыппұл коэффициенттері.  $f(G,X)$  - (2.37)-(2.38) шектеулеріндегі функция.  $Q(G,X)$  - (2.36) шектеулеріндегі функция;  $a, b$  – (2.37) және (2.38) теңсіздіктерінің оң және сол шектеулері;  $c$  - (2.36) типті теңдіктердің шектеулер мәні;  $\varphi, \psi, \xi = |0$ , егер шектеулер орындалса  $U$ , егер шектеулер орындалмаса.

(2.38) және (2.39) ескере отырып,  $U$  санының жеткілікті үлкен мәнінде түрленген есеп шешімі шихта құрамын анықтаудың шығыстық есебінің ізделіп отырған шешіміне жақын.

Розенброг айналушы координатасы әдісінің алгоритмі іздеудің локалды алгоритмі болатындықтан (2.38) және (2.39) ескеріп есепті шешу кезінде  $\Phi(X_{16})$  глобалды экстремумын табуға кепіл бермейді.

Бірақ

$$\sum_i \mu_i \varphi_i (f_i(\bar{G}, \bar{X}) - a_i)^2$$

және

$$\sum_i \lambda_i \psi_i (f_i(\bar{G}, \bar{X}) - b_i)^2 - \sum_i \xi_i (Q(\bar{G}, \bar{X}) - c_i)$$

бастапқы мәндері тәжірибелер мәліметтері бойынша берілетіндігін ескере отырып, көрсетілген формулалардың параметрлерінің «жақсы» бастапқы жақындаулары тәжірибелік мақсатта қажет есептің тура шешімін қамтамасыз етеді. Имитационды модельдерде және өндірістік шарттарда жүргізілген алгоритмді зерттеудің нәтижелері осыны дәлелдейді [22].

## 2.16 Материалдық ағындарды электропештер арасында тарату

Материалдық ағымды электропештер арасында тиімді тапсырмалары негізгі шығыстық айнымалылардың кірістікпен байланысын сипаттайтын сызықты регрессиялы теңдеу жүйесі түрінде қалыптасады. Айнымалыларға қойылатын шектеулер материалдарды қайта өңдеуге жоспарлық тапсырмалармен және басқарушы әсерге бері уақыт аралығына шығару және соңғысының химиялық құрамына талаптармен анықталады. Есептің тиімді критеріі мыстың бөлім бойынша салыстырмалы шығынын анықтайды. Есептің математикалық қойылуы келесі түрге ие:

Тиімділеу критеріі

$$Z = \frac{\sum_k G_6^k X_{16}}{\sum_k G_1^k} \rightarrow \min, \quad (2.40)$$

мұндағы,  $k$  - пеш номері ( $k=1, n$ ).

Есепті шектеу келесі шарттармен анықталады:

-  $k$ -ші пеште ысыру шлагында мыс құрамымен

$$0 \leq X_{16}^k(G_1^k, G_2^k, G_3^k, G_4^k, X_{11}, X_{21}, X_{31}, X_{41}) \leq \overline{X_{16}^k}; \quad (2.41)$$

- бөлім бойынша штейн санымен

$$G_5 \leq \sum_k G_5(G_1, G_2, G_3, X_{11}, X_{21}, X_{51}, X_{29}) \leq \gamma \overline{G_5}; \quad (2.42)$$

-  $k$ -ші пештің штейнінде мыс құрамы

$$\underline{X_{15}^k} \leq X_{15}^k(G_1^k, G_2^k, X_{11}, X_{21}, X_{51}, X_{13}) \leq \overline{X_{15}^k}; \quad (2.43)$$

-  $k$ -ші пештің ысыру шлагында  $\text{SiO}_2$  құрамымен

$$\underline{X_{36}^k} \leq X_{36}^k(G_1^k, G_2^k, G_3^k, X_{31}) \leq \overline{X_{36}^k}; \quad (2.44)$$

-  $k$ -ші пештің ысыру шлагында  $\text{CaO}$  құрамымен

$$\underline{X_{46}^k} \leq X_{46}^k(G_1^k, G_2^k, X_{41}) \leq \overline{X_{46}^k}; \quad (2.45)$$

-  $k$ -ші пештің ысыру шлагында темір құрамымен

$$\underline{X}_{26}^k \leq X_{26}^k(G_1^k, G_2^k, X_{21}, X_{23}) \leq \overline{X}_{26}^k; \quad (2.46)$$

- бөлім бойынша ысыру шлагы көлемімен

$$G_6 \leq \sum_k G_6^k(G_1^k, G_2^k, G_3^k, G_4^k, X_{31}, X_{41}); \quad (2.47)$$

- к-пеш бойынша электр энергиясының шығынымен

$$G_7^k(G_1^k, G_2^k, G_3^k, G_4^k, X_{31}, X_{41}) \leq \beta_{\gamma\gamma}^k \sum_k \overline{G}^k; \quad (2.48)$$

- G<sup>k</sup>-пештерінің жалпы және бөлім бойынша өнімділігі

$$G_1^k + G_2^k + G_3^k + G_4^k \leq \overline{G}^k, \sum_k \overline{G}^k = \overline{G}; \quad (2.49)$$

- мыс бойынша бөлімнің жоспарлық тапсырмасымен

$$G_M \leq \sum (G_1^k X_{11} + G_2^k X_{12} + G_3^k X_{13}), \quad (2.50)$$

мұндағы,  $\beta_{\gamma\gamma}^k$  – шихта тоннасына электр энергиясының салыстырмалы шығыны;

$G_j^k$  -  $G_1^k, G_2^k, G_3^k, G_4^k, G_5^k, G_6^k, G_7^k$  – сәйкесінше, түйіршіктер, айналымдар саны, конверторлы шлак, әктас, штейннің, ысыру шлагының және электр энергиясының к-ші пеші үшін шығындары;

$G_M$  – мыс бойынша бөлімнің жоспарлық тапсырмалары  $\gamma$  ( $0 \leq \gamma \leq 1$ );

$G, \overline{G}$  - материалдар каналдары бойынша жоғарғы және төменгі шектеулер;

$X, \overline{X}$  - материалдардың конденциялы көрсеткіштері бойынша жоғарғы және төменгі шектеулері;

$X_{ij}$  -  $i$ -ші компоненттің  $j$ -ші материалдағы құрамы,  $i=1.5$  1-Cu, 2-Fe, 3-SiO<sub>2</sub>, 4-CaO, 5-S.

Есептің тиімділеу айнымалылары ретінде  $G_i^k$  ( $i=1.4$ ), ( $k=1.n$ ) электропешті бөлімінде кірістік материалдық ағындардың ауысымдық шығындары болады. Материалды ағындары басқарудың тиімділеу тапсырмасын қоюдың алынған математикалық моделі (2.40) сызықты емес критериймен тиімділеу және (2.41) мен (2.50) теңсіздікті сызықты шектеу жүйесімен шартты тиімділеу есебі тобына қатысады. Материалды ағындарды басқару есептерін шешу үшін шихтаның тиімді құрамын анықтау тапсырмалары үшін қолданылған іздеу алгоритмі қолданылады, бірақ (2.38) формуласындағы теңдіктер түріндегі шектеуді ескермейді. ЭЕМ есептеуді орындаудың тәжірибесі Розенброк әдісін қолданудың тиімділігін көрсетеді [33].

## 2.17 Штабельдің тиімді химиялық құрамын анықтау алгоритмі

Штабельдің химиялық құрамын анықтаудың есептерін шешу шығыстық мәліметтер және шихтаның химиялық құрамын тиімділеу есебінің шешімінің массивінің қалыптасу алгоритмдері көмегімен іске асырылады.

Шығыстық мәліметтердің массивтерін қалыптастыру алгоритмі электрбалқыту кіші жүйелерінің ақпараттық базасында қалыптастыру алгоритмдерінің мәліметтерін қолдана отырып, шихтаның химиялық құрамын тиімділеу есептерін шешуге дайындауды іске асырады.

Алгоритмнің блок-схемасы 2.4- суретте келтірілген.

1-блок. Модель коэффициентінің массивті қалыптастыруын іске асырады.

2-блок. Модель теңдеулерінің бос мүшелерін есептейді.

3-блок. Шектеу жүйесін модель айнымалыларына қалыптастырады.

4-блок. Есепті шешуге қажет барлық мәліметтердің болуын тексеруді іске асырады. Ақпарат жетіспеген жағдайда әрекетті 5-блокқа береді.

5-блок. Қолмен еңгізу мәліметтерінің болуын анықтайды және әрекетті 1-блокқа немесе 6-блокқа береді.

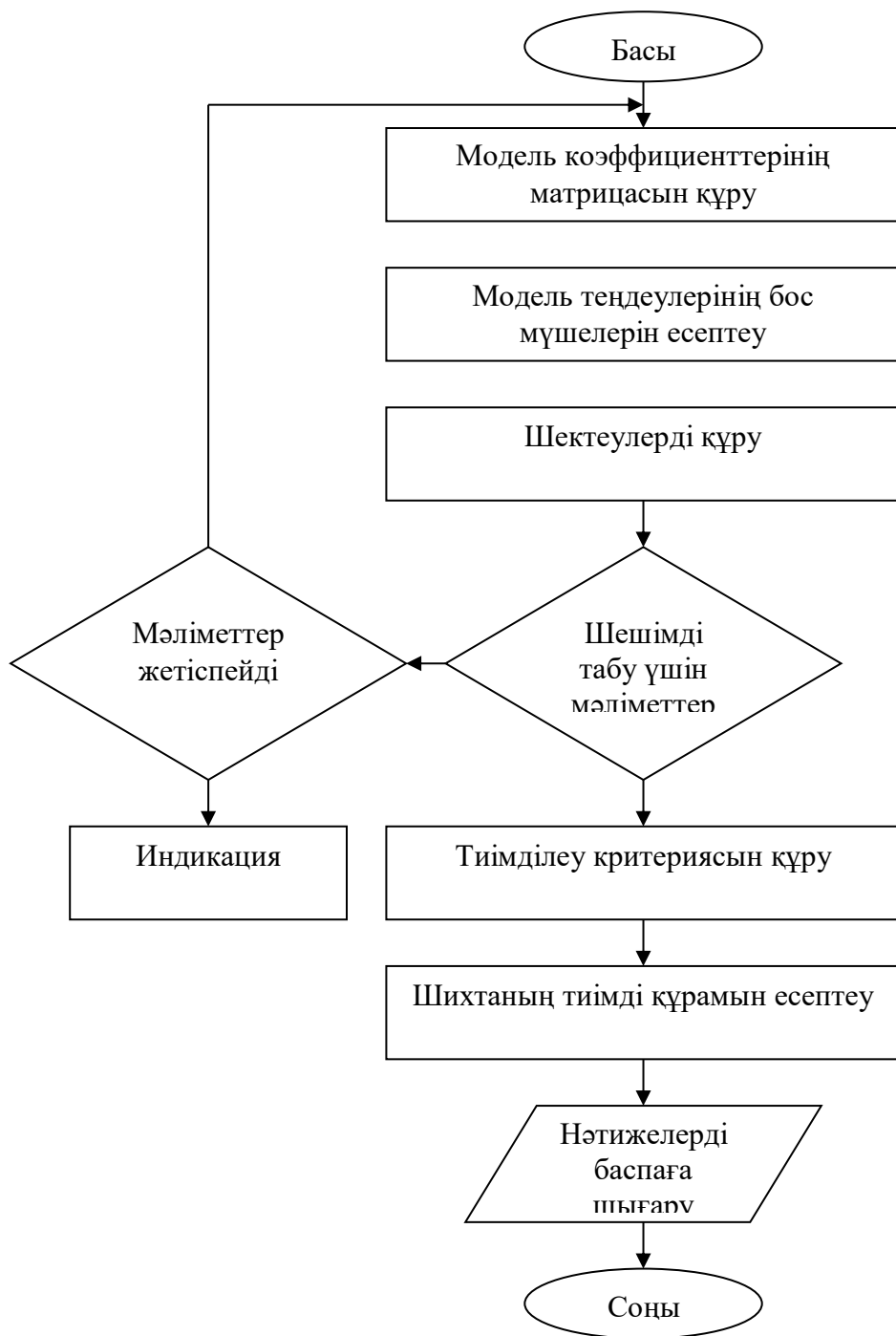
6-блок. Қолмен еңгізілуі жоқ мәліметтерді индикацияға береді.

7-блок. Тиімділеу критеріін қалыптастырады.

$$X_{16} = f(G_0, G_3, G_{10}, X_{10}, X_{20}, X_{30}, X_{40}). \quad (2.51)$$

8-блок. Тиімділеудің стандартты бағдарламасына қатысады және шихтаның химиялық құрамын тиімділеудің сызықты емес есептерін шешуді іске асырады.

Алгоритм шығыстық мәліметтері – есеп параметрлерінің массиві. Шығыстық ақпарат – айнымалылардың тиімді мәндері.



## 2.4 Сурет - Шихта құрамының бастапқы берілгендер және есеп құрылуының алгоритмінің блок-схемасы

### 2.18 Электрбалқыту үрдісінің материалдық ағынын тиімді тарату алгоритмі

Материалдық ағымдарды тиімді тарату есептерінің шешімдері математикалық модель теңдіктерінің адаптация алгоритмдерінің қолдануымен іске асады. Алгоритм шығыстық мәліметтердің массивін қалыптастыруды, тиімділеудің стандартты бағдарламасына қатысуды және шешім нәтижелерін басып шығаруға беруді іске асырады. Тиімділік есептерін шешу үшін шығыстық мәліметтер ретінде модель параметрлерін түзетілген мәндері, үрдіс айналымына технологиялық шектеулер және жоспарлық тапсырмалар болады. Алгоритмнің шығыстық ақпараты ретінде электропештер бойынша материалдық ағынның мәндері болады [34]. Тиімділік тапсырмасын шешудің алгоритмінің блок-схемасы 2.5 - суретте келтірілген.

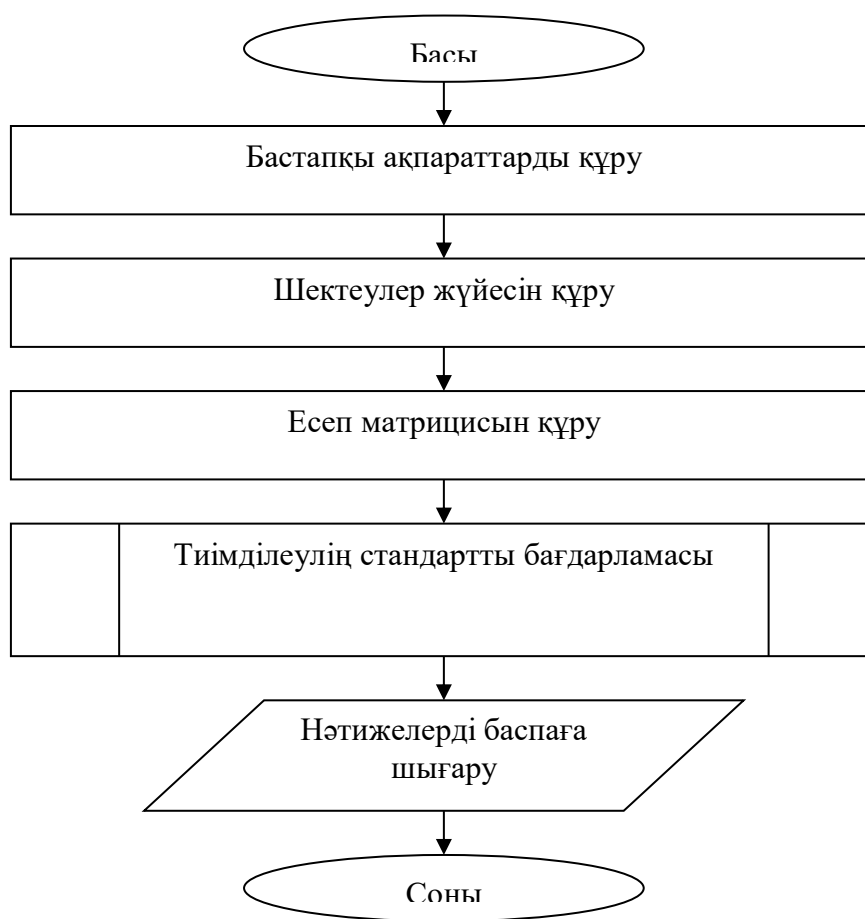
1-блок. Шығыстық мәліметтерді қалыптастыруды орындайды.

2-блок. Есепті шешу үшін шектеу жүйесін қалыптастыруды жүргізеді.

3-блок. Тиімділеу есебінің айыптық функцияларын қалыптастырады.

4-блок. Тиімділіктің стандартты бағдарламасына айналуы іске асырады және электрбалқытудың технологиялық режимін тиімділеу есебін шешеді.

5-блок. Есеп шешімдерінің нәтижелерін басып шығаруға береді.





## 2.5 Сурет - Электрбалқыту үрдісінің материалдық ағындарын тиімді тағайындау алгоритмінің блок-схемасы

### ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жоба мыс концентраттарын электрлік балқыту режимін автоматтандырылған бақылау және басқару жүйесін әзірлеуге арналған.

Руда-термиялық пештің жұмысында электр режимін бақылау проблемасы қазіргі уақытта бірінші орындардың бірін алады, электр режимін басқарудың жетілмегендігі электр энергиясының шығынын арттыруға, балқыту өнімі сапасының төмендеуіне әкеледі. Бұл міндетті шешу шығындарды қысқартуға ғана емес, сапасын жақсартуға, шығарылатын өнімнің көлемін арттыруға мүмкіндік береді [24].

Басқарудың бұл міндеттері ақпаратты жинаудың, берудің және өндеудің технологиялық құралдарын басқарудың автоматтандырылған жүйесін құру жолымен автоматика құралдарын және есептеу техникасын өндіріске кеңінен енгізу негізінде шешілуі мүмкін.

Дипломдық жобаның бірінші бөлімінде электр балқыту технологиясының негіздері сипатталған, сондай-ақ зауыт жағдайында мысты алуға арналған

шикізат көрсетілген, материалдық баланс пен жылу балансының есебі жасалған және электр балқытудың техникалық-экономикалық көрсеткіштері көрсетілген.

Екінші бөлім, арнайы бөлім ТП АБЖ және кенді термиялық балқытудың электр режимін бақылау мен басқарудың микропроцессорлық жүйесін әзірлеуге арналған. Бұл мәселе келесі міндеттерді шешуге байланысты:

- басқару міндетін шешу үшін басқару объектісін сәйкестендіру және алынған модельді бейімдеу;

- жүйенің жұмыс істеуінің жалпы алгоритмін әзірлеу;

- сандық басқару жүйесінің технологиялық құралдарын таңдау [24].

Жалпы жағдайда басқару есебі тиімді технологиялық режимде үрдісті жоғары дәлдікте жүргізуді қамтамасыз ететін жүйені құрастыру мен тұрғызу болып табылады.

ТҮАБЖ-ны енгізу мыс концентраттарын электрбалқыту үрдісі үшін рентабельді және толық қолданысқа ие болып табылады.

## ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР ТІЗІМІ

МП	микропроцессор
ҚЕ	қауіпсіздік ережелері
КТП	кенді термиялық пеш
ӨЭ	өлшеу элементі
БО	басқару объектісі
СЭ	салыстыру элементі
Т	түрлендіргіш
К	күшейткіш
АБҚ	автоматты басқару құрылғысы
ЭЖК	электродтар жағдайының көрсеткіштері
ОБҚ	объектілермен байланыс құрылғысы
ЕҚ	есте сақтау құрылғысы
ТУАБЖ	технологиялық үрдісті автоматты басқару жүйесі
ОВ	ұйымдастыру блоктары
БӨАЖА	бақылау-өлшеу аспаптары және автоматтандыру
ТСБ	тікелей сандық басқару
СЕМ	сандық есептеу машинасы

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Васильев В.В. Управление руднотермической электроплавкой сульфидного медно-никелевоо сырья на основе гармонического анализа тока и напряжения электродов на сайте <https://www.dissercat.com/content/upravlenie-rudnotermicheskoi-elektroplavkoi-sulfidnogo-medno-nikelevogo-syrya-na-osnove-garm>
- 2 Мыс концентраттарын электрмен балкыту процесін автоматтандыру. Мырзаева А.Ә., Искакова А.М. Сатпаевские чтения – 2020: «Автоматизация и роботизация»
- 3 Иманбекова У.Н. Кошимбаев Ш.К. Труды международного форума «Инженерное образование и наука в XXI веке: Проблемы и перспективы, посвященного 80-летию КазНТУ имени К.И.Сатпаева». Том 2. 22-24 октябрь 2014 год.с.263-267.
- 4 Цветные металлы, журнал – М.: «Руда и металлы», 2001. – 131с.
- 5 Электроплавка сульфидных и медно-никелевых руд и концентратов на сайте <http://mashmex.ru/metallurgi/85-proizvodstvo-cinka-nikelya.html?start=17>
- 6 Плавка медных концентратов на сайте <https://trastcomp.ru/plavka-mednyh-koncentratov//>
- 7 Конвертирование никелевых и медно-никелевых штейнов. Термодинамика основных реакций процесса на сайте <http://mashmex.ru/metallurgi/85-proizvodstvo-cinka-nikelya.html?start=18>
- 8 Диамедовский Д.А., Шалыгин А.М. и другие «Расчет пиропроцессов и печей цветной металлургии» -М., 1963г.
- 9 «Технологические расчеты в металлургии тяжелых цветных металлов» - под ред. Гудима Н.В., -М., 1977г.
- 10 Лоскутов Ф.М., Шейдлер А.А. «Расчеты по металлургии тяжелых цветных металлов» -М., 1963г
- 11 Серебрянный Я.Л. «Электроплавка медно - никелевых руд и концентратов» - М., 1974 г.
- 12 Электроплавка сульфидных медно-никелевых руд и концентратов на сайте <http://mashmex.ru/metallurgi/85-proizvodstvo-cinka-nikelya.html?start=17>
- 13 Управление руднотермической электроплавкой сульфидного медно-никелевого сырья на сайте <https://www.dissercat.com/content/upravlenie-rudnotermicheskoi-elektroplavkoi-sulfidnogo-medno-nikelevogo-syrya-na-osnove-garm>
- 14 Плавка медных концентратов в электрических печах на сайте <http://metal-archive.ru/tyazhelye-metally/1483-drugie-vidy-otrazhatelnoy-plavki-mednyh-rud-i-koncentratov.html>
- 15 Курбатов С.М. Математическое моделирование и оптимизация сложных технологических структур и объектов. М.: Машиностроение, 1997.- 80 с
- 16 Струнский Б.М. «Руднотермические плавильные печи» -М., 1972г.
- 17 Рудницкий В.В. «Автоматизация процессов рудной электроплавки в цветной металлургии» -М., 1972г.

18 Растригин Л.А. «Современные принципы управления сложными объектами» - М., 1980г.

19 Кувантаев И.Х., Кошимбаев Ш.К., Иманбекова У.Н., Оспанов Е.А. Математическая модель управления процессом электроплавки медных концентратов. Вестник Семипалатинского Государственного Университета имени Шакарима. Научный журнал. . Семей, Казахстан ISSN 1607-2774, №2 (66) 2014

20 Стефани Е.П. «Основы построения АСУТП» -М., 1982г.

21 Руководство пользователя по языку STER 5 версия 7.1

22 Иманбекова У.Н. Кошимбаев Ш.К. Труды международного форума «Инженерное образование и наука в XXI веке: Проблемы и перспективы посвященного 80-летию КазНТУ имени К.И.Сатпаева». Том 2. 22-24 октября 2014 год.с.263-267.

23 Кубашевский О., Оюк С. Б. Металлургическая термехимия. Пер. с англ. М.: Металлургия, 1982.-392 с.

24 Плавка медных концентратов на сайте <https://trastcomp.ru/plavka-mednyh-koncentratov/>

25 Автоматизация технологического процесса выплавки стали в дуговых сталеплавильных печах на сайте <https://metallurgist.pro/avtomatizatsiya-technologicheskogo-protssessa-vyplavki-stali-v-dugovyh-staleplavilnyh-pechah/>

26 Контроль и автоматизация. Современное состояние автоматизации технологических процессов рудно-термической электроплавки на сайте [https://studbooks.net/2523283/tovarovedenie/kontrol\\_avtomatizatsiya](https://studbooks.net/2523283/tovarovedenie/kontrol_avtomatizatsiya)

27 Васильев В.В. Управление рудно-термической электроплавки сульфидного медно-никелевого сырья на основе гармонического анализа тока и напряжения электродов на сайте <https://www.dissercat.com/content/upravlenie-rudno-termicheskoi-elektroplavkoi-sulfidnogo-medno-nikelevogo-syrya-na-osnove-garm>

28 Серебряный Я. Л. Электроплавка медно-никелевых руд и концентратов: Учебник. М.: Металлургия, 1974. - 248 с.

29 Смирнов В.И., Цейдлер А.А., Худяков И.Ф., Тихонов А.И. Металлургия меди, никеля и кобальта. Часть 1. Металлургия меди Учебное пособие. — М.: Металлургия, 1964. — 460 с.

30 Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. М. : Радио и связь, 1988 г.-128 с.

31 Русаков М.Р., Мосиондз К.И., Жуковский Ю.С. Основные направления совершенствования руднотермической электроплавки медно-никелевого сырья // Цветные металлы. 1998. №2.

32 Стефани Е.П. «Основы построения АСУТП» -М., 1982г.

33 ГОСТ 21.404-85. Обозначения условные приборов и средств автоматизации.

34 ГОСТ 21.408-93. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов.

