

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру

Қуандық Сағындық Тұрлыбекұлы

Кен-термиялық пештің энергетикалық режимін басқару жүйесін және математикалық  
моделін жасау

Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА**

6B07103-Автоматтандыру және роботтандыру

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**  
Автоматтандыру және басқару  
кафедрасының меңгерушісі,  
физика-математика ғылымдарының  
кандидаты

Алдияров Н.У.  
« 05 » « 06 » 2023 ж.



Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА**

Тақырыбы «Кен-термиялық пештің энергетикалық режимін басқару жүйесін және  
математикалық моделін жасау»

6B07103 - «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығы

Орындаған:

Қуандық Сағындық Тұрлыбекұлы

Рецензент:  
техника ғылымдарының  
докторы, профессор

Битеев Ш.Б.  
« 05 » « 06 » 2023 ж.

Ғылыми жетекші:  
техника ғылымдарының  
кандидаты, доцент

Кошимбаев Ш.К.  
« 30 » « маусым » 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

6B07103 - «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығы

**БЕКІТЕМІН**

Автоматтандыру және басқару  
кафедрасының меңгерушісі,  
физика-математика ғылымдарының  
кандидаты

Алдияров Н.У.  
«06» маусым 2023 ж.



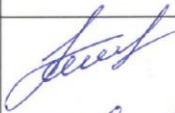


**Дипломдық жобаны орындауға арналған  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Қуандық Сағындық Тұрлыбекұлы  
Жобаның тақырыбы: «Кен-термиялық пештің энергетикалық режимін басқару жүйесін және математикалық моделін жасау»  
Университет проректоры Б.А. Жаутиковтың «23» қараша 2022 ж. № «408-П/Ө» бұйрығымен бекітілген.  
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «06» маусым 2023 ж.  
Дипломдық жобада әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:  
а) кіріспе;  
б) технологиялық бөлім, арнайы бөлім.  
Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып): функционалдық сұлба, құрылымдық сұлба.  
Жұмыс презентациясы 17 слайдтарда көрсетілген.  
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 10 атаулардан тұрады.

Дипломдық жобаны дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Технологиялық бөлім	18.01.2023 - 06.02.2023	
Арнайы бөлім	20.02.2023 - 06.04.2023	

Аяқталған дипломдық жоба үшін, оған қатысты бөлімдердің жобасын көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Қошимбаев Ш.К., техника ғылымдарының кандидаты, доцент	26.05.23	
Арнайы бөлім	Қошимбаев Ш.К., техника ғылымдарының кандидаты, доцент	26.05.23	
Норма бақылаушы	Жанабаева Э.Ж., техника ғылымдарының магистрі, ассистент	26.05.23	

Ғылыми жетекшісі  Кошимбаев Ш.К.

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Қуандық С.Т.

Күні « 8 » желтоқсан 2022 ж.

## АҢДАТПА

Жобада пеш басқару объектісі ретінде қарастырылды және кен-термиялық пеш фазасының математикалық моделі әзірленді. Сонымен қатар гармоникалық компоненттерді модельдеу нәтижелері және тиімді ток мәндері ұсынылды.

Жобаның мақсаты: электрлік және технологиялық балқыту режимдерінің тиімділігін арттыруды, сонымен қатар балқудың төмендеуін қамтамасыз ететін фазалық ток қисығының гармоникалық құрамын талдау негізінде кен-термиялық пешті басқарудың жетілдірілген жүйесін жасау.

Дипломдық жобаның бірінші бөлімінде кен-термиялық пештің технологиялық процесі және жұмыс істеу принципі қарастырылды.

Дипломдық жобаның екінші бөлімінде кен-термиялық пештің конструкциясы қарастырылып, жеке бөлшектері толығымен бөлшектеліп, олардың жұмыс істеу принципі, конструкциясы және жекелеген бөлшектері қандай материалдардан жасалғаны қарастырылды.

Дипломдық жобаның үшінші бөлімінде кен-термиялық пештің оңтайлы жұмыс істеуі үшін математикалық модель жасалып, реттегіш есептелді.

## АННОТАЦИЯ

В проекте печь рассматривалась как объект управления, и была разработана математическая модель фазы рудно-термической печи. Также были представлены результаты моделирования гармонических компонентов и эффективные значения тока.

Цель проекта: разработка усовершенствованной системы управления рудно-термической печью на основе анализа гармонического состава кривой фазового тока, обеспечивающей повышение эффективности электрических и технологических режимов плавления, а также снижение плавления.

В первой части дипломного проекта был рассмотрен технологический процесс и принцип работы горно-термической печи.

Во второй части дипломного проекта была рассмотрена конструкция рудно-термической печи, полностью разобраны отдельные детали и рассмотрены принцип их работы, конструкция и из каких материалов изготовлены отдельные детали.

В третьей части дипломного проекта разработана математическая модель для оптимальной работы рудно-термической печи и рассчитан регулятор.

## ANNOTATION

In the project, the furnace was considered as a control object and a mathematical model of the ore-thermal furnace phase was developed. The results of modeling harmonic components and effective current values were also presented.

The purpose of the project: to develop an advanced ore-thermal furnace control system based on the analysis of the harmonic composition of the phase current curve, which ensures an increase in the efficiency of Electrical and technological melting modes, as well as a decrease in melting.

In the first part of the graduation project, the technological process and the principle of operation of the ore-thermal furnace were considered.

In the second part of the graduation project, the design of the ore-thermal furnace is considered, individual parts are completely dismantled, the principle of their operation, design and from what materials the individual parts are made.

In the third part of the graduation project, a mathematical model was developed for the optimal operation of the ore-thermal furnace and the regulator was calculated.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Технологиялық бөлім	8
1.1 Кен-термиялық пештердің сипаттамасы	8
1.2 Автоматты жүйелерді құрудың қолданыстағы принциптері кен-термиялық пештерді басқару	18
1.3 Кен-термиялық пешпен технологиялық процесті автоматтандырудың функционалдық схемасы және автоматтандыру құралдарын таңдау	20
1.4 Балқыту процесін автоматты басқару жүйесін таңдау	22
1.5 Кен-термиялық пештің электр жабдықтары	24
1.6 Пешті тиеу және түсіру жүйесі	28
2 Арнайы бөлім	36
2.1 Құрылымдық сұлбаны талдау және пештің ТП АБЖ моделін алу	36
2.2 Электр пешінің ТП АБЖ динамикалық қасиеттерін зерттеу	41
2.3 Электр пешінің ТП АБЖ өтпелі процесінің сапасын бағалау	44
2.4 Әр түрлі әдістерге негізделген пешті басқару жүйесінің реттегішін синтездеу	47
Қорытынды	60
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	61
А қосымшасы	62

## КІРІСПЕ

Жобаның мақсаты: Процесстің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін арттыруға мүмкіндік беретін кенді-термиялық балқыту процесін басқарудың автоматтандырылған жүйесін әзірлеу болып табылады.

Жобаның өзектілігі: қазіргі уақытта Қазақстан хром рудасының қоры бойынша әлемде екінші орында, сондықтан кен-термиялық пештің жетілдірілген үлгісін жасау ел экономикасының дамуына септігін тигізуі мүмкін. Кен-термиялық пешті басқару процесін оңтайландыру хром өңдеуші ірі зауыттардың бірі Ақтөбе ферроқорытпа зауытының одан әрі дамуы мен өсуі үшін үлкен жетістіктерге қол жеткізді. Мыс және никель өндірісі Қазақстан экономикасы үшін үлкен маңызға ие. Мыс пен никель өндірісінде пирометаллургиялық әдістер, соның ішінде автогендік процестерді қолдану кең таралған. Алайда, бүгінде шикізатты кенді термиялық пештерде электрмен балқыту арқылы штейн алудың дәстүрлі технологиясы өз маңызын сақтап отыр. Кен-термиялық пеште электрмен балқытудың қолданыстағы технологиясы төмен техникалық-экономикалық көрсеткіштермен, қолайсыз экологиялық жағдаймен, пештерге қызмет көрсетудегі қиындықтармен сипатталады. Осы факторлардың барлығы сульфидті мыс никельді шикізатты өңдеу процесінің технологиялары мен басқару жүйелерін заманауи талаптарға сәйкес келетін деңгейге дейін жаңартуды талап етеді, өйткені өндірістің неғұрлым прогрессивті автогендік әдістерін әзірлеу және енгізу айтарлықтай көп ресурстарды қажет етеді. Автоматтандырылған басқару жүйелерін құрудың күрделілігі технологиялық процестердің, әдетте, жоғары температуралы және химиялық агрессивті ортада және негізгі технологиялық параметрлерді автоматты бақылау жүйелерімен нашар жабдықталған үлкен бірлік қуаттылықтағы қондырғыларда жүретіндігімен түсіндіріледі. Нәтижесінде математикалық сипаттаманы да, объект ішіндегі қатынастарды орнатуды да қамтитын кенді термиялық балқыту процесін басқарудың кейбір жүйесін құру мәселесі туындайды.

Жобада қойылған міндеттер:

- Басқару объектісі ретінде кен-термиялық пеште штейн алу процесін талдау;
- Кен-термиялық пештерді басқарудың автоматты жүйелерін құрудың қолданыстағы принциптерін талдау;
- Электродтардың кернеуі мен тогының гармоникалық құрамының пеш жұмысының технологиялық параметрлерімен байланысын анықтау;
- Сульфидті мыс-никель шикізатын электрмен балқыту процесінің математикалық моделін әзірлеу;
- Сульфидті мыс-никель шикізатын өңдеуге арналған кенді термиялық пешті басқару жүйесін әзірлеу.

## 1 Технологиялық бөлім

### 1.1 Кен-термиялық пештердің сипаттамасы

Кен-термиялық пештер – бұл өнертабыс металлургия өнеркәсібі саласына жатады және түсті металлургия кәсіпорындарында негізгі агрегат ретінде пайдаланылуы мүмкін. Кен-термиялық пештер жұмысының негізгі принциптерінің бірі электродтардың жұмысына негізделеді, ең көп таралған түрлерінің бірі-үш электродты кен-термиялық пеш. Электродтардың орналасуының кемшілігі көлденең жазықтықтың жоғарғы бөлігінде токтар ағып жатқанда, біркелкі емес қыздыру өтеді. Көлемді балқыту сыйымдылығы бөлігінде бөлінбейді. Үш электродтың тік жазықтықта қозғалуы бірдей қиындықтармен байланысты.

Кен-термиялық пештердің кемшілігі - фазалық электродтардағы токты реттеу олардың балқымаға енуін өзгерту арқылы жүзеге асырылады. Төменгі бөліктің белгілі бір қуыстарында балқыма іс жүзінде электр өрісіне ұшырамайды және қызбайды. Өнертабыстың негізгі міндеті пештің өнімділігін реттеу және балқыту процесінің біркелкі жүруін қамтамасыз ету кезінде энергия шығынын азайту болып табылады. Техникалық нәтиже балқыма көлеміндегі біркелкі жылу шығаратын электродтар фазасындағы токты теңестіру арқылы энергия шығынын азайту болып табылады.

Техникалық процестің бұл нәтижесіне бір-бірінен және пештің ортасынан бірдей қашықтықта орналасқан үш электрод пештің ортасында орналасқан және оларды тік ось бойымен жылжыту мүмкіндігімен орнатылған төртінші электродпен қосымша жабдықталғандығымен қол жеткізіледі. Қосымша электродты енгізу электрод фазасындағы токтың теңестірілуін және балқыма көлемінде біркелкі жылу шығаруды қамтамасыз етеді, бұл өз кезегінде энергия шығынын азайтады және пештің жұмысын реттеуді жеңілдетеді. Кен-термиялық пеш бір фазалы электродтар орналасқан қаптамадан тұрады. Бұл электродтар тең бүйірлі үшбұрыштың шыңдарында, ал берілген электродтың ортасында нөлдік электрод орналасқан.

Балқыту процесі өнеркәсіптік жиіліктің айнымалы тоғында үздіксіз режимде жүреді. Материал қоймадағы тесіктер арқылы құйылады. Үш негізгі электродқа ток өткізіледі. Төртіншісі нөлдік фазаға қосылған. Нөлдік электродтың тік қозғалысы кезінде ток пен кернеу фахтың үш электродында артады, ұзартылған кезде азаяды. Төртінші электродтың болуы фазалық электродтардағы ток пен кернеу мәндерін теңестіруге мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде балқыма көлемінде біркелкі жылу шығаруға және энергияны үнемдеуге ықпал етеді. Нөлдік электродты жылжыту стандартты айналып өту механизмі арқылы жүзеге асырылады. Балқу процесі жүретін жылу балқу қабатының электр тогының өтуіне төзімділігіне байланысты пайда болады. Фазалық электродтардағы ток пен кернеудің нөлдік мәндеріндегі электродтың батыру тереңдігінің әсері электролизер моделінде жүргізілген эксперименттік және зерттеулермен расталады. Ұсынылған кен-термиялық пешті пайдалану



прототиппен салыстырғанда балқыманың бүкіл көлемде біркелкі қызуын орнатуға және энергия шығынын азайтуға мүмкіндік береді. Олардың цилиндрлік корпусынан тұратын кен-термиялық пеш, оның ішінде бір-бірінен және пештің ортасынан бірдей қашықтықта орналасқан үш электрод тігінен орналасқан, бұл ретте пеш пештің ортасына орнатылған төртінші электродпен қосымша жабдықталады.

Кен-термиялық пештер кара металдар металлургиясында және феррокорытпаларды – кремний, марганец, хром, вольфрам және т.б. темір қорытпаларын алу үшін басқа салаларда қолданылады. Қайта өңделетін материалдарды қыздыру электродтар, шихта, электр доғасы және балқытылған материал арқылы ток ағымы кезінде пайда болатын жылу есебінен жүргізіледі. Доға электр өткізгіш шихта қабатының астында жанады, жылу доғалық разрядта және негізінен балқытылған материалдардағы шихта арқылы өтетін кезде бөлінеді. Кен-термиялық пештер кен материалдарын өңдеуге арналған. Бұл өндірістердегі негізгі бағыт-оксидтерді элементтерге немесе карбидтерге дейін төмендету. Сонымен қатар, металдар көбінесе қорытпалар түрінде алынады. Бастапқы шикізат металл сульфидтері – штейндерге өңделген күкірт кендері болуы мүмкін. Кен-термиялық пештер өнімнің берілген астық құрамын алу үшін отқа төзімді оксидтерді балқыту үшін де қолданылады. Электр жылытудың және арнайы доғалық қыздыру әдісінің артықшылықтары басқа әдістермен алу тиімсіз немесе мүмкін емес материалдарды өндіру үшін кенді термиялық пештерді пайдалануға мүмкіндік береді. Кен-термиялық пештер қарсылық пештерінде немесе отын пештерінде сәтті өткізілетін осындай өндірістер үшін де қолданыла алады. Кенді термиялық пештердегі электр энергиясын жылуға айналдыру тек доғалық разрядта ғана емес, сонымен қатар токтың электр өткізгіш шихта немесе электр өткізгіш Балқыма қабаты арқылы өтуіне байланысты болуы мүмкін. Осыған қарамастан, кен-термиялық пеш дизайны (1.1-сурет) таза доғалық пештердің дизайнына жақын, сондықтан оларды доғалық қондырғылар ретінде қарастыруға ыңғайлы. Кен-термиялық пештерді таңбалау пеш қондырғысының негізгі құрылымдық ерекшеліктерін көрсетеді.

1.1 кесте – Кен-термиялық пештегі энергия шығыны

Меншікті энергия шығыны	Өндіріс процесі
10000÷16000 кВт. ч/т	фосфор
8800÷9700 кВт. ч/т	80% ферросилиций
8800÷9700 кВт. ч/т	50% ферросилиций
4100÷4700 кВт. ч/т	силикомарганец
3000÷3500 кВт. ч/т	"блоктарда" отқа төзімділік
2800 кВт. ч/т	"блоктарда" отқа төзімділік
720 кВт. ч/т	мыс никель штейні

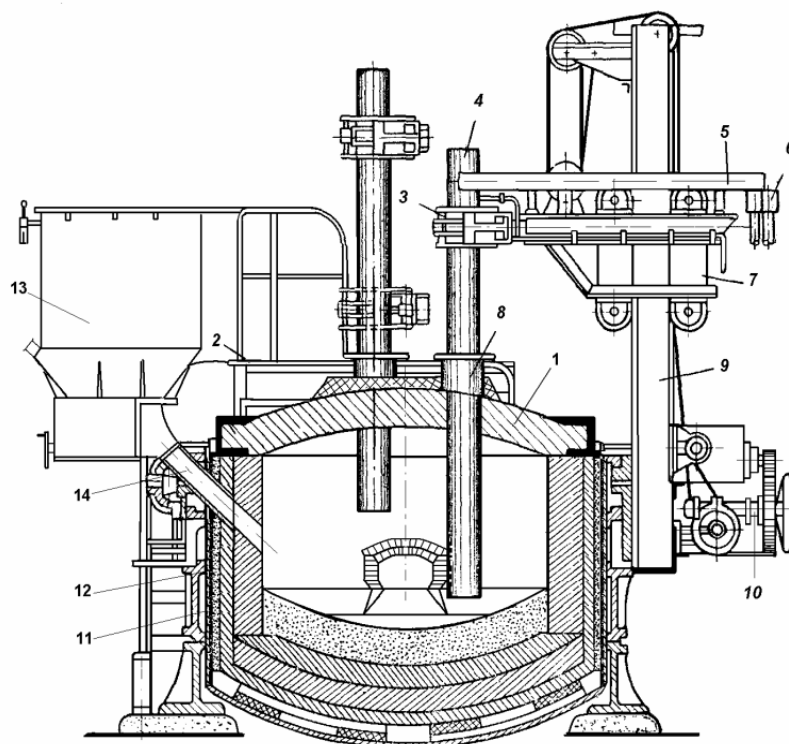
Электрлік жылытудың және доғалық типтегі жылытудың арнайы әдістерінің артықшылығы - өнімділігі төмен немесе басқа әдістермен алынбайтын материалдар үшін кенді термиялық балқыту пештерін пайдалану мүмкіндігі. Кенді термиялық балқыту пештерін қарсылық пештерінде немесе отын пештерінде сәтті жүзеге асырылатын салаларда да қолдануға болады.

Электр өткізгіш шихта қабатында токтың өту процесінде электр энергиясы жылу энергиясына айналады, бұл кен-термиялық пештегі маңызды процестердің бірі. Сондай-ақ, ұқсас процесс доғалық разрядта және электрлік балқымада болуы мүмкін. Осы процестің нәтижесінде кен-термиялық пеш доғалық қондырғылар ретінде қарастырылады, бұл бүкіл өндірісті зерттеу процесін жеңілдетеді.

Таңбалаудағы әріптер:

- бірінші Р-бұл кен-термиялық пеш екенін білдіреді;
- екіншісі пештің ваннасының пішінін білдіреді: К-дөңгелек, N-тікбұрышты;

- үшіншісі пештің түрін білдіреді: О – ашық, Z – жабық. Сандар пештің номиналды қуатын білдіреді МВ. А. таңбалаудың соңында өнімді білдіретін әріптер болуы мүмкін: к – кальций карбиді; ФМ – ферромарганец; Ф – фосфор; Кр – кремний; Ш – штейн; КТ – титан қожы; Ц – түсті металлургия пештері. Содан кейін, егер пеш бойлық қуат өтемақысын орнатумен жабдықталған болса, электродтар санын және "у" әрпін көрсететін сан болуы мүмкін.



1.1 - сурет – Феррованадий балқытуға арналған кен-термиялық пештің дизайны

Кен-термиялық пештің схемасы 1.1 - суретте көрсетілген, онда 1 - қойма; 2 - электродтарға қызмет көрсету алаңы; 3 - Электрод ұстағыш; 4 - электрод; 5 - ток өткізгіш; 6 - ток өткізгіштің икемді бөлігінің аяқ киімдері; 7 - арба; 8 - тығыздағыш сақина; 9 - тірек; 10 - электродты кабельдік беріліспен жылжыту жетегі; 11 - пештің қаптамасы; 12 - төсеу; 13 - бункер; 14 - эструс.

Ашық доғалы процестер -  $q \approx 0$ ,  $p \approx 1$ , электрод пен металл балқымасы арасында жанатын дамыған доғалық разрядпен сипатталады. Балқытылған металдың кедергісіне бөлінетін энергияның үлесі шамалы. Дизайн бойынша бұл қондырғылар болат балқыту пештерінен айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін, бірақ режимнің сипаты мен пайдалану ерекшеліктері бойынша олар ДСП-ға жақын. Мұндай процестерге мыналар жатады: көміртексіз ферромарганец, көміртексіз феррохром, марганец, никель, шойын өндірісі.

Көптеген рудалық термиялық пештер аралас жылу түріне сәйкес жұмыс істейді. Бұл жағдайда  $q$  және  $P$  үлестері арасындағы қатынас әр түрлі балқу кезеңдерінде бір процесс шеңберінде өзгеруі мүмкін. Мысалы, жоғары көміртекті ферромарганецті балқыту кезінде пештің қалыпты жұмысы қождың көп болуымен және көрінетін доғалардың болмауымен сипатталады. Энергия шлақтың кедергісінен бөлінеді. Балқытудың соңында электрод пен қалған балқыманың арасына электр доғасы орнатылады.

Аралас типтегі процестерді шлақтың мөлшеріне қарай бөлуге ыңғайлы.

Шлаксыз технологияларда (ферросилиций, кальций карбиді, ферровольфрам, кремний және т.б. өндірісі) доғада бөлінетін қуат Джоуль жылуынан басым болады  $p \gg q$ .

Шлак процестерінде - силикоалюминий, силикокальций, силикохром өндірісі доғаның үлесі өте жоғары. Электродтар шихтаға терең еніп, ток желілерінің бір бөлігі сұйық ванна арқылы жабылады (жұлдыз токтары), бір бөлігі тікелей электродтар арасында (Үшбұрыш токтары). Күлдің бір бөлігі омдық кедергіге бөлінеді.

Көп шлақты процестер - көміртекті ферромарганец, көміртекті силикомарганец, ферроникель өндірісі. Пештің қалыпты жұмысы электродтардың шихтаға тұрақты терең қонуымен сипатталады. Барлық дерлік энергия қожда бөлінеді. Процестегі доға разрядының үлесі шамалы.

Технологиялық процеске байланысты Кенді термиялық пештердің келесі түрлері ажыратылады:

- мыс және мыс-никель штейндерін алуға арналған кен балқыту (РПП) ;
- титан қождарын, синтетикалық қождарды балқытуға арналған қожды балқыту (ШПП) және негізінен ферроқорытпаларды (ферроқорытпалы пештер) өндіруге арналған кен-тотықсыздандырғыш.

Кен-термиялық пештің ваннасы дөңгелек (КР типі) немесе тікбұрышты (РП типі), қоймасы жоқ (ашық, РКО типі) немесе қоймасы бар (жабық, РКЗ немесе РПЗ типі), қозғалмайтын, айналмалы немесе көлбеу болуы мүмкін. Кен-термиялық пеш бір немесе екі (бір фазалы), үш немесе алты (үш фазалы), тең бүйірлі үшбұрыштың шындарында (КР типі) немесе сызықта (РП типі) тік, графиттелген немесе өздігінен жанатын электродтармен болуы мүмкін.

Үздіксіз жұмыс істейтін кен-термиялық пеште электродтар ваннаға үздіксіз тиелетін шихтаға батырылады; дайын металл және қож балқымалары мезгіл-мезгіл ваннаның төсеміндегі тесіктер арқылы ағызылады ("леткалар").

Мерзімді әсер ететін кен-термиялық пеш "ашық доға" режимінде шихтаның толық балқуымен жұмыс істейді. Дайын өнім ваннаны еңкейту арқылы ағызылады.

Қазіргі уақытта қазіргі заманғы кен-термиялық пештер доға түрі үш түрге бөлінеді: жабық доғалы пештер, ашық доғалы пештер және қарсылық пештері.

Ашық доғалы кенді термиялық пештерде жүретін процестердің негізгі артықшылықтары электродтар мен металл балқымасы арасындағы доғалық разрядпен анықталады. Ол сондай-ақ балқытылған кедергіге бөлінетін материалдың минималды энергиясымен сипатталады. Доғалы пештермен салыстырғанда, пештердің бұл түрі әлдеқайда үлкен, бірақ орындалатын сипаттамаларда және жұмыс кезінде үлкен ұқсастықтарды байқауға болады.

Пайдалану кезіндегі ұқсастықтарды көміртекті ферро марганецсіз, марганецсіз, көміртекті ферро хромсыз, шойынсыз, никельсіз өндірісте байқауға болады. Сондай-ақ, кейбір көрсеткіштер балқытудың әртүрлі кезеңдерінде бір процесте өзгеруі мүмкін екенін ескеру қажет.

Балқыту процесінде шлақтың кедергісіне кейбір энергия бөлінеді, осы процестің соңында электродтар мен балқымалар арасында пештің ваннасында электр доғасы орнатылады.

Шығарылған қождың мөлшеріне сәйкес әр түрлі процестерді бірнеше түрге бөлуге болады:

Қожсыз(шлагсыз) технология

Технологияның бұл түріне ферро силиций, кальций карбиді, ферро вольфрам және кремний өндірісі жатады. Бұл технологияның ерекшелігі - доғада алынған қуат пен джоуль жылуы арасындағы айырмашылық, доға бөлігіндегі қуат әлдеқайда көп.

Шлаг технологиясы

Технологияның бұл түріне силикат алюминийі, силикат кальцийі, силикат хромы өндірісі жатады. Технологиялық процесс электродтардың шихтаға терең енуімен сипатталады, сәйкесінше токты жабатын балқытылған ванна, ал екінші бөлігі электродтар арасында жабылады.

Көп шлагты технология

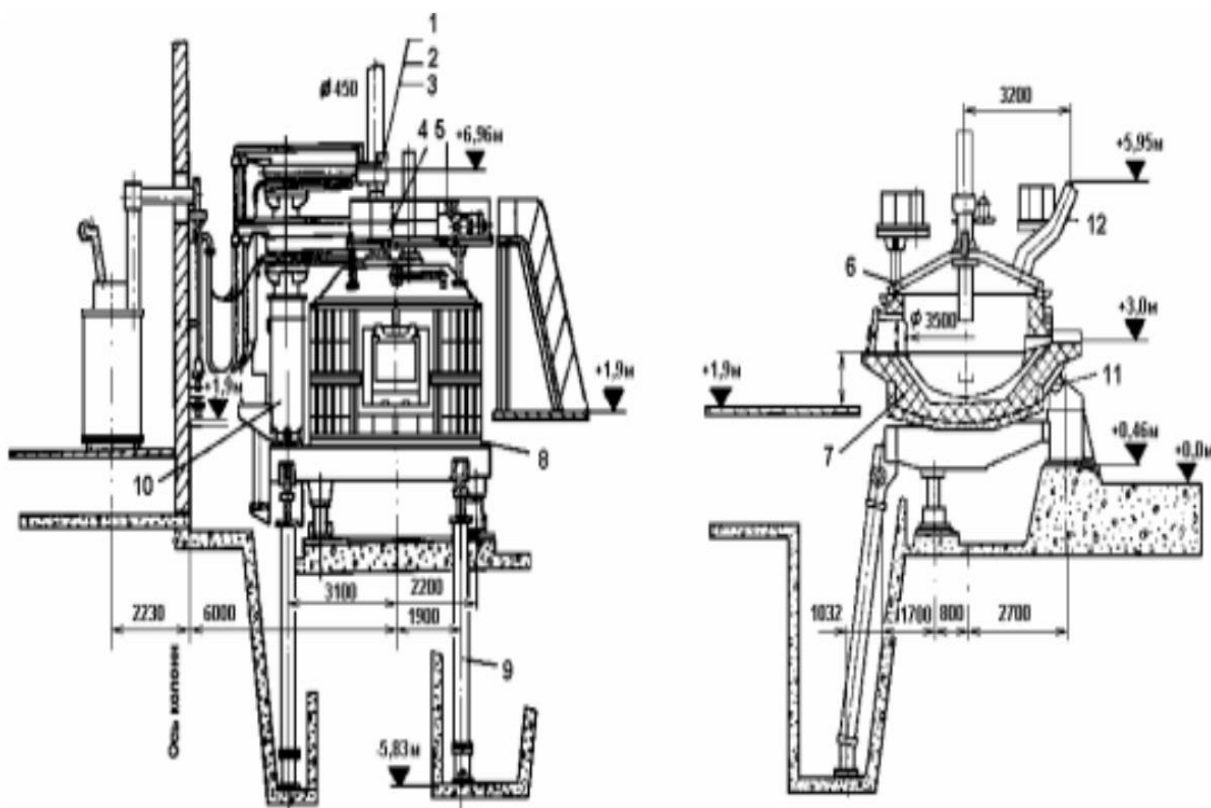
Технологияның бұл түріне көміртекті ферро марганец, Ферро никель, көміртекті силико марганец өндірісі жатады. Пештің тұрақты жұмысындағы кен-термиялық процесс кен-термиялық пештің шихтасына электродтардың тұрақты қонуымен сипатталады.

Көбінесе қарсылықты қыздыру жұмыс аймағы көп қожды процеске ұқсас процестерге тән әрекет болып табылады, яғни электродтар электр өткізгіш шихта қабатында терең және тұрақты болады, бұл процестің мысалы фосфор өндірісі немесе балқытылған қож қабатына отырғызылған, мысал штейнді балқыту өндірісі болып табылады. Қуаты джоуль энергиясынан әлдеқайда аз болған

жағдайда, бұл кен-термиялық пештің технологиялық процесінің абсолютті бұзылуы.

Кен-термиялық пештің ваннасы осы ваннаның ішінде болып жатқан процестен таңдалады. Қазіргі уақытта дөңгелек ваннасы бар үш фазалы кен-термиялық пештер ең танымал. Мәселен, сұйық өнімдерді өндіру үшін іргетасқа мықтап бекітілген стационарлық ванналар қолданылады. Өндірісте жылжымалы бөлігі бар пештер де үлкен сұранысқа ие, яғни мұндай механизмнің көмегімен өнімді ағызуға болатын пештің көлбеу функциясын орындау оңай. Бұл функцияларды орындайтын пештің негізгі бөліктерінің бірі-қапталған арба мен болаттан жасалған корпустан тұратын жылжымалы ванна.

Қазіргі пештерде ванна өнімді ағызу үшін жылжымалы ғана емес, сонымен қатар айналу функциялары да болуы мүмкін. Бұл функция шихтаны қопсыту сапасын жақсарту және осы пеште жүретін технологиялық процестің сапасын жақсарту үшін қажет.



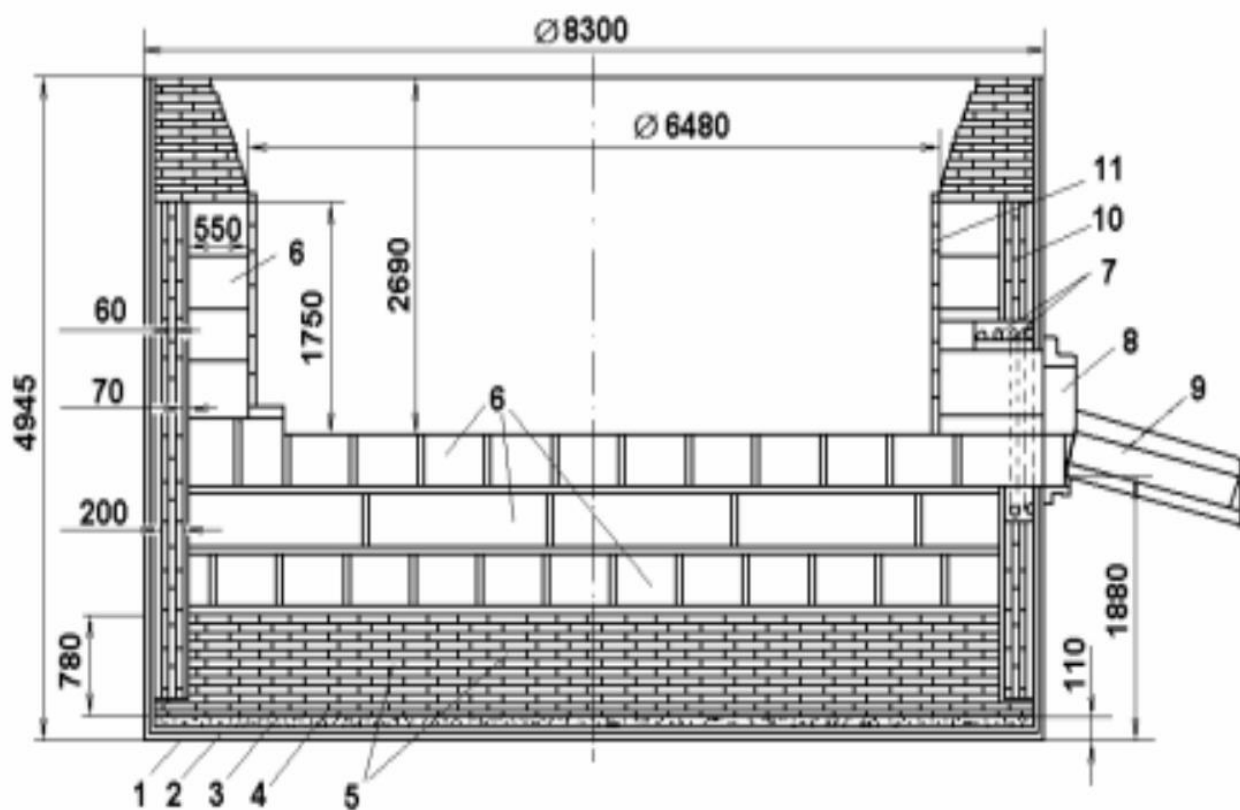
1.2 - сурет – Қуаты 7,9 МВ никельді балқытуға арналған үш электродты еңкейтетін пеш

1.2 - суретте 1,2,3 - электродтар; 4 - алаң; 5 - бұрандалы қоректендіргіш; 6 - металл су салқындатқыш қойма; 7 - футеровка; 8 - пештің қаптамасы; 9 - гидравликалық еңкейту механизмі; 10 - колонкаларға арналған білік; 11 - труннион; 12 - газдарды соруға арналған су салқындатқыш құбыр.

Материалдарды біркелкі балқыту, шихтаны жақсы қопсыту және технологиялық процестің барысы үшін заманауи дөңгелек пештерде ваннаның айналу механизмі бар. Сайып келгенде, осы манипуляциялардың арқасында электр энергиясының нақты шығыны едәуір көп мөлшерде азаяды және пештің өнімділігі артады. Айналмалы ванна механизмі электродтар мен жүйе түріндегі қозғалмайтын негіз болып табылады және тек ванна белгілі бір бұрышпен еңкейтілген тік осьтің айналасында айналады және айналу жиілігі секундына шамамен бір айналымға ие.

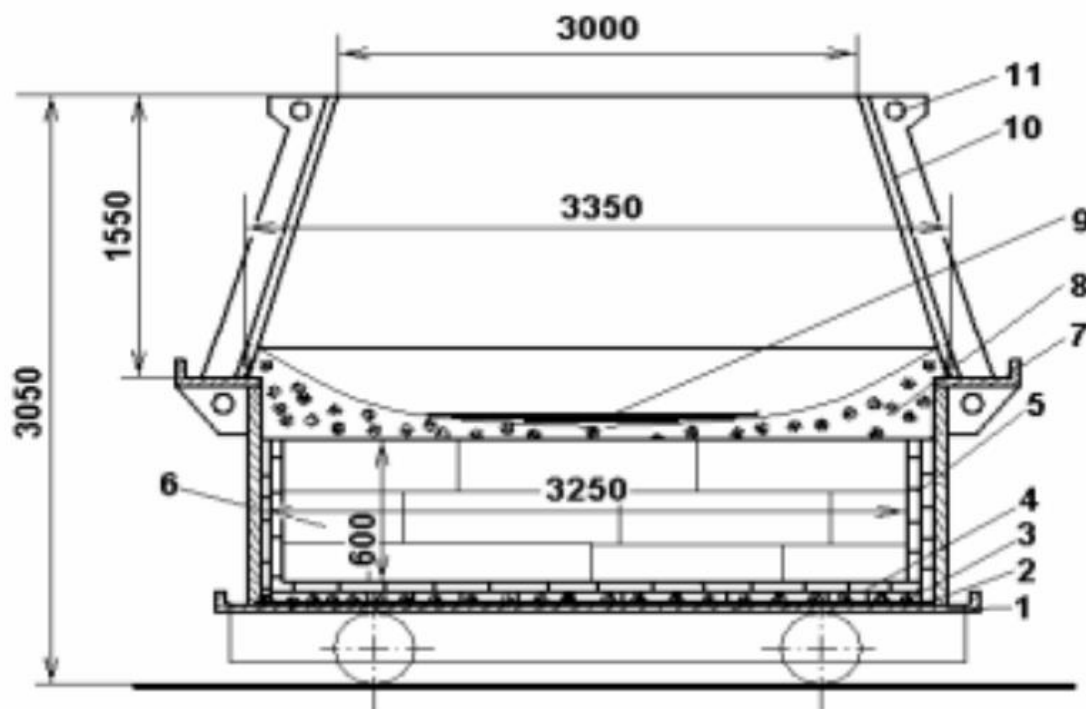
Пештің кен-термиялық пешін төсеу бүкіл технологиялық процестің маңызды компоненттерінің бірі болып табылады, нәтижесінде таңдалған өнімнің параметрлері бойынша нақты таңдау керек. Стандартқа сәйкес, пештің қаптамасы балқытылмаған шихтамен жабылған, ал төменгі бөлігінде балқытылған аяқ пен ыстық металл қабаты орналасқан, бұл металдың температурасы қаптаманың металын оңай ерітеді.

Жоғары температурамен жұмыс істеу нәтижесінде, бұл төсеніштің жоғарғы жағын жабу үшін қолданылатын домендік кірпіш. Көмір блогы немесе магнезит кірпіші қаптаманың төменгі бөлігін жабу үшін қолданылады, өйткені дәл осы бөлік балқытылған ыстық металмен жанасады. Төменгі қабаттарға, атап айтқанда подиндерге ерекше назар аударылады және ең қуатты етеді.



1.3 - сурет – Қуаты 23 МВ пештің төсемі

1.3 - суретте 1 - қаптама; 2 - асбест; 3 - сынықтар; 4 - кірпіш; 5 - кірпіш; 6 - блоктар; 7 - мыс құбырлар; 8 - летка; 9 - летка; 10 - төсеу; 11 – кірпіш.



1.4 - сурет – Қалыпты электрокорундты балқытуға арналған жылжымалы пештің төсемі

1.4 - суретте 1 - арба; 2 - қаңылтыр асбест; 3 - шамот құю; 4 - шамот кірпіш; 5 -магнезит кірпіш; 6 - көмір блоктары; 7 - су жинау науасы; 8 - боксит қабаты; 9 -пешті жағуға арналған көміртекті материал; 10 - болат қаптама; 11 - суды салқындатуға арналған құбыр.

Кен-термиялық пешпен жұмыс істеудегі негізгі қиындықтардың бірі-бастапқы өнімнің көп мөлшерін жүктеу, мұндай процестер үшін ашық ваннасы бар кен-термиялық пеш қажет.

Ашық кен-термиялық пештің кемшіліктері бар:

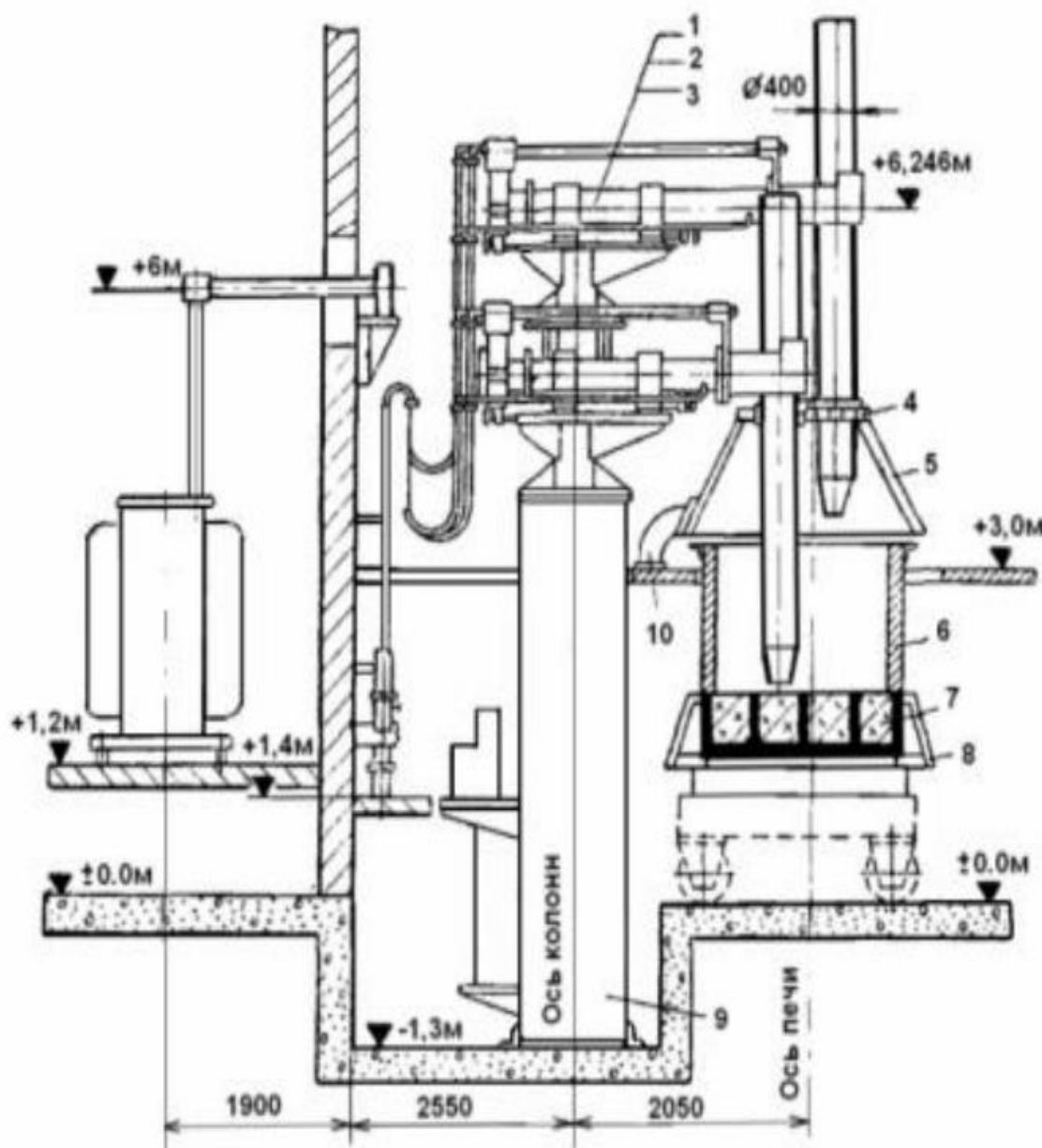
- Пештің жоғары температурасына байланысты қызметкерлер үшін бірқатар қиындықтар;

- Үнемі жоғары температурада болу пештің жекелеген бөліктеріне зиян тигізеді, сәйкесінше уақтылы ауыстыру қажет;

- Пештің жанында орналасқан бөлшектер жоғары температураға ұшырап қана қоймай, пештің құлағына байланысты айтарлықтай қашықтықта орналасқан;

- Тотықсыздандырғыштың жануы өте көп, колошниктің өте жоғары температурасына және оған оттегінің түсу мүмкіндігіне байланысты шамамен 10-12% дейін;

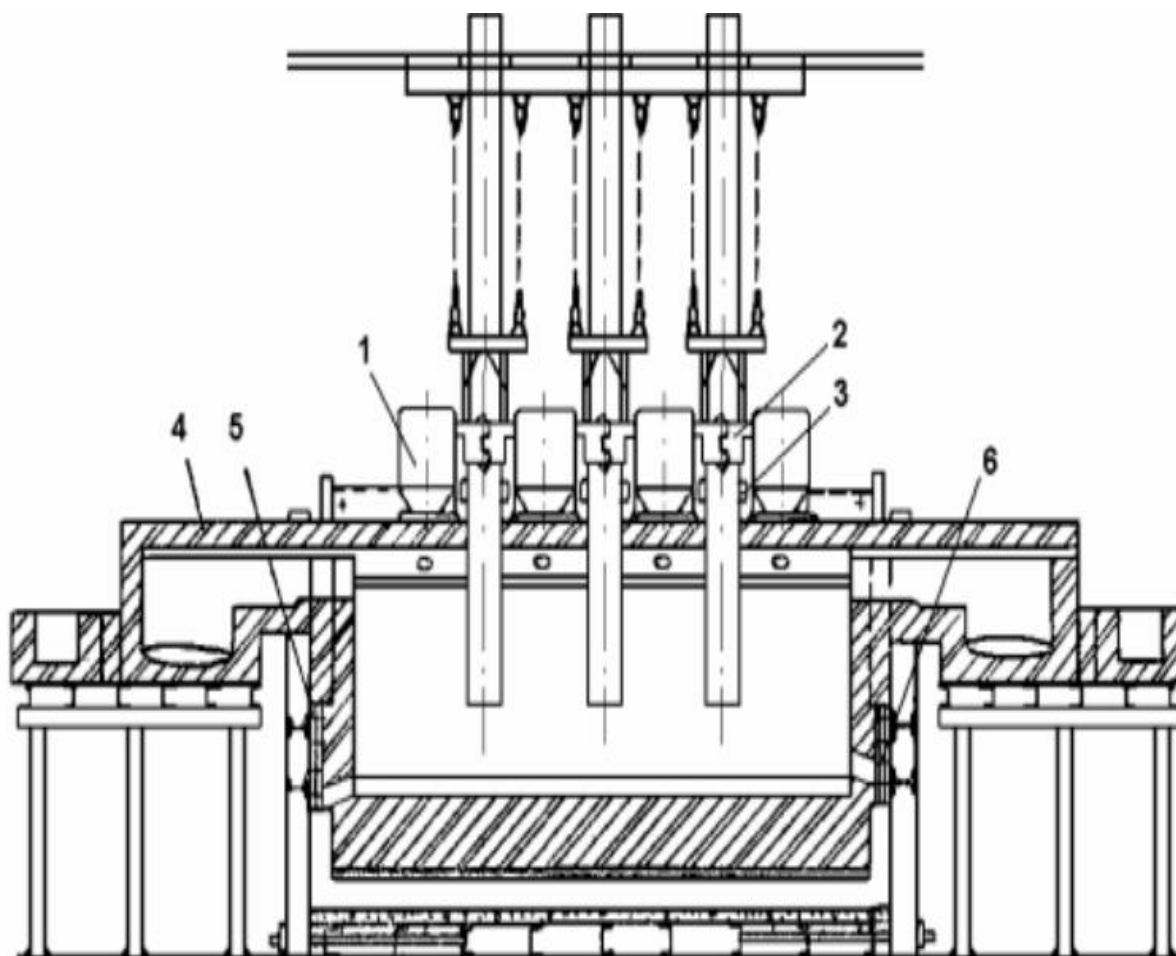
- Пешті іске қосу үшін пайдаланылатын энергия шығатын газдардың әсерінен де жұмсалады, шамамен 50%;
- Сондай-ақ, шихта материалының көп мөлшері шығатын газдармен бірге кетеді;
- Шығатын газ өте қауіпті, қатты ластанған, қызметкерлердің денсаулығына қауіпті және жарылғыш;
- Шығатын газдардың бөлінуін реттеу үшін КТП-ға арнайы қолшатырлар қойылады, бұл қосымша шығындарды талап етеді.



1.5 - сурет – ҚР бор карбидін өндіруге арналған ашық пеш



1.5 - суретте 1,2,3 - бағаналар; 4 - қолшатыр қақпағы; 5 - қолшатыр; 6 - пеш шахтасы; 7 - подин футеровкасы; 8 - паллет арбасы; 9 - тіректер шахтасы; 10 - сору құбыры



1.6 - сурет – Мырыш үшін жабық пеш

Дөңгелек ваннасы бар кен-термиялық пештерді орындаудың тиімділігі – металлургиялық және энергетикалық тұрғыдан белгілі. Мұндай пеште "электродтардағы үшбұрыш" схемасы бойынша екі үш фазалы жүйеден қоректенетін алты электродты қолдану, яғни трансформатордың қайталама орамаларының бір фазасының басы мен екінші фазасының соңы әр электродқа берілетіндей етіп және дөңгелек пештің қуатын арттыруға және оның электрлік көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік береді, атап айтқанда қуат коэффициенті мен тиімділігін арттырады.

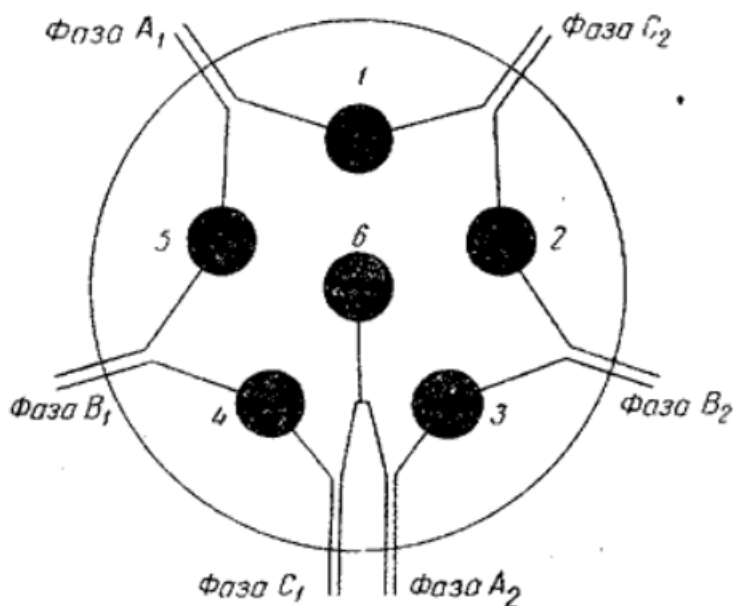
Алайда, бұл жағдайда алты электродты дөңгелек ваннаға орналастыру қиынға соғады, осылайша берілген қуат өлі аймақтар пайда болмай, бүкіл қимаға біркелкі бөлінеді және фазалық жүктеме симметриялы немесе оған жақын болады.

Қуаттың біркелкі таралуын алу үшін алты электродтың бесеуін тең бүйірлі бесбұрыштың шыңдарына, ал алтыншы электродты пештің ортасына орналастыру ұсынылады.

Дөңгелек кен-термиялық пеште электродтардың схемалық орналасуы 1.7 - суретте көрсетілген.

Дөңгелек ваннада 1-5 бес электрод теңбүйірлі бесбұрыштың шыңдарына орналастырылады, ал алтыншы электрод 6 пеш пен бесбұрыштың ортасында орналасқан. Пештің қуаты "электродтардағы үшбұрыш" схемасы бойынша екі үш фазалы немесе алты бір фазалы трансформаторлардан жүзеге асырылады, яғни әр электродқа трансформатордың қайталама орамаларының бір фазасының басталуы және екінші фазасының соңы келтіріледі.

"Электродтардағы үшбұрыш" типі бойынша орындалған электродтарға дөңгелек ваннасы және Ток өткізгіші бар алты электрод кен термиялық пеші, қуаттылықты тау жыныстарының бүкіл қимасы бойынша біркелкі бөлу мақсатында бес электрод теңбүйірлі бесбұрыштың шыңдарында, ал пештің ортасында алтыншы электрод орналасқандығымен ерекшеленеді.



1.7 - сурет – Алты электроды бар кен-термиялық пеш

## 1.2 Автоматты жүйелерді құрудың қолданыстағы принциптері кен-термиялық пештерді басқару

Сульфидті кендер мен концентраттарды электрмен балқыту технологиясының негізі-бұл жабдықтың максималды қуат деңгейінде шихтаның тез еруі және электр энергиясының минималды шығынына қол жеткізу. Пештің

жұмысын басқару мәселесін сәтті шешу үшін процестің динамикасын ескеретін басқару жүйесін құру қажет. Басқару жүйесі процеске қойылатын технологиялық талаптарға сәйкес электр режимін өзгертуі керек.

КТП жұмысының тұрақтылығы пештің ваннасында энергияның берілген таралуын қолдауға байланысты. Оның өзгеруі технологиялық процестің электрлік және технологиялық параметрлерінің өзгеруіне әкеледі. Бұл пеш ваннасындағы энергияны бөлудің технологиялық параметрлерін бағалау және өз кезегінде электр параметрлері бойынша энергияның таралуын бағалау мүмкіндігін болжайды. Алайда, КТП-ны басқару күрделене түседі, өйткені процесс параметрлерінің көпшілігі бір-бірімен байланысты, ал технологиялық процестің бір параметрінің кездейсоқ өзгеруі басқаларының өзгеруіне әкелуі мүмкін. Технологиялық параметрлердің (шихтаның құрамы, жүктеме массасы, балқыманың құрамы) электр параметрлерімен (кернеу, ток күші, балқыманың кедергісі) күрделі өзара байланысы, олардың едәуір бөлігі әлі зерттелмеген, кен-термиялық пештерге тән ерекшелік болып табылады. Біз басқарғымыз келетін параметрдің (бірақ оның мәнін кейбір объективті себептермен тікелей өлшей алмайтынымызды), басқалармен (мәндерін бағалау оңай) байланысы туралы біле тұра, біз көп жағдайда олардың қарым-қатынастары туралы жеткілікті білмегендіктен, біз іздеген параметрдің мәнін шамамен бағалай алмаймыз.

Электрлік және технологиялық параметрлердің байланысы әрдайым айқын бола бермейді. Бұл, ең алдымен, электр энергиясының жылу энергиясына айналуы әртүрлі агрегаттық күйлердегі материалдарда болатындығына байланысты. Жылудың бөлінуі өту кезінде ток арқылы қатты шихтовой материал жүреді қатысты біркелкі қыздырып, осы материалды; бөлу энергиясын электр доғасында орын шағын салыстырғанда ең ванна көлемінде, және температура аймағында доғаның жану бірталай орташа температурасын ваннада - ден 3000°C. КТП-да энергияның таралуының өзгеруін сандық анықтау өте күрделі міндет болып табылады, қазіргі уақытқа дейін жеткілікті қарапайым және сенімді шешім жоқ. Алайда, пештегі энергияның таралуын және ондағы физика-химиялық процестердің ағымын токтың қатты шихта, доға және балқымадан өтуімен бірге жүретін құбылыстар негізінде бағалау мүмкіндігі қабылданады. Әр түрлі кезеңдерде балқыту санына қарай балқыма және проплавленного концентратын электр пешінде өзгереді кедергісі ванналар, және, демек, энергия тарату және режимі доғаның жану. Пештің жұмысында байқалған қуат пен токтың ауытқуы доғаның тұрақсыз жануымен түсіндіріледі. Электродтардағы ток пен кернеудің гармоникалық құрамы бойынша доғаның даму дәрежесін анықтау Ду - 25 гой, шихта және балқыма арасындағы энергияның таралуын, демек, пеш ваннасындағы физика-химиялық процестердің сипатын бағалауға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде балқыту кезеңдерінің аяқталу сәттерін дұрыс анықтауға мүмкіндік береді. Жоғарыда айтылғандай, КТП шектеулі бақылаумен сипатталады (көптеген өндірістердегі өнімді ағызу және жетілдіру сәттері әлі күнге дейін штангалық сынамалар негізінде көзбен анықталады), жеткіліксіз зерттелуімен және ықтимал қауіптілігімен сипатталады. Мұның бәрі тиімді басқару жүйелерін дамытуға кедергі келтіреді. Ортаның агрессивтілігіне және

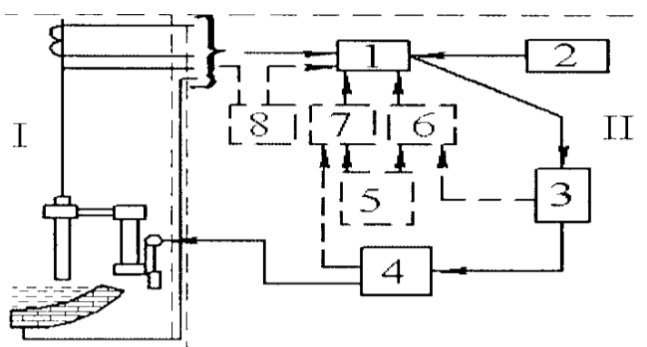
жоғары температураға байланысты Параметрлерді тікелей үздіксіз өлшеу үшін, сондай-ақ кен-термиялық пеште жүретін процестердің сипатын анықтау үшін көптеген қажетті датчиктерді пайдалану мүмкіндігі жоқ. Сондықтан сульфидті мыс-никель кендерін балқыту процесін басқару ақпараттың толық емес жағдайында жүзеге асырылады және деректердің бір бөлігін тек сапалы бағалауға болады. Пешті басқарудағы үлкен қиындықтар басқару процесі белгісіздік жағдайында жүреді, яғни. көбінесе белгілі бір кездейсоқ құбылыстардың ықтималдық сипаттамаларын алу мүмкіндігі де жоқ.

### 1.3 Кен-термиялық пештің технологиялық процесін автоматтандырудың функционалдық схемасы және автоматтандыру құралдарын таңдау

ТП АБЖ әзірлеудегі автоматтандырудың функционалдық схемасы жүйенің төменгі деңгейіндегі "кәсіпшілік жабдықты" қамтитын және оның аспаптармен, компьютерлік басқару аппаратурасымен және жоғары деңгейдегі бақылау және басқару нүктелерімен байланысын көрсететін технологиялық басқару объектісінің біртұтас функционалдық схемасын сипаттайды. Автоматтандырылған жүйелердің функционалдық схемалары техникалық өндіріс пен автоматтандыру құралдарымен автоматтандырудың құрылымы мен кезеңін сипаттайтын жобалау құжаттарының негізгі пакетіне кіреді.

Функционалды схемалар, шын мәнінде, шартты көріністері бар сызбалар-бұл құрылғылар мен датчиктер, коммуникациялар, реттеу бөліктері, автоматика құралдары, есептеу техникасы құралдары, сондай-ақ сызбаға белгілер мен түсініктемелер бөлінген басқа кешендер. Схемалар жобаның қалған схемаларын құрудың негіздемесімен, сондай-ақ автоматика құрылғылары мен құралдарының тапсырыс сипаттамаларында өтінім ведомостарын қалыптастырумен сипатталады.

Кен-термиялық пештің электр режимін автоматты реттеу жүйесі I реттеу объектісінен (пеш) және реттегіштен тұрады.



1.8 - сурет – Кен-термиялық пешті реттеу жүйесінің функционалдық схемасы

Кен-термиялық пештің Па әр фазаға бір реттегіш және бір резервтік реттегіш қарастырылған. Реттегіштің негізгі элементтері: өлшеу және салыстыру элементі 1, күшейткіш элемент 3, жетек 4 және анықтаушы элемент 2. Реттегіштегі реттеу сапасын жақсарту үшін негізгі және ішкі кері байланыс қолданылады. Бір негізгі кері байланыс реттегіштің ток күші мен фазалық кернеуге пропорционалды 1 сигналды өлшеу және салыстыру элементіне кіруін қамтамасыз етеді. Екінші негізгі кері байланыс ток пен фазалық кернеудің өзгеру жылдамдығына пропорционалды сигналдарды басқару тізбегіне енгізеді. Бұл байланыс 8 элементімен қамтамасыз етіледі. 6 және 7 элементтер ішкі кері байланысты жүзеге асырады. 6-Элемент күшейткіш элемент 3 пен өлшеу және салыстыру элементі 1 арасындағы кері байланысты құрайды. 7-Элемент 4-ші жетек пен өлшеу және салыстыру элементі 1 арасындағы электродтың қозғалу жылдамдығы бойынша кері байланысты жүзеге асырады, 5-Элемент реттеу объектісінің өзгеретін сипаттамаларына байланысты кері байланыстардың шамасын өзгертуге қызмет етеді. Схемаға режимді бағдарламалау элементтері, есептеу құрылғылары және т. б. енгізілуі мүмкін.

Реттегіштердің элементтік орындалуы әртүрлі болуы мүмкін. Өлшеу буынында тапсырманы орнату үшін автотрансформаторлар, өзгермелі трансформация коэффициенті бар трансформаторлар, потенциометрлер қолданылады, ал реттелетін параметрді қалыптастыру үшін арнайы релелер, резисторлар, электронды және магниттік күшейткіштер және т.б. қуат күшейткіштері ретінде контактілі релелер мен контакторлар, электромашина, электронды, жартылай өткізгіш, магниттік күшейткіштер, гидравликалық Күшейткіштер мен катушкалар қолданылуы мүмкін. Аталған элементтердің әртүрлі комбинациялары реттеудің берілген заңын жүзеге асыратын реттегіштердің көптеген схемаларын алуға мүмкіндік береді. Автоматтандырудың негізгі құралдарының сәйкес комбинациясын таңдау, ең алдымен, реттеудің сапасымен және жүйенің сенімділігімен анықталады. Бұл көрсеткіштер көбінесе қуат күшейткішінің ерекшеліктеріне және электродтың қозғалу механизмінің жетегіне байланысты.

Кен-термиялық пештің электр режимін автоматты реттеу жүйесінің күшейткіш түрі бойынша келесі топтарға жіктеуге болады:

- реле-контактор-қозғалтқыш;
- айналмалы күшейткіш (генератор, электр машинасының күшейткіші (ЭМУ))қозғалтқыш;
- статикалық күшейткіш (магниттік, жартылай өткізгіш және т. б.) — қозғалтқыш;
- статикалық күшейткіш-үйкеліс немесе сырғанау муфтасы; - электр гидравликасы.

Электродтардың қозғалу механизмінің жетегі электромеханикалық және дроссельдік гидравликалық болуы мүмкін. Электромеханикалықпен салыстырғанда гидравликалық жетектің негізгі кемшіліктері: цилиндрде сенімді және берік тығыздауды қамтамасыз етудің күрделілігі және орнату үшін бөлек бөлменің қажеттілігі.

Қозғалтқышты таңдау барлық режимдерде қажетті жылдамдықтар мен күштерді қамтамасыз етуді ескере отырып, қозғалтқышты қоздыру әдісін, реттеу әдісін, сондай-ақ қуатты қамтамасыз ету қажеттілігін ескере отырып жүргізілуі керек. Сонымен қатар, доғалы пештің электродтарын жылжыту үшін ток түрін таңдау үлкен маңызға ие, өйткені оған электр жетегінің техникалық мүмкіндіктері, электр жабдықтарының массасы мен өлшемдері, сенімділік пен техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығы, инвестиция, пайдалану шығындарының құны сияқты көрсеткіштер байланысты:

Асинхронды қозғалтқыш:

- фазалық ротормен - бұл қозғалтқыштың жетіспеушілігі іске қосу кедергісіндегі елеулі шығындар, механикалық сипаттамалардың қажетті қаттылығының болмауы, сонымен қатар қозғалтқыштың, электромеханикалық Тежегіштің және контактілі басқару аппаратурасының тозуының жоғарылауы болып табылады;

- қысқа тұйықталған ротормен - қуаты 1-5 кВт-қа дейінгі механизмдер үшін пайдаланылады жеңіл жұмыс режимі, жылдамдықты реттеу қажет болған жағдайда екі немесе үш жылдамдықты электр қозғалтқыштарын пайдалануға болады;

Тұрақты ток қозғалтқыштары:

- сериялық қоздыру қозғалтқыштары - үлкен жүктемелерге мүмкіндік береді және жұмсақ сипаттамаға ие;

- параллель және тәуелсіз қоздыру қозғалтқыштары-төмен жылдамдықта қатты механикалық сипаттамалар қажет болған жағдайда, сондай-ақ қозғалтқыштың генератор режимінде жұмыс істеуі үшін қолданылады.

Электродтардың қозғалысының электр жетегіне жылдамдықты реттеуге қатысты жоғары талаптар қойылады, сондай-ақ жұмыс режимінде тұрақты бұрыштық жылдамдықты қамтамасыз ету қажет.

Осылайша, жылдамдықты реттеудің жоғары Тегістік талаптарына, сондай - ақ реттеудің үлкен диапазонына сүйене отырып, электродтардың қозғалысын жүргізу үшін жиілік түрлендіргіші-қозғалтқыш түріндегі электр жетегін басқару жүйесі бар қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыш таңдалады.

Таңдалған жабдық:

Электр жетегін басқару жүйесі бар қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды қозғалтқыш-SP-ed-ADCR.

Кен-термиялық пеш-ПКЗ 5.

ISD 7.5 KBT 380V 3F isd752m43e жиілік түрлендіргіші(күшейткіш).

#### **1.4 Балқыту процесін автоматты басқару жүйесін таңдау**

Электр режимінің автоматты реттегіштері кен-термиялық пештерді автоматтандырудың иерархиялық сатысының төменгі сатысында орналасқан. Жоғарғы сатыларда реттегіштерге тапсырманың өзгеруін және пештің қоректену

кернеуінің өзгеруін (трансформатор сатысының ауысуы) қамтамасыз ететін басқару жүйелері орналасқан.

Балқыту процесін басқарудың негізгі мақсаты-алу агрегаттың өнімділігі жоғары және үнемді жұмысы кезінде жарамды периклаз.

Басқару жүйесі оны сәтті шешкенде негізгі мақсатқа жетуге болады.

Келесі міндеттер:

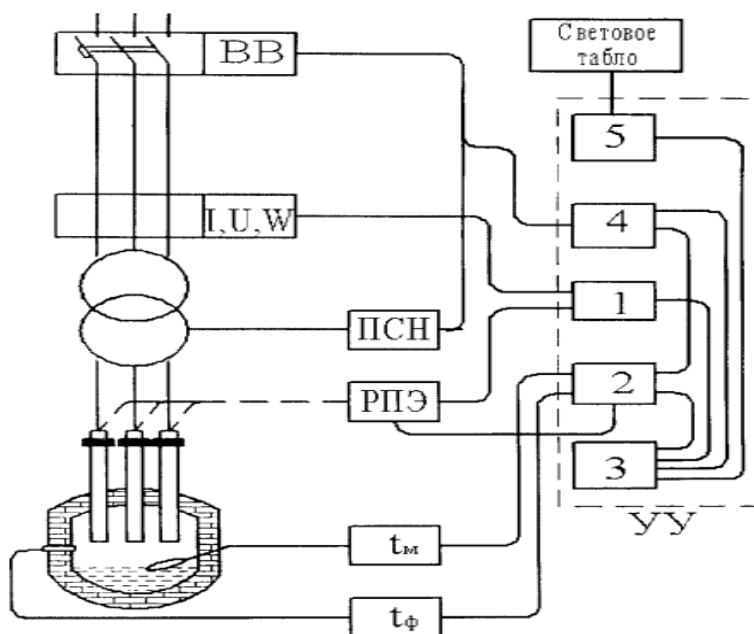
- балқыту процесінің параметрлерін, яғни температура мен ұнтақ құрамын шығарылымда берілген параметрлердің соңғы мәндерін қамтамасыз ете отырып, дәйекті түрде өзгерту;

- пештің ұтымды және үнемді электр режимін сақтау;

- пештің және пештің басқа құрылымдық элементтерінің қызып кетуіне және бұзылуына жол бермеу.

Автоматты бақылау құралдарының жетіспеушілігімен және басқару объектісінің жеткілікті дәл математикалық сипаттамасының болмауымен байланысты Кенді термиялық процестердің барлық түрлеріне тән қиындықтар автоматты синхрондау, оның құрамын өзгерту және балқытуды оңтайлы басқаруды жүзеге асыру мүмкіндігін болдырмайды.

Кен-термиялық пештерді басқаруды автоматтандыруды жетілдірудің бір әдісі - балқыту процесін автоматты бағдарламалық-логикалық басқару жүйесін құру.



1.9 - сурет – Кен-термиялық пеште балқытуды бағдарламалық-логикалық басқарудың автоматтандырылған жүйесінің құрылымдық схемасы

УУ басқару құрылғысы (компьютер немесе микропроцессорлық контроллер) бастапқы ақпаратты  $t_0$  төсемінің автоматты температура датчиктерінен, I, U, W электр параметрлерінің СН ұнтағынан және деректерді

қолмен енгізу панельдерінен алады. Ол басқару бойынша барлық қажетті бағдарламалық-логикалық операцияларды орындайды және бірқатар функционалдық блоктардан тұрады:

- электр режимінің параметрлерін есептейтін электр режимін реттеу блогы 1;

- берілген температураны алу үшін қажетті қуат көзін анықтайтын жылу режимін реттеу блогы, қаптаманың қызып кетуін болдырмайтын ұнтақ 2;

- технологиялық байланысты сигналдарды қалыптастыру және беру блогы ұнтақты алу кезіндегі талаптар мен операциялар (ұнтақ температурасының берілген мәндері, балқытудың жекелеген кезеңдерінің ұзақтығы, қож түзетін, легирлейтін және тотықсыздандыратын қоспалар саны ж- жоғары вольтты аппаратураны басқару блогы 4;

- командалардың индикациясының Жарық тақтасын басқару блогы 5.

Басқару жүйесіне сонымен қатар РПЭ электродтарының қозғалысын реттегіш, ПСН кернеу сатысының қосқышы, ВВ жетегі бар жоғары вольтты қосқыш кіреді.

Пештің Автоматика жүйесі бірқатар құлыптар мен дабылдарды қамтиды, құрылғының апатсыз жұмыс істеуі үшін қажет, мысалы, кернеу сатысы қосқышының жұмысын блоктау, су, оттегі қысымының дабылы және тағы басқа.

## 1.5 Кен-термиялық пештің электр жабдықтары

Функционалдық сипаттамалары бойынша кен-термиялық пештер болат балқыту пештерімен бірдей сипаттамаларға ие, сондықтан пештердің екі түрі үшін де жалғыз электр жабдықтары қолданылады. Бір айырмашылық-кен-термиялық пештің жеткілікті тыныш электр режиміне байланысты қуат тізбегінде дроссельдің болмауы. Жоғарыда айтылғандарға қарамастан, пештің сөнуіне әкелетін техникалық ақаулар тәулігіне 2-3 рет болуы мүмкін, бұл қалыпты болып саналады. Мүмкіндіктерге байланысты кен-термиялық пештерде осындай форсмажорлық жағдайларға арналған жоғары вольтты ажыратқыштар қолданылады.

Кен-термиялық пеш әлемдегі ең қуатты энергия тұтынушылардың бірі болып табылады және басқа ірі энергия тұтынушыларға ұқсас қуат схемасы бар. Трансформаторлар үлкен жұмыс істейді, сондықтан менде бірнеше кернеу сатысы бар. Сондай-ақ, ДСП-да КТП-да жүктеме алынып тасталған кезде және жүктеме кезінде кернеу сатыларын ауыстырудың екі белгілі жүйесі бар. Қысқа схемаларды құрастыру мүмкіндігі өте шектеулі, дегенмен КТП қондырғыларының кен-термиялық процестері мен конструкциялары өте көп.

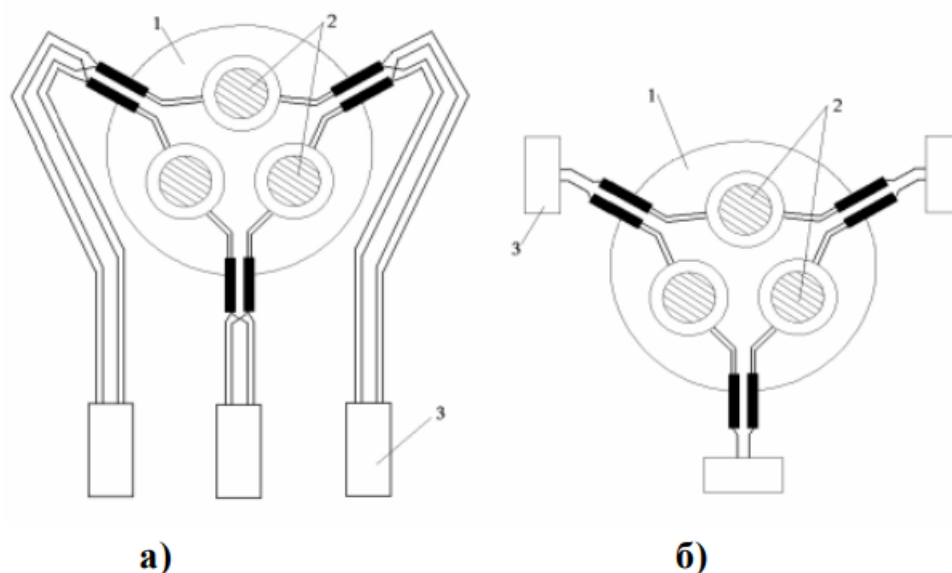
Ең қарапайым және қарапайым қуат схемасында бір фазалы пештер бар. Пештің бұл түрінің жұмысы үшін офнофазалық қуат трансформаторы қолданылады, ал қысқа желіні құрастыру кезінде олар тек минималды белсенді және реактивті қарсылықпен жиналады.

Ең танымал және кеңінен қолданылатын үш электродты дөңгелек пештерде "электродтардағы жұлдыз" және "аяқ киімдегі жұлдыз" схемасы бойынша қысқа



желі бар. Кейде бір үш фазалы трансформатордың орнына үш фазалы трансформаторды қолдану оңтайлы болады.

Қазіргі уақытта схемалар симметриялы орналасқан фазаларда болады, бірақ симметриялы емес пакеттермен трансформаторлар, атап айтқанда олардың камералары пештің айналасында  $120^\circ$  бұрышта орналасқан.



1.9 - сурет – Дөңгелек үш электродты пештерге арналған бір фазалы пеш трансформаторларының орналасу схемасы

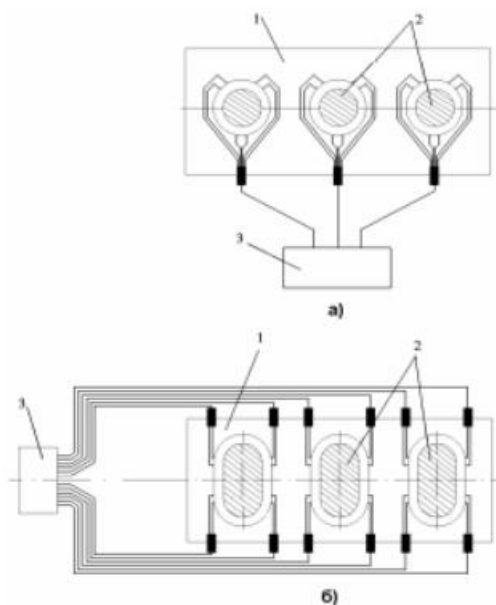
1.9 - суретте 1 - пештің ваннасы; 2 - электродтар; 3 - пеш трансформаторы  
а) электродтардағы жұлдыз схемасы; б) жылжымалы аяқ киімдегі жұлдыз схемасы

Алдыңғы суретте көрсетілген қосылу схемасында, атап айтқанда асимметриялық, реактивтіліктің қабылданған мәнінен фазалық ауытқу шамамен 6%, ал қуат шамамен 3% құрайды. Симметриялық қосылу схемасы мен асимметриялық тізбектің арасындағы айырмашылық жалпы реактивтіліктің айырмашылығы болып табылады, асимметриялық қосылу схемасында ол 5-7% - ға үлкен. Асимметриялық қосылу схемасының басты артықшылығы-процесс кезінде жабдықты пайдалану және құрастыру жеңілдігі. Қабылданған мәннен ауытқуды симметриялы қосылу схемасы жоя алады, өйткені ол тең белсенді және реактивті қарсылықтарға ие. Қабылданған мәннен ауытқулар тікбұрышты үш электродты пештерде айтарлықтай болады. Трансформатордағы жұлдыз қосылымы үлкен қуаты бар пештер үшін қолданылады. Трансформатордың пештің қысқа немесе ұзын жағында екі орналасуы бар, бірінші жағдайда қысқа фазалық желінің өткізгіштері реактивтілікті 20% - дан астам төмендетуге көмектеседі, екінші жағдайда мұндай өзгерістер байқалмайды.

Бұрын айтылғандай, өндірісте бір үш фазалы трансформатордың орнына үш фазалы трансформаторды қолдануға болады, қазіргі уақытта бұл әдіс ең көп

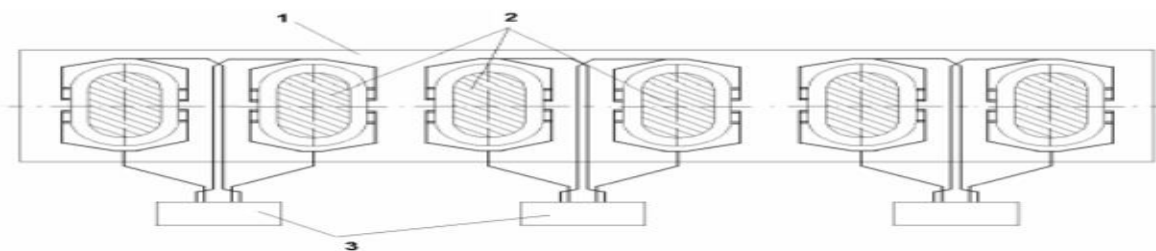
қолданылады, бұл трансформаторлар екіге топтастырылған түзу сызықта орналасқан алты электродты қуаттайды.

Бұл дизайн индуктивтіліктің минималды мәніне ие. Өндірісте  $\cos\varphi$  rtr 0,8-ден аз болса, кен-термиялық пештің қуат коэффициентіне жасанды өтемақы қолданылады деп саналады. Жасанды қуат коэффициенті үшін пеш трансформаторының жоғары кернеуіне қосымша сыйымдылықты қосу керек, бұл дизайн бойлық сыйымдылық компенсациясын орнату деп аталады. Технологиялық процестің ерекшеліктері, процестің көлемі және кен-термиялық пештің жұмыс электр параметрлері бойынша пешке арналған электр жабдықтары таңдалады.



1.10 - сурет – Тікбұрышты үш электродты пештерге арналған үш фазалы пеш трансформаторларының орналасу схемасы

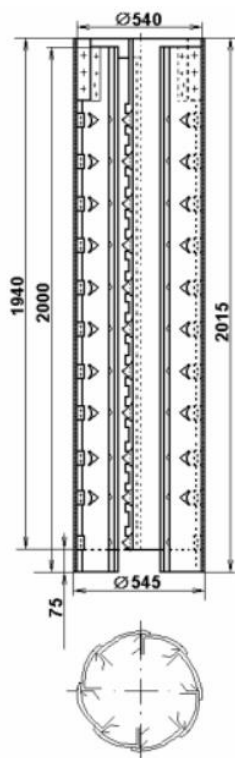
1.10 - суретте 1 - пештің ваннасы; 2 - электродтар; 3 - пеш трансформаторы  
а) пештің ұзын жағымен; б) пештің қысқа жағымен



1.11 - сурет – Тікбұрышты алты электродты пештерге арналған бір фазалы пеш трансформаторларының орналасу схемасы

1.11 - суретте 1 - пеш ваннасы; 2 - электродтар; 3 - пеш трансформаторлары.

Бүкіл КТП құрылымының негізгі бөлігі электродтар болып табылады. Қазіргі КТП-да технологиялық процестің ерекшеліктеріне байланысты электродтардың әртүрлі түрлері қолданылады. Электродтардың түрлері: графиттелген және көміртекті, өздігінен пісетін. Өздігінен жанатын электрод ітр үшін электродтардың ең көп таралған және кеңінен қолданылатын түрі болып табылады. Бұл цилиндрлік пішінді өнім, сыртқы бөлігі толығымен болаттан және ішіндегі жүктелген электродты бөлімдерден жасалған. Цилиндрдің диаметрі ең көбі 2000-2400 мм жетеді. сирек жағдайларда өзін-өзі пісіретін электродтың көлденең қимасы дөңгелек емес, тікбұрышты болады.



1.12 - сурет – Өзін-өзі пісіретін электрод корпусының бөлімі

Ішкі бөлікке құйылған электрод массасы термо-антрацит, электродтардан, Пектен, шайырдан, кокстан және басқа да қалдық материалдардан жасалған қоспа болып табылады. Берілген қоспаның температурасы 60-тан 100°C - ге дейін. Бұл қаптаманың ішіндегі барлық қоспалар электродты ваннаға батырғаннан кейін дәнекерлеу және кокстеу арқылы өтеді. Қыздыру температурасы 500°C жеткенде, электрод ішіндегі қоспасы толығымен қатая бастайды. Тиісінше, температураның одан әрі жоғарылауы электродты берік және тиімді етеді, қабылданған жұмыс стандарттарына сәйкес электрод жанасу щектерінің астынан шығуы керек температурасы кемінде 850°C. Сайып келгенде, жасалған әрекеттер физикалық қасиеттері бойынша көміртекті электродқа өте ұқсас, негізгі айырмашылық-көрінетін токтың тығыздығы.

Электрод бойынша токтың таралуы температура көрсеткіштерімен анықталады, мысалы, 8400 °С төмен температурада ток электродтың металл қаптамасынан өтеді, 9500 °С жоғары температурада ағып жатқан ток қаптама мен электрод денесі арасында тең бөлінеді.

Бұрын айтылғандай, өзін-өзі пісіретін электродтардың жұмысында көмір электродтарына ұқсас кейбір ұқсастықтар бар, бірақ өзін-өзі пісіретін электродтардың бағасы әлдеқайда арзан, пайдалану оңай және көмір электродтарынан артықшылығы бар. Бірақ өзін-өзі пісіретін электродтар сыртқы корпус пен ішкі электрод массасын өндіру үшін қосымша учаскелерді қажет етеді. Электродтардың осы түрімен пештерді пайдалану кезінде мұқият тексеру және дайын массаны дайындаудың белгіленген ережелерін толық сақтау қажет. Электрод толығымен берік болғанша көптеген көмекші әрекеттер қажет, әйтпесе үзіліс болуы мүмкін. Сыртқы қаптаманың және ішкі электрод массасының жоғары сапалы электродын нығайту үшін қабылданатын іс-шаралар, электродты кокмирлеуді орындау, тұрақты жылу режимі және КТП жұмысы үшін электр режимі.

## **1.6 Пешті тиеу және түсіру жүйесі**

Кен-термиялық пешпен жұмыс істеудегі негізгі қиындықтардың бірі-бастапқы өнімнің көп мөлшерін жүктеу, мұндай процестер үшін ашық ваннасы бар кен-термиялық пеш қажет.

Ашық кен-термиялық пештің кемшіліктері бар:

- Пештің жоғары температурасына байланысты қызметкерлер үшін бірқатар қиындықтар;

- Үнемі жоғары температурада болу пештің жекелеген бөліктеріне зиян тигізеді, сәйкесінше уақтылы ауыстыру қажет;

- Пештің жанында орналасқан бөлшектер жоғары температураға ұшырап қана қоймай, пештің құлағына байланысты айтарлықтай қашықтықта орналасқан;

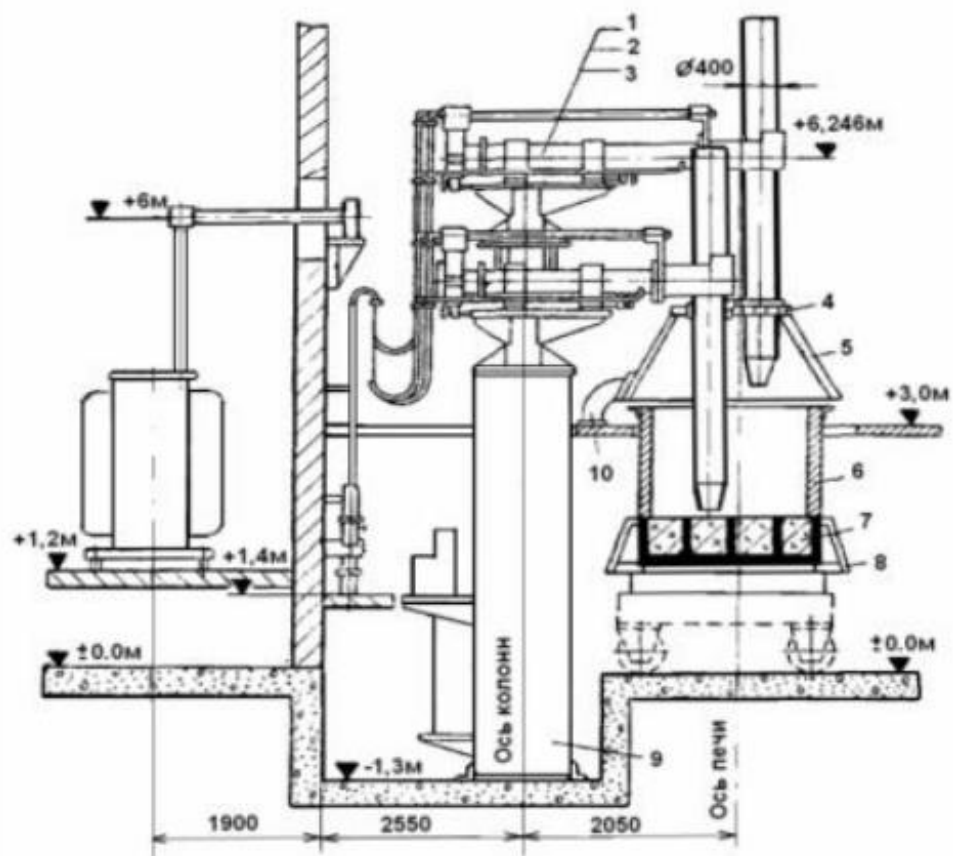
- Тотықсыздандырғыштың жануы өте көп, колошниктің өте жоғары температурасына және оған оттегінің түсу мүмкіндігіне байланысты шамамен 10-12% дейін;

- Пешті іске қосу үшін пайдаланылатын Энергия шығатын газдардың әсерінен де жұмсалады, шамамен 50%;

- Сондай-ақ, шихта материалының көп мөлшері шығатын газдармен бірге кетеді;

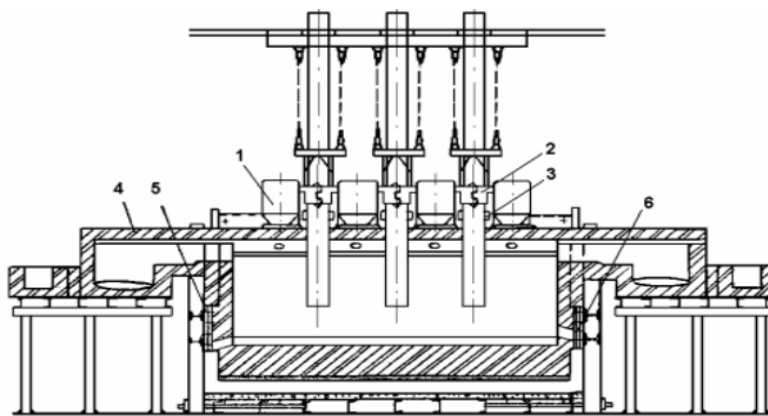
- Шығатын газ өте қауіпті, қатты ластанған, қызметкерлердің денсаулығына қауіпті және жарылғыш;

- Шығатын газдардың бөлінуін реттеу үшін КТП-ға арнайы қолшатырлар қойылады, бұл қосымша шығындарды талап етеді.



1.13 - сурет – ҚР бор карбиді өндіруге арналған Ашық пеш 0-1, 2

1.13 - суретте 1,2,3 - бағаналар; 4 - қолшатыр қақпағы; 5 - қолшатыр; 6 - пеш шахтасы; 7 - подин футеровкасы; 8 - паллет арбасы; 9 - тіректер шахтасы; 10 - сору құбыры



1.14 - сурет – Мырыш үшін жабық пеш

1.14 - суретте 1 - тиеу шұңқырлары; 2 – электр ұстағыштар; 3- электродтарды тығыздау; 4 - конденсаторлар; 5 - штейнді шығаруға арналған кессон; 6 - шлакты шығаруға арналған кессон.

КТП - дағы ең күрделі процестердің бірі-шихтаны жүктеу. Ашық пештерде ауданы кемінде 60-80 м<sup>2</sup> колошник стандарты бойынша айқындалған 150 тоннадан астам шихта материалдары тиеледі. Жүктеу процесінің тығыздығын қамтамасыз ету қажеттілігіне байланысты жабық пештерді жүктеу де үлкен қиындық тудырады.

Шихта материалдарын ваннаның кез келген түріне тиеген кезде жұмыс стандарттарын сақтау қажет, мысалы, ашық пешпен жұмыс істегенде, ауданы 60-тан 80 м<sup>2</sup>-ге дейінгі колошниктің құжаттамасы бойынша белгіленген орындарына тәулігіне кемінде 150 тонна шихта материалын тиеу қажет, ал жабық пештерде тиеу процесінің толық герметикалығын қамтамасыз ету қажет.

Процестің толық тығыздығын бүкіл процесті механикаландыру кезінде ғана қамтамасыз етуге болады. Өнімді жабық пешке жүктеу процесінде алдыңғы партия үшін белгілі бір уақыт қажет болғандықтан, берудің кешігуі түрінде кейбір қиындықтар туындайды. Жабық пешпен жұмыс істеудің бұрын сипатталған ерекшеліктеріне байланысты, онымен жұмыс істеуге қабілетті, басқа кен-термиялық пештермен жұмыс істеуден айтарлықтай ерекшеленеді. Қатаң сақталуы керек Негізгі сипаттамалар-газ қысымын ұстап тұру және су астындағы кеңістікте және газ қалдықтарында шаң жинау.

КТП ваннасына шихтаны тиеу орны мен тәсілі, сондай-ақ шихтаны дайындаудағы түзетулер шихтаның технологиялық процесінде болуы немесе болмауы бойынша таңдалады. Мысалы, Ферро силиций өндірісі көп мөлшерде қожсыз жүреді, электродтың айналасында орналасқан айқын балқыту аймағы бар, бұл процесс балқыту тигелі деп аталады.

Ваннадағы шихтаның орналасуына сәйкес КТП балқыту тигелі арқылы балқымаға ауысады деп бөлуге болады, ал қалған бөлігі қозғалмайтын деп аталады гарниссаж. Сондай-ақ, осы технологиялық процестің тұрақты жұмысын қамтамасыз ету үшін шихта материалының құрамы мен гранулометриясының тұрақтылығын қамтамасыз ету қажет. Осы ерекшеліктерге байланысты жүктеу процесін шихта материалы электродтың айналасындағы сақина бөлігіне қатаң түрде берілетіндей етіп ұйымдастыру керек. Мұндай процесті алу үшін әр электродтың айналасындағы жағалардың жиынтық бөлігінде орналасқан тиеу шұңқырлары қатысуы мүмкін. бұл технологияны пайдалану жоғары шығындар мен құрылымның сынғыштығына толы, мысалы, пеш газдарының шамамен 5-8%-ы тиеу шұңқырларының салдарынан жанып кетеді, сонымен қатар олардың арқасында электродтарды ұзартуға тура келеді, бұл сынуға бейім. Кейбір кен-термиялық процестер дәл осындай шұңқырлар арқылы жүктеуді қажет ететіндіктен, бұл процесс әлі де өзекті.

Кейбір кен-термиялық процестер алынған соңғы өнімнің мөлшерінен әлдеқайда көп қождың бөлінуімен бірге жүреді, мысалы, штейнді балқыту кезінде оның үстіндегі қождың мөлшері 700 мм-ге дейін болуы мүмкін.мұндай үлкен қождың болуы бүкіл технологиялық процесті едәуір қиындатады, бірақ

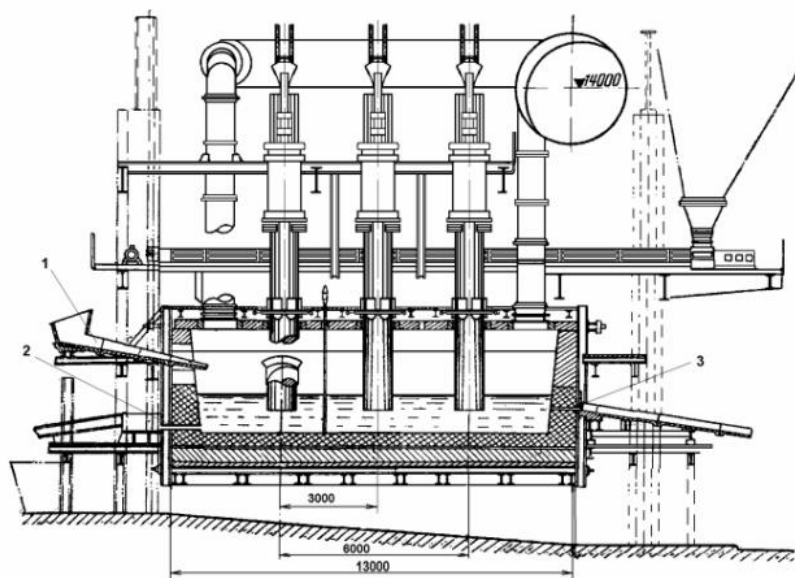
жүктемені әлдеқайда жеңілдетеді. Мұндай процестерде балқыту бөлігі қож қабатының астында орналасады және шихта біртіндеп балқымада ери бастайды.

Бұл процесс rtp ваннасының бүкіл бетінде орын алады және сәйкесінше құрамның орташалануына әкеледі, бірақ процесс жалпы шихта материалының химиялық және гранулометриялық құрамына талап етпейді.

КТП жұмысында электр режимі және КТП ваннасындағы материалдардың тұрақты қозғалысы басты рөл атқарады, бұл шихтаның құрамы мен гранулометриясының тұрақтылығын сақтау керек. Сондай-ақ, пештің қоймасында орналасқан құбырларды қамтамасыз ететін шихта материалының біркелкі жеткізілуі маңызды.

Жабық КТП үшін шихта материалын дайындау процесі және оның ваннаға біркелкі түсуі ашық КТП-ге қарағанда әлдеқайда маңызды және күрделі деген қорытынды жасауға болады.

Одан әрі түсіру процесі бірдей маңызды және уақытты қажет етеді. Бүкіл кен-термиялық процесті оңтайландыру үшін үздіксіз жұмыс әдісін қолданған дұрыс. Өкінішке орай, бұл жұмыс әдістерінің күрделілігіне байланысты оны өмірде орындау әрдайым мүмкін емес. rtp жұмысының үздіксіз әдісінің бір мысалы-мыс никель штейнін өндіру. Процесс кіретін шихта материалының мөлшерін дәл реттеу үшін арнайы жапқыштары бар тиеу құбырлары арқылы шихта материалын тиеуден басталады, тиеу деректерінің саны түріне байланысты 72-ге дейін жетуі мүмкін. Дайын өнім мен қожды түсіру КТП қабырғаларының соңғы бөлігінде орнатылған арнайы саңылаулар арқылы жүзеге асырылады. Соңғы өнімді шығару жоғарғы саңылау арқылы, шлақты төменгі қақпақ арқылы шығару арқылы жүзеге асырылады. Бұл саңылаулар алдын-ала оттегі-ацетилен оттығымен жылытылады.



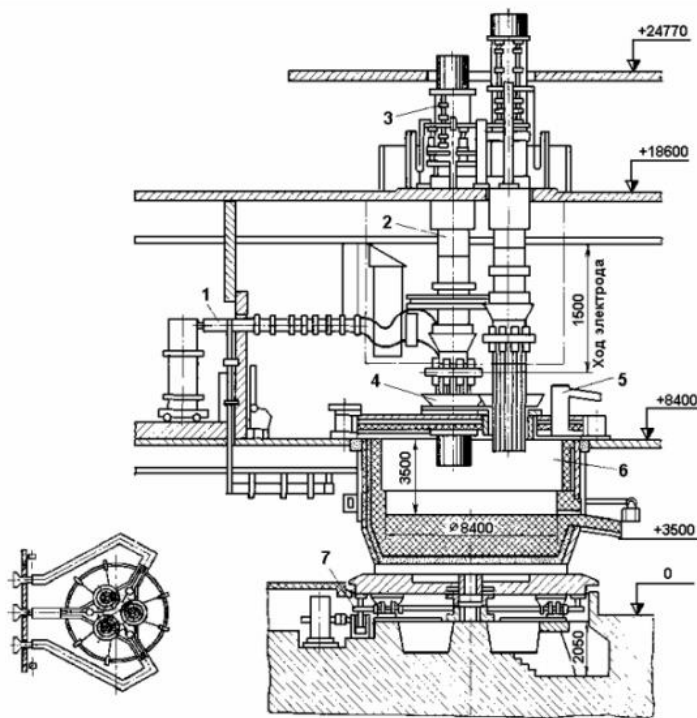
1.15 - сурет – Мыс-никель штейнін балқытуға арналған тікбұрышты пеш

1.15 - суретте 1 - шлак құюға арналған шұңқыр; 2 - штейнге арналған шұңқыр; 3 - шлакқа арналған шұңқыр

Бүкіл КТП жұмысы бір түрдің энергиясын екіншісіне, атап айтқанда электр энергиясын жылу энергиясына тоқтың шлак балқымасы арқылы өтуі арқылы түрлендіруге негізделген, ол үшін конвертерлерден дайын балқытылған шлақты алдын ала құю қажет. Соңғы өнімді газ түрінде өндіру үздіксіз әдісті қолданады, бірақ осы процесті сақтау үшін пешті токсиндер мен ферро қорытпаларынан уақтылы тазарту қажет. Токсиндер немесе Ферро қорытпалар жиналғандықтан, КТП ванна бөлмесінде осы мақсаттар үшін арнайы жасалған қосымша саңылаулар ашылады.

Жұмсалған энергия мөлшері және құйылған шихта мөлшері бойынша өнімді қождан тазарту сәтін дәл анықтауға болады. Сондай-ақ, бірдей бастапқы деректермен үнемі жұмыс істеу барысында сіз шлак пен штейнді қай уақытта ағызу керектігін алдын-ала біле аласыз. Мысалы, мырышпен жұмыс істегенде, белгілі бір саңылаулар арқылы Штайн 10-15 күнде бір рет, ал шлак күніне бір рет ағызылады.

Үздіксіз әдіспен жұмыс істеу қиындықтарына байланысты өндірісте жартылай үздіксіз әдіс жиі қолданылады. Бұл әдісте жүктеу үздіксіз әдіс сияқты үздіксіз жүзеге асырылады, ал қождан тазарту және штейнді қажетінше ағызу. Осы әдіспен жұмыс істейтін пештің мысалы-Ферро силиций өндіретін пеш, бұл пеште дайын өнім күніне 5-8 рет тесіктер арқылы төгіліп, тең аралықтарды сақтайды.



1.16 - сурет – Ферросилиций балқытуға арналған РКЗ-33м2 пеші



1.16 - суретте 1 - қысқа желі; 2 - электрод; 3 - электродты қайта қосу механизмі; 4 - тиеу шұңқыры; 5 - газ бұру; 6 - пеш ваннасы; 7 - пештің айналу механизмі

Шұңқырды таңдау және олардың саны Технологиялық процестің ерекшеліктерімен анықталады. Мысалы, егер кен-термиялық процесс сұйық өнімдермен айналысатын болса, онда соңғы өнім мен қож үшін әртүрлі саңылаулар бар, басқа жағдайда жоғары көміртекті Ферро хром өндірісінде соңғы өнім де, қождар да бір леткадан кейін ауысымына 3-4 рет біріктіріледі. Кейбір жағдайларда кальций карбиді сияқты екі летоктан артық қажет, жоғары температурадағы бастапқы өнімнің тұтқырлығы өте жоғары, сондықтан босату үшін үш летка қажет. КТП-да балқыту процесінде барлық саңылаулар қатаң жабылуы керек.

Бүкіл процесс аяқталғаннан кейін берілген саңылаулар ашылады процесс оттегі қыздырғыштары түріндегі арнайы құрылғыларды пайдаланады, арнайы мылтықты пайдаланады, сынықтармен теседі немесе бұрғылауды қолданады. Бұрын сипатталғандай, саңылаулар бүкіл КТП-ның одан әрі жұмыс істеуі үшін тығыз және сенімді түрде жабылуы керек. Бүкіл штейн мен шлақты төгіп тастағаннан кейін, саңылауларды отқа төзімді сазбен немесе электрод массасымен жабуға болады.

КТП жұмысының тағы бір әдісі-мерзімді режим. Мысал периодтық режим-бұл ферро ванадий және Ферро титан сияқты материалдарды өндіру, бұл материалдарды балқыту жоғары температура кезіндегі мінез-құлық ерекшеліктеріне байланысты бірнеше сатыда жүзеге асырылады. Алдыңғы екі қарастырылған процестер сияқты, қожды түсіру кен-термиялық процесс кезінде леткалар арқылы жүзеге асырылады. Балқыту процесі толығымен аяқталғаннан кейін ғана дайын өнім пештің көлбеу механизмін қолдана отырып, су төгетін шұлық арқылы ағызылады.

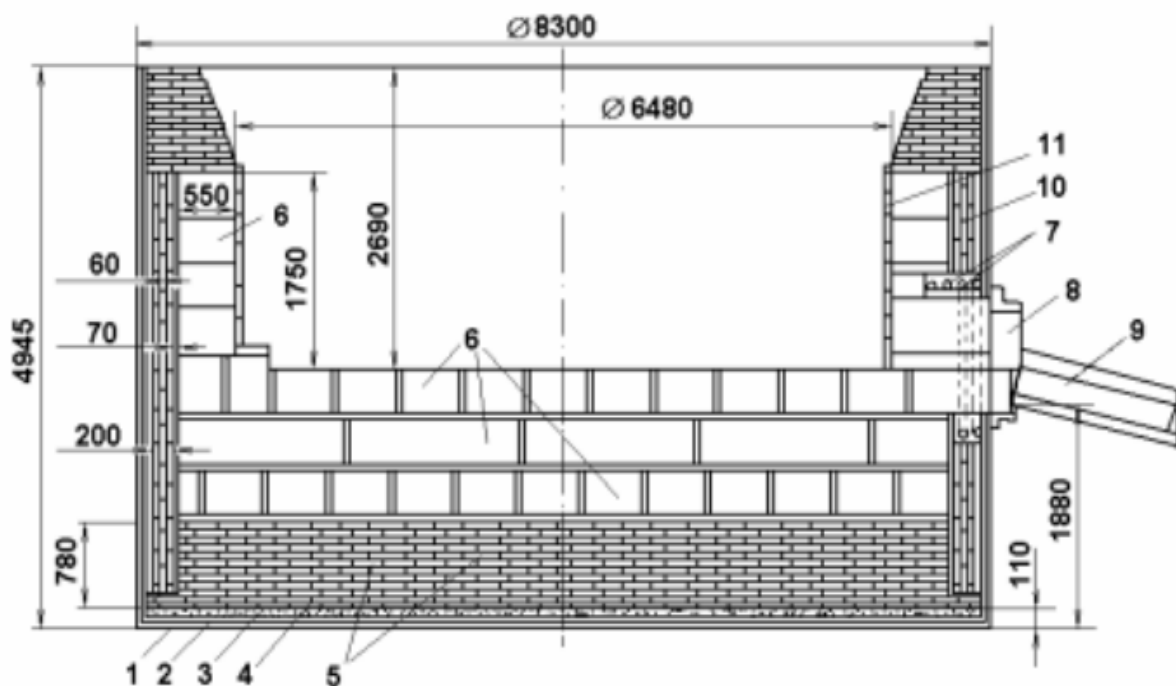
Отқа төзімді ферро вольфрам, Ферро Молибден, корунд және бор карбиді өндірісінде оларды сұйық күйде ұстау өте көп уақытты қажет ететін процесс, олар бұл күйді тек электродтардың жанында ұстайды. Мысалы, ферро вольфрамды сұйық күйде ұстау үшін қажетті температура кем дегенде 30000 °С температураны ұстап тұру керек. бұл жағдайда дайын өнімді саңылаулар арқылы ағызу өте үлкен қиындықтар тудыруы мүмкін және барлық дайын өнім пештің ваннасынан ағып кете бермейді. Кейде мұндай жағдайларда дайын материалды көлемі кемінде 50 кг Болат ыдыстармен түсіру әдісі қолданылады, ерекше жағдайларда мен "блок процесі" әдісін қолданамын.

Түсіру әдісі "блок процесі" - бұл КТП ваннасына шихтаның жаңа бөлігі толығымен толтырылғанға дейін құйылады. Далле электродтарды және пештің ваннасын көтереді, бұл ванна пешіндегі материалдың тез қатаюына әкеледі, содан кейін мен ваннадан блокты алып, толық қатайғанша қалдырамын, алынған блок ұсақталады, сындырылады. Мұндай манипуляция процесінде алынған дайын өнім жарамсыз шлактан және балқытылған шихтаның соңына дейін сұрыпталады, оны одан әрі балқыту үшін пештің ваннасына қайта жібереді.

Бұл процестің ерекшелігі-пештің ваннасы жылжымалы арбамен ауыстырылады, бұл процесте оны жылжытуға ыңғайлы. Бір жабдық кешені уақыт пен энергияны үнемдейтін бірнеше арбалармен кезектесіп жұмыс істей алады.

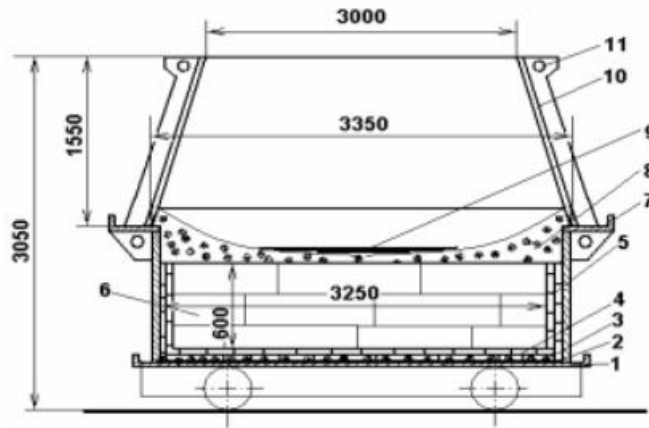
Қорытындылай келе, пешті түсірудің бұл әдісі ең қымбат және өнімділігі төмен, бірақ отқа төзімді материалдар үшін тамаша.

Кен-термиялық пештің төсемі бүкіл технологиялық процестің маңызды компоненттерінің бірі болып табылады, нәтижесінде таңдалған өнімнің параметрлері бойынша нақты таңдау керек. Стандартқа сәйкес, пештің қаптамасы балқытылмаған шихтамен жабылған, ал төменгі бөлігінде балқытылған және ыстық металл қабаты орналасқан, бұл металдың температурасы қаптаманың металын оңай ерітеді. Жоғары температурамен жұмыс істеу нәтижесінде бұл төсеніштің жоғарғы жағын жабу үшін қолданылатын домендік кірпіш. Көмір блогы немесе магнезит кірпіші қаптаманың төменгі бөлігін жабу үшін қолданылады, өйткені дәл осы бөлік балқытылған ыстық металмен жанасады. Төменгі қабаттарға, атап айтқанда подиндерге ерекше назар аударылады және ең қуатты етеді.



1.17 - сурет – 23 МВ пештің төсемі. Ал балқыту үшін ферросилиций

1.17 - суретте 1 - қаптама; 2 - асбест; 3 - сынықтар; 4 - кірпіш; 5 - кірпіш; 6 - блоктар; 7 - мыс құбырлар; 8 - летка; 9 - летка; 10 - төсеу; 11 - кірпіш



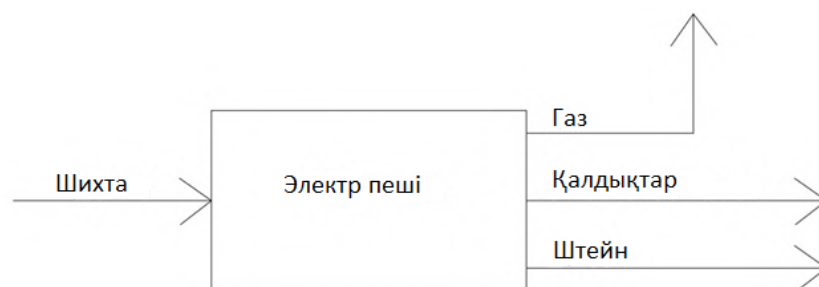
1.18 - сурет – Қалыпты электрокорундты балқытуға арналған жылжымалы пештің төсемі

1.18 - суретте 1 - арба; 2 - қаңылтыр асбест; 3 - шамот құю; 4 - шамот кірпіш; 5 - магнезит кірпіш; 6 - көмір блоктары; 7 - су жинау науасы; 8 - боксит қабаты; 9 -пешті жағуға арналған көміртекті материал; 10 - Болат қаптама; 11 - суды салқындатуға арналған құбыр.

## 2 Арнайы бөлім

### 2.1 Құрылымдық схеманы талдау және пештің ТП АБЖ математикалық моделін алу

Зерттелетін металлургиялық кешенде электр балқыту процесінде алты электродты кен-термиялық электр пеші пайдаланылады, одан таза штейн алынады. Алты электродты кен-термиялық электр пеші ұғымын түсінейік, кенді қалпына келтіру немесе электр доғалы пеш деп аталады, металлургияда қара және түсті мыс, химия өнеркәсібі үшін қолданылады. Кремний, силикомарганец және ферромарганец, ферросилиций, силикокальций, хром қорытпалары, сары фосфор және басқа да көптеген материалдарды өндіру үшін қолдануға болады. Доғалы пеш пештің түрлері арасында өте танымал, әсіресе жабық кен-термиялық электр пештері. Мұндай заманауи пештердің қуаты 75-150 МВА дейін өзгереді. Доғалық кен-термиялық пештің бірнеше түрі бар, мысалы: шихтаны тиеу құбырлары арқылы беретін тығыздалған электродтары бар доғалық кен-термиялық электр пеші; қоймада тығыздалған электродтар батырылған ваннасы бар доғалық кен-термиялық электр пеші, қойма арқылы шихтаны беру жүзеге асырылады. Доғалы кен-термиялық пештің жұмыс принципі шихтаны ваннаға түтікшелер арқылы жүктеуден басталады, ал түтікшенің астында пайда болған шихта конустары электрод-қойма тығыздағыштарының болуына байланысты электродтардан белгілі бір қашықтықта орналасады, колошниктің беті төмендейді. Түтікшелер арқылы жеткізілетін Шихта шұңқырдың деңгейін көтереді, соның арқасында ваннадан көтерілетін ыстық газ бен тиеу жүйесінен түсетін суық шихта арасында тиімді жылу алмасу жүреді. Техникалық-экономикалық көрсеткіштерді арттыру үшін, атап айтқанда, электр энергиясының меншікті шығынын азайту үшін, суасты кеңістігінің температурасының төмендеуіне байланысты қойманың беріктігін арттырады. Қорытпа технологиясын жақсарту үшін ваннаның өзегіне мезгіл-мезгіл қосымша құбырлар арқылы түзету қоспалары беріледі. Әр түрлі технологиялық бұзылуларда түзету қоспалары пешті қалыпқа келтіреді, бұл электр энергиясының нақты шығынын қажетсіз төмендетуден сақтайды. Пеш газдары атмосфераға енбейді, өйткені құбырлар қоймада тығыздалған.



2.1 - сурет – Алты электродты КТП басқару жүйесінің функционалдық сұлбасы

2.1 - суретте алты электродты КТП басқару жүйесінің функционалды сұлбасы көрсетілген.

**Пештің технологиялық өндірісін басқарудың автоматтандырылған жүйесінің сипаттамасы және оның функционалды схемасының құрылысы.**

Алты электродты кен-термиялық электр пеші (Р) - металды электродтар немесе металл мен электрод арасында жанатын электр доғасының жылуынан балқытуға мүмкіндік беретін электр пеші.

Атқарушы қозғалтқыш (АҚ) – функциясы электр сигналының вариациясы және біліктің бұрыштық қозғалысы арқылы реттеуші органға тікелей әсер ететін механизм.

Кедергі термометрі (КТ) – температураны өлшеудің қарапайым сенсоры, металдардың кедергісінің өлшенетін органың температурасына тәуелділігі негізінде жұмыс істейді.

Күшейткіш (К) – кіріс сигналын көтеретін элемент кіріс сигналы атқарушы қозғалтқышқа түскенге дейін [10].



2.2 - сурет – Пешті басқару жүйесінің функционалды схемасы

2.2 - суретте пешті басқару жүйесінің функционалды схемасы көрсетілген.

**Пештің ТП АБЖ беріліс функциясы.**

Пеш:

$$\Delta\theta = \theta_3 - \theta, \quad (2.1)$$

$$T_0 \frac{d}{dt} \Delta\theta + \Delta\theta = k_0 * \mu - k * f. \quad (2.2)$$

Қозғалтқыш күшейткіші:

$$T_m * \frac{d}{dt} u_u + u_u = k_m * u_m. \quad (2.3)$$

Потенциометриялық көпір:

$$u_m = k_d * \theta. \quad (2.4)$$

Редукторды қолданатын қозғалтқыш:

$$T_K * \frac{d^2}{dt^2} \mu + \frac{d}{dt} \mu = k_K * u_u. \quad (2.5)$$

мұндағы  $\theta$  - пештің реттелетін температурасы;  
 $\theta_3$  - пештің белгіленген температурасы;  
 $\Delta\theta$  - пеш температурасының ауытқуы;  
 $u_0$  - көпір кернеуі;  
 $u_m$  - көпірдің шығыс кернеуі;  
 $\mu$  - клапанның қозғалысы;  
 $f$  - қате.

2.1 кесте – деректер кестесі

№	$T_0$	$k_0$	$k_{\kappa}$	$T_m$	$k_m$	$T_{\kappa}$	$k_{\kappa}$
СИ	С	см	см	С	см	С	см/с
1	1.4	7.7	0.01	0.03	16	0.1	0.25

2.1-кестеде есептеулердің бастапқы деректері келтірілген.

Осы мәндерді ауыстыру арқылы пештің беріліс функциясының бөліктерін есептеуге болады.

Пеш (бірінші ретті апериодты буын):

$$G_{\Pi}(s) = \frac{k_0}{T_0 s + 1} = \frac{7.7}{1.4s + 1}. \quad (2.6)$$

Қозғалтқыш күшейткіші (бірінші ретті апериодты буын):

$$G_{\kappa}(s) = \frac{k_m}{T_m s + 1} = \frac{16}{0.03s + 1}. \quad (2.7)$$

Потенциометриялық көпір (пропорционалды бөлігі):

$$G_M(s) = \frac{u_m}{\theta} = k_{\kappa} = 0.01. \quad (2.8)$$

Редукторды қолданатын қозғалтқыш (интеграция буыны):

$$G_{\text{АК}}(s) = \frac{k_{\kappa}}{T_{\kappa} s + 1} = \frac{0.25}{0.1s + 1}. \quad (2.9)$$

### **Пешті басқарудың жабық және ашық жүйесінің құрылымдық схемасын құру.**

Жүйе - бұл көптеген элементтер бір-бірімен тығыз байланысты және бір жалпы мақсат үшін жұмыс істейді, жүйе белгілі бір тұтастықты білдіреді, біздің жағдайда жүйе пешті басқару жүйесі болып табылады. Бастау үшін біз пешті басқарудың ашық жүйесінің құрылымдық схемасын құрамыз, өйткені ашық басқару жүйесі Кері байланыссыз жүйе болып табылады, мұнда  $u(t)$  басқару тек сыртқы әсерлерге байланысты және нәтижені бақылаусыз жүзеге асырылады. Көбінесе ашық жүйелер әсер етудің өзгеруін қолдана отырып, объектінің шығу

шамасының зиянды әсерге тәуелділігін азайтуға қызмет етеді. Яғни, ашық басқару жүйесінде орнатушы құрылғы жүйенің нақты жұмыс режимі туралы Кері байланыс алмайды, ал жабық басқару жүйесі Кері байланыстың болуымен сипатталады және шығыс сигналы туралы ақпаратқа ие. Мұнда реттегіштер дұрыс жұмыс істеу және автоматты реттеу жүйесін басқару үшін жабық жүйелерде қолданылады деген қорытынды жасауға болады [7].



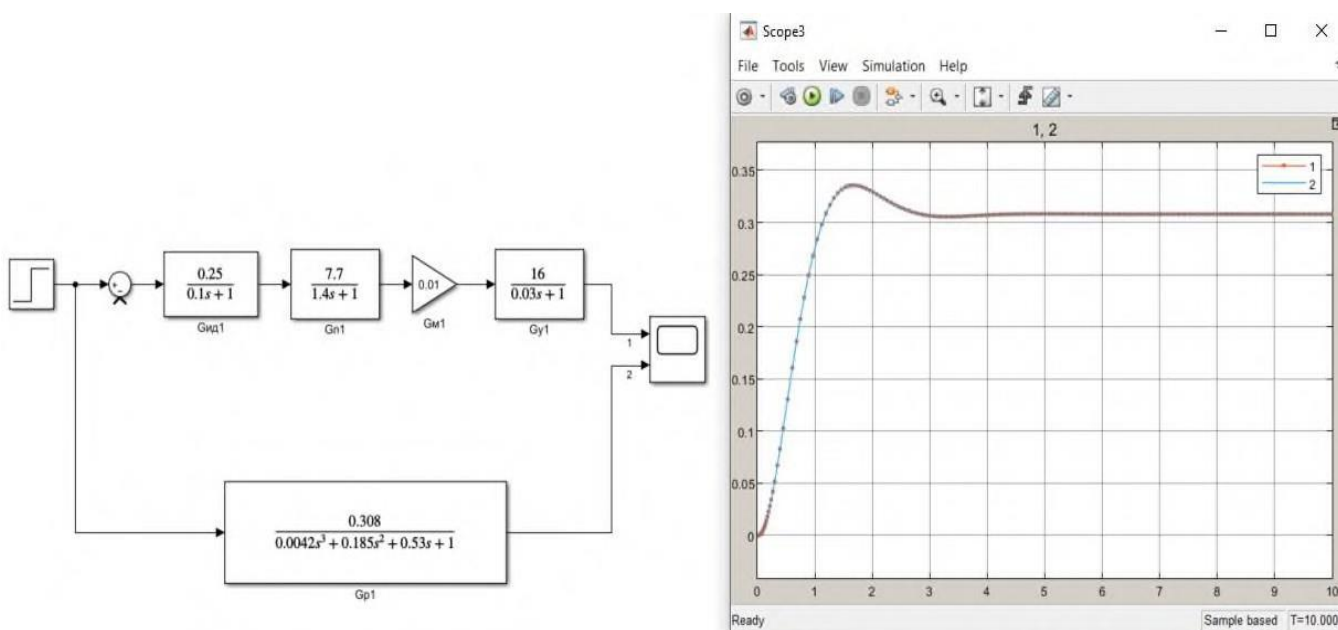
2.3 - сурет – Пешті басқарудың ашық жүйесінің құрылымдық схемасы

2.3 - суретте пешті басқарудың ашық жүйесінің құрылымдық схемасы көрсетілген.

Құрылымдық схемаға сүйене отырып ашық жүйенің беріліс функциясын есептейміз:

$$G_p(s) = G_{ИД}(s) * G_{П}(s) * G_{М}(s) * G_{У}(s). \quad (2.10)$$

$$G_p(s) = \frac{0.25}{0.1s+1} * \frac{7.7}{1.4s+1} * 0.01 * \frac{16}{0.03s+1} = \frac{0.308}{0.0042s^3+0.185s^2+0.53s+1}. \quad (2.11)$$



2.4 - сурет – Пешті басқарудың ашық жүйесінің және есептелген беріліс функциясының өтпелі процесі

Пешті басқарудың жабық жүйесін құру қажет.



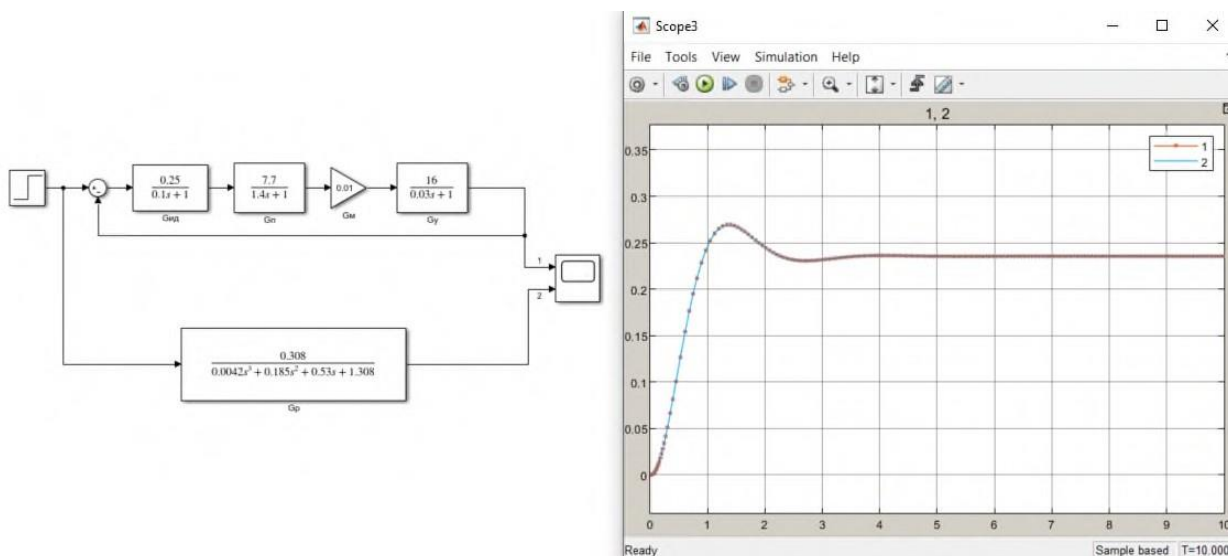
2.5 - сурет – Пешті басқарудың жабық жүйесінің құрылымдық схемасы

2.5 - суретте пешті басқарудың жабық жүйесінің құрылымдық схемасы көрсетілген.

Пешті басқарудың жабық жүйесі үшін беріліс функциясын есептейік:

$$G_3(s) = \frac{G_p(s)}{1+G_p(s)} \quad (2.12)$$

$$G_3(s) = \frac{0.308}{0.0042s^3+0.185s^2+0.53s+1.308} \quad (2.13)$$



2.6 - сурет – Пешті басқарудың жабық жүйесінің және есептелген беріліс функциясының өтпелі процесі

2.6-суреттен жүйенің тұрақты мәнге келетіндігін көруге болады, бірақ бірқатар жағымсыз тербелістер бар, дегенмен жүйе тұрақты. Келесі бөлімде дәлелдерді көруге болады.

## 2.2 Электр пешінің ТП АБЖ динамикалық қасиеттерін зерттеу

**Ляпуновтың бірінші әдісі бойынша ашық жүйенің тұрақтылығын анықтайық.**

Пешті басқарудың ашық жүйесінің беріліс функциясынан:



$$G_p(s) = \frac{0.308}{0.0042s^3 + 0.185s^2 + 0.53s + 1}$$

Сипаттамалық теңдеуді жазайық:

$$0.0042s^3 + 0.185s^2 + 0.53s + 1 = 0.$$

Сипаттамалық теңдеудің түбірлерін есептейік:

$$\begin{aligned} s_1 &= -41.120, \\ s_2 &= -1.464 - 1.9i, \\ s_3 &= -1.464 + 1.9i. \end{aligned}$$

Ляпуновтың бірінші әдісі бойынша ашық жүйе тұрақтылық шекарасында болады, егер барлық тамырлар теріс болса және тек бір түбір нөлге тең болса, онда жүйе тұрақтылық шекарасында болады.

**Гурвиц критерийі бойынша ашық жүйенің тұрақтылығын екі рет тексеріп, растаймыз.**

Ашық жүйенің сипаттамалық теңдеуін жазайық:

$$0.0042s^3 + 0.185s^2 + 4.5s + 1 = 0$$

Сипаттамалық теңдеудің параметрлерін жазайық:

$$\begin{aligned} a_0 &= 0.0042, \\ a_1 &= 0.185, \\ a_2 &= 0.53, \\ a_3 &= 1. \end{aligned}$$

Алынған параметрлер бойынша Гурвиц матрицасын құрайық:

$$H_k = \begin{bmatrix} 0.185 & 1 & 0 \\ 0.0042 & 0.53 & 0 \\ 0 & 1.85 & 1 \end{bmatrix}$$

Негізгі анықтауыштарын есептейік:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= 0.185, \\ \Delta_2 &= 0.0938, \\ \Delta_3 &= 0.0938. \end{aligned}$$

Сипаттамалық теңдеудің барлық элементтері оң, бұл ашық жүйе тұрақты, өйткені Гурвиц заңы барлық түбірлері теріс болса (тіпті күрделі болса да), жүйе тұрақты болады дейді [9].

Ляпуновтың бірінші әдісі бойынша жабық жүйенің тұрақтылығын анықтайық.

Пешті басқарудың жабық жүйесінің беріліс функциясынан:

$$G_3(s) = \frac{0.308}{0.0042s^3 + 0.185s^2 + 1.308}$$

Сипаттамалық теңдеуді жазайық:

$$0.0042s^3 + 0.185s^2 + 0.53s + 1.308 = 0. \quad (2.15)$$

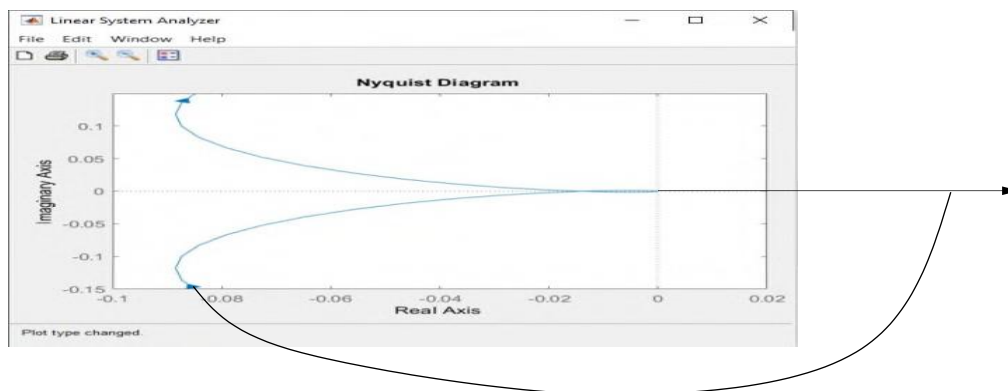
Сипаттамалық теңдеудің түбірлерін есептейік:

$$\begin{aligned} s_1 &= -41.166, \\ s_2 &= -1.44 - 2.3i, \\ s_3 &= -1.44 + 2.3i. \end{aligned}$$

Жабық жүйе Ляпуновтың бірінші әдісі бойынша тұрақты, егер барлық түбірлері теріс болса (тіпті күрделі болса), онда жүйе тұрақты болады.

**Найквист критерийі бойынша жабық жүйенің тұрақтылығын екі рет тексеріп, растаймыз.**

Найквист критерийі бойынша біз жабық пешті басқару жүйесінің тұрақтылығын зерттейміз, ол үшін ашық жүйенің АФЖС-ын зерттеп, ашық пешті басқару жүйесінің тұрақтылығын талдауымыз керек. Алдыңғы зерттеулерден біз пешті басқарудың ашық жүйелері тұрақтылық шекарасында екенін білеміз. Осы ақпаратқа сүйене отырып, біз тұрақтылық шекарасындағы ашық жүйе үшін жабық пешті басқару жүйесінің тұрақтылығын зерттеуіміз керек.

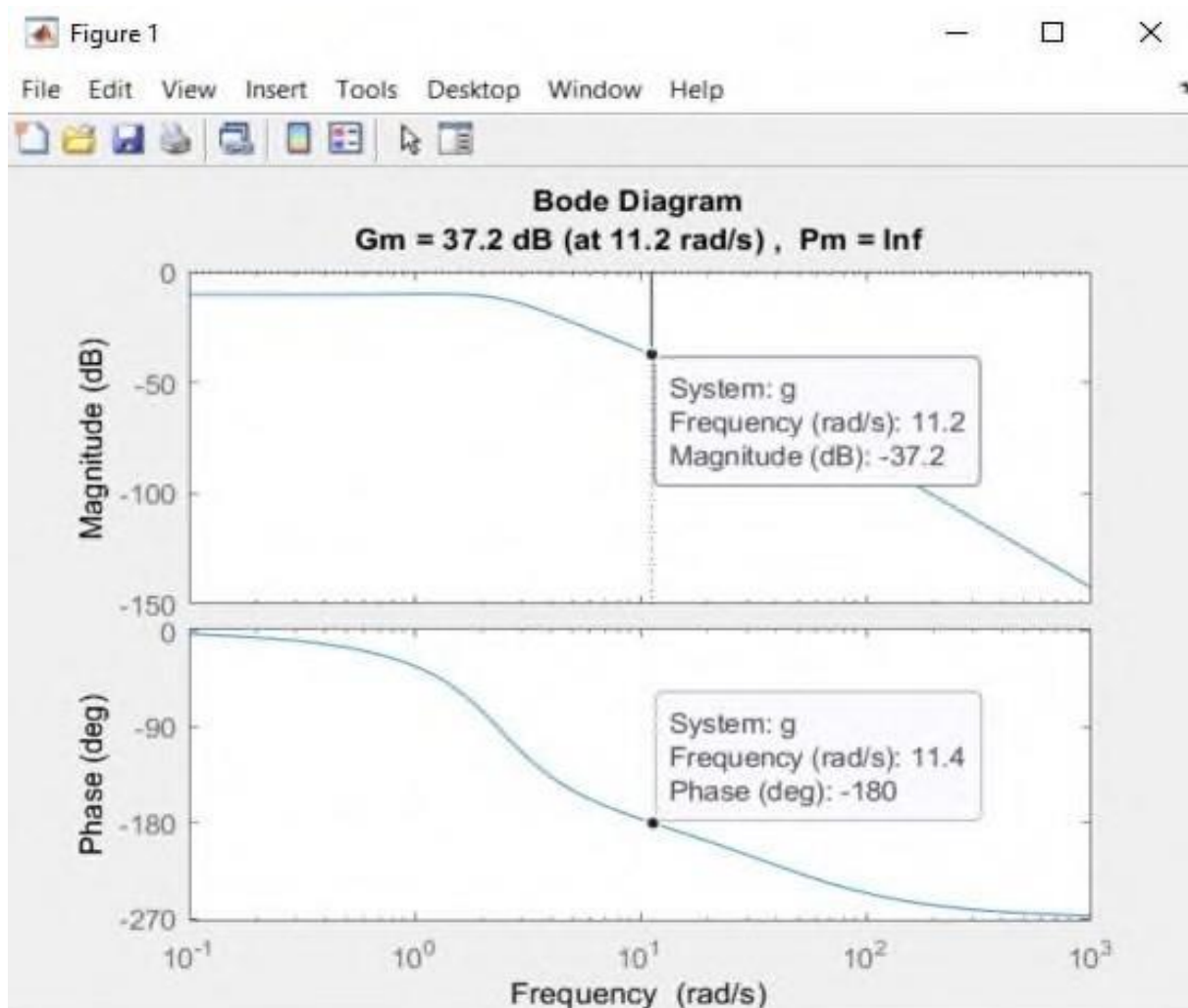


2.7 - сурет – Пешті басқарудың жабық жүйесінің амплитуда-фазалық жиілік сипаттамасы

Біздің ашық жүйенің тұрақтылық шекарасында екенін ескере отырып, Ашық пешті басқару жүйесінің АФЖС кестесі бойынша жабық жүйенің тұрақты екенін анықтауға болады, өйткені ол нүктені қамтымайды  $(-1; j0)$ .

**Найквистің логарифмдік критерийі бойынша жабық жүйенің тұрақтылығын екі рет тексеріп, растаймыз.**

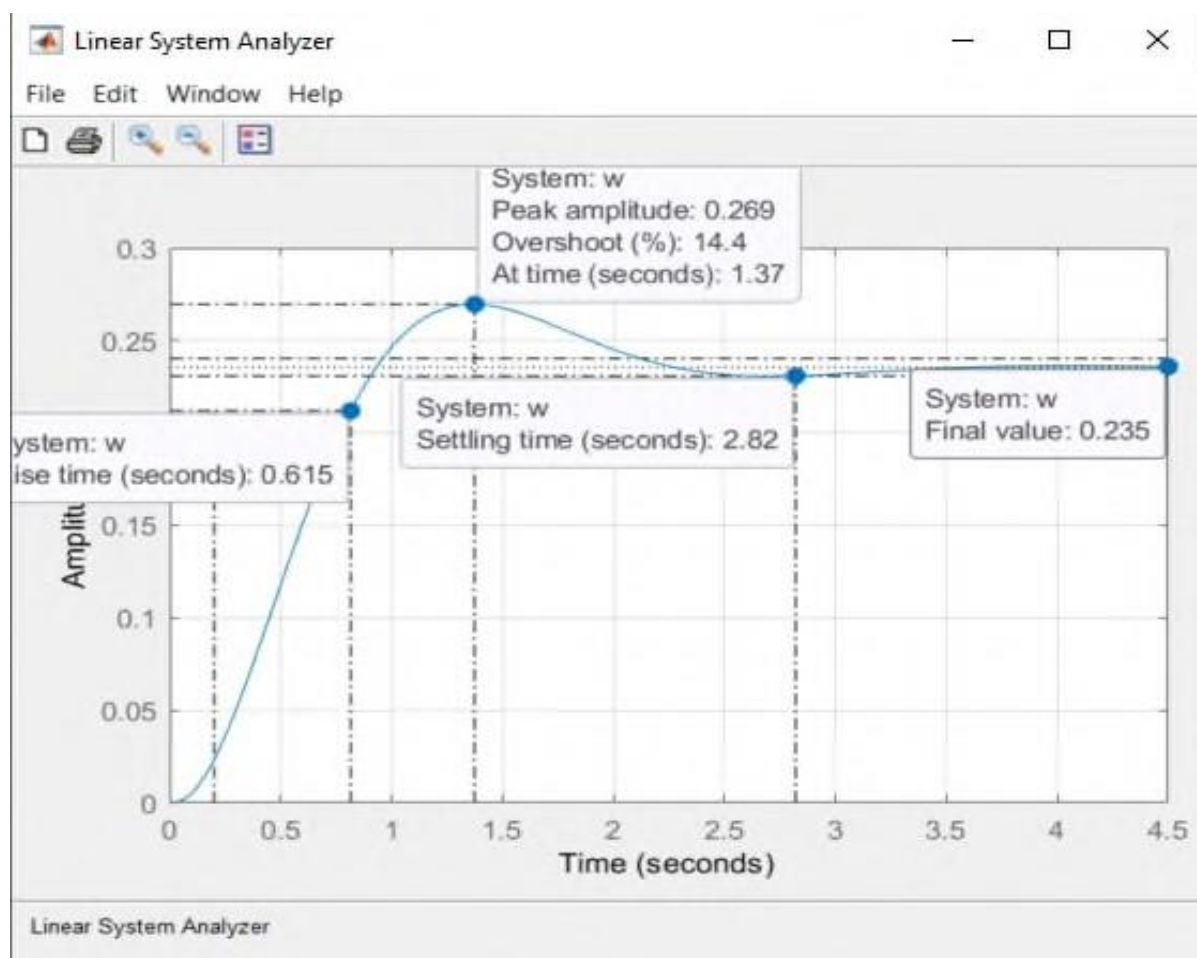
Біз Найквистің логарифмдік критерийі бойынша пешті басқарудың жабық жүйесінің тұрақтылығын зерттейміз. Біз ЛФЖС және ЛАЖС көмегімен Найквист логарифмдік критерийі бойынша пешті басқарудың жабық жүйесінің тұрақтылығын зерттей аламыз. Пешті басқарудың жабық жүйесі ашық жүйенің логарифмдік амплитудалық жиілік реакциясы логарифмдік фазадан бұрын кесілген жиілікті (амплитудасы 1) кесіп өткен жағдайда ғана тұрақты болатынын ескеріңіз-жиілік реакциясы  $-180^\circ$  осін кесіп өтеді. Басқа жағдайларда, ашық ЛАЖС  $-180^\circ$  осінен кешірек кесу жиілігін кесіп өткен кезде, жүйе тұрақты емес, бірақ ЛАЖС және ЛФЖС бірдей жиілікте абсцисса осін кесіп өткен жағдайда, жабық автоматты басқару жүйесі тұрақтылық шекарасында болады. 2.8-суретте ашық жүйенің логарифмі - амплитудасы және логарифмі-фазалық жиілік реакциясы көрсетілген.



2.8 - сурет – Пешті басқару жүйесінің ЛАЖС және ЛФЖС

Алынған ЛАЖС және ЛФЖС графигі бойынша біздің ашық пешті басқару жүйеміз ашық жүйе тұрақты деп айта аламыз, өйткені ашық жүйенің логарифмдік амплитудалық жиілік реакциясы 11.2 рад/с-та кесу жиілігін кесіп өтеді, ал логарифмдік фаза-жиілік реакциясы  $-180^\circ$  осін рад/с шексіздігінде қиып өтеді. яғни ЛАЖС абсцисса осін қиып өтеді бұрын, ЛФЖС-тен гөрі [10].

### 2.3 Электр пешінің ТП АБЖ өтпелі процесінің сапасын бағалау Пешті басқару жүйесінің өтпелі процесінің сапасын есептейік.



2.9 - сурет – Пешті басқарудың жабық жүйесінің өтпелі процесі

Пешті басқарудың жабық жүйесінің өтпелі процесінің сапасын бағалау:

1. Реттеу уақыты - 2.82 секунд;
2. Қайта реттеу - 14.4%;
3. Тербелістер саны - 1;
4. Тербеліс –  $\mu = \frac{\Delta y_{max2}}{\Delta y_{max1}} * 100\% = 0\%$ ;
5. Тербеліс жиілігі -  $w_{osc} = \frac{2\pi}{T_{osc}} = 0.2$ ;

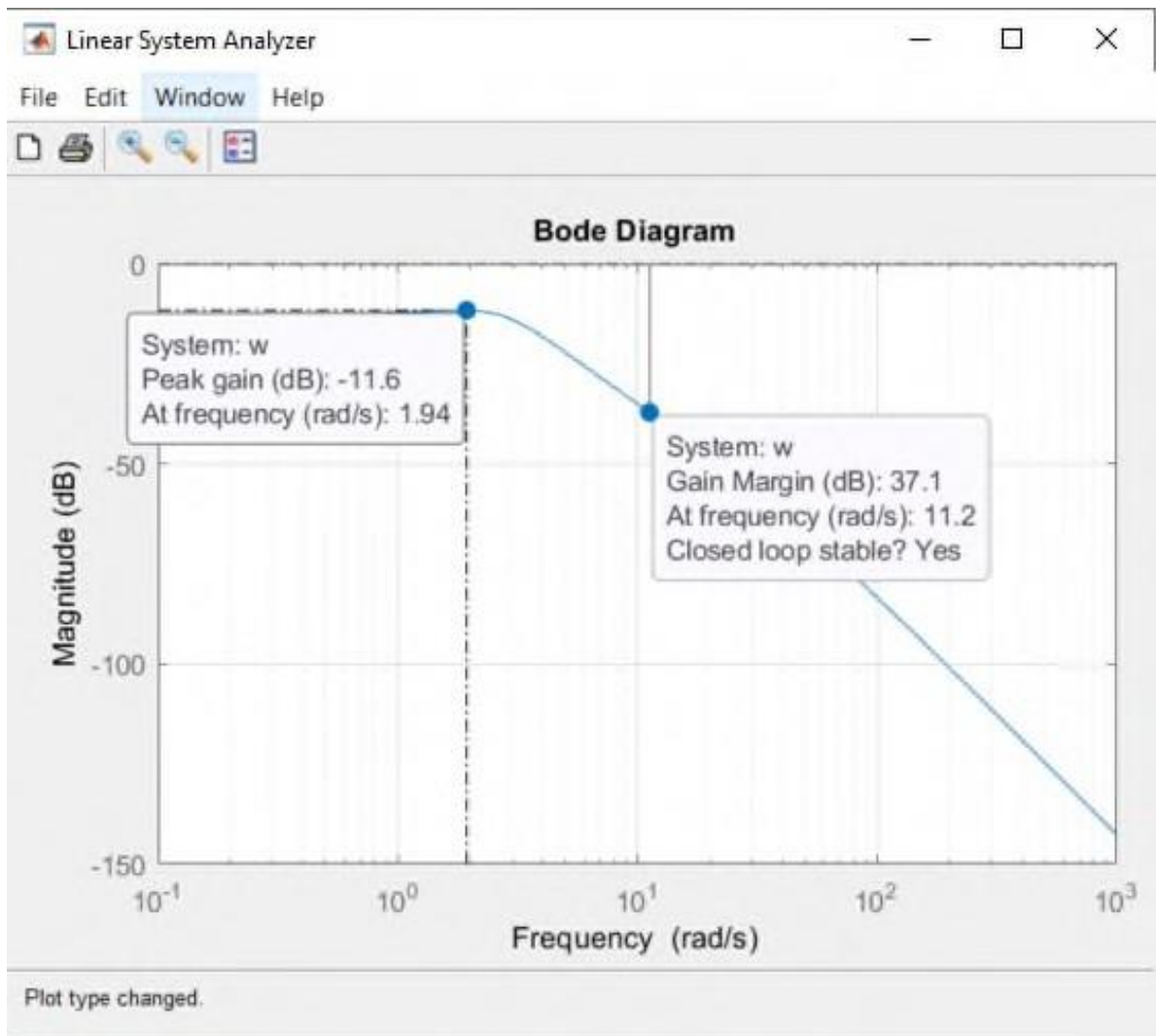
6. Бірінші максимумға жету уақыты-1.37 секунд;

7. Өсу уақыты - 0.61 секунд;

8. Ыдырау жылдамдығының сипаттамасы -  $X = \frac{|y_{max1} - y_{ss}|}{|y_{max2} - y_{ss}|} = \frac{0.034 - 1}{0 - 1} =$

0.966.

**Пешті басқарудың жабық жүйесінің өтпелі процесінің сапасын жанама бағалау.**



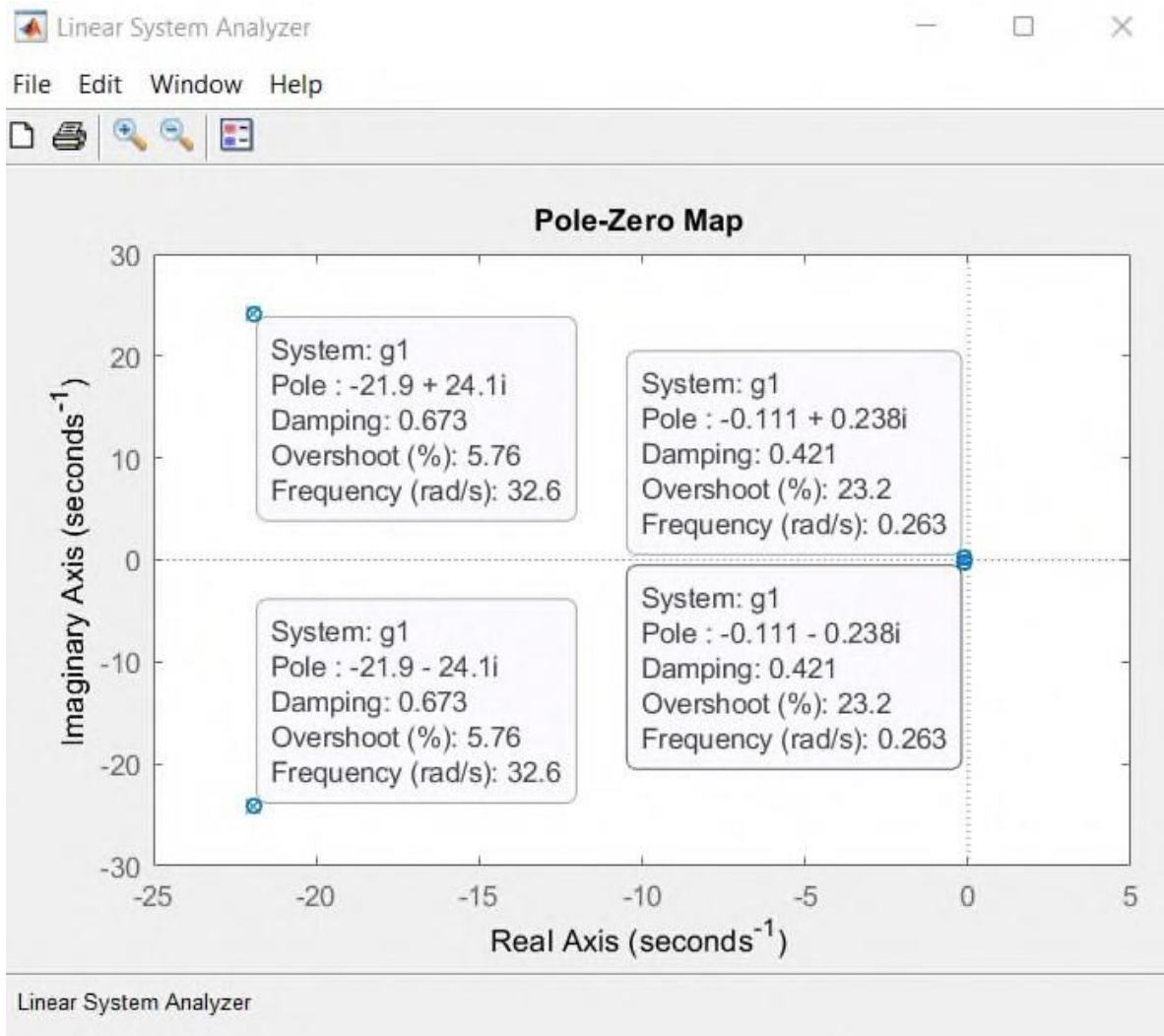
2.10 - сурет – Жабық пешті басқару жүйесінің сапасын жанама бағалау

1. Тербеліс көрсеткіші:  $\mu = \frac{M_{max}(w)}{M(0)} = 0;$

2. Өткізу қабілеті:  $\omega_{bandwidth} = [0; 11.2];$

3. Резонанстық жиілік:  $\omega = 1.94;$

4. Кесу жиілігі:  $\omega_{cf} = 239.$



2.11 - сурет - Күрделі жазықтықтағы пешті басқарудың жабық жүйесінің полюстері

2.11-сурет бойынша пешті басқарудың жабық жүйесінің беріліс функциясының полюстерін жазуға болады:

$$s_1 = -41.2;$$

$$s_{2/3} = -1.44 \pm 2.34i;$$

1. Реттеу уақыты:  $T_{set} = \frac{4}{|\sigma|} = \frac{4}{1.44} = 2.7;$
2. Қайта реттеу:  $P_{ov} = e^{-\frac{\xi\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}} = e^{-1.95} * 100\% = 14.22\%;$
3. Максималды мән  $y_{max}$ :  $y_{max} = y_{ss} \left(1 + \frac{P_{ov}}{100}\right) = 0.04;$

4. Тербеліс дәрежесі:  $\mu = \frac{w_d}{\sigma} = \frac{0.238}{1.44} = 0.16$ ;
5. Тербеліс жиілігі:  $w_{osc} = w_n * \sqrt{1 - \xi^2} = 0.211 * \sqrt{1 - 0.435^2} = 0.19c$ ;
6. Бірінші максимумға жету уақыты:  $T = \frac{\pi}{w_n * \sqrt{1 - \xi^2}} = 1.3$ ;
7. Өнімділік және тұрақтылық дәрежесі:  $\eta = |\sigma_{min}| = 1.44$ .

2.3 кесте - Пешті басқарудың жабық жүйесінің өтпелі процесінің сапасын бағалау

№	Сапаны бағалау	Тікелей	Жанама	Сәйкестік
1	Реттеу уақыты, $T_{set}$	2.82	2.7	+
2	Қайта реттеу, $P_{ov}$	14.4%	14.22%	+
3	Тербелістер саны, $M$	1	1	+
4	Тербеліс, $M$	0	0.16	+
5	Тербеліс жиілігі, $w_{osc}$	0.2	0.19	+
6	Бірінші максимум уақыты, $T_p$	1.37	1.3	+
7	Өсу уақыты, $T_R$	0.61		

Минималды қателікпен бізде тікелей және жанама сапа бағалары, 30% - дан аз шамадан тыс реттеу және бір ғана тербеліс, сондай-ақ амплитудасы 6 децибелден асатын және жиілігі 30 градустан асатын тұрақтылық маржасы сәйкес келеді. Реттеу уақыты мәселесі туындауы мүмкін, бірақ доғалы пеш үшін бұл қалыпты уақыт. Осы жерден бұл жүйеге ешқандай контроллер қажет емес сияқты көрінуі мүмкін, өйткені жүйе толығымен тұрақты және параметрлер қауіпсіз, бірақ реттеу және қайта реттеу уақытын жаңарту үшін бізге реттегішті қосу керек. Реттегішті қосудың себебі жүйенің шамадан тыс реттелуі және дәлдігі сияқты сапаны бағалау болғандықтан,  $P_i$  реттегіші сәйкесінше берілген жүйеге жарамды және  $D$  реттегішін пайдаланудың қажеті жоқ, өйткені жүйе белгіленген мәнге тез жетеді [10].

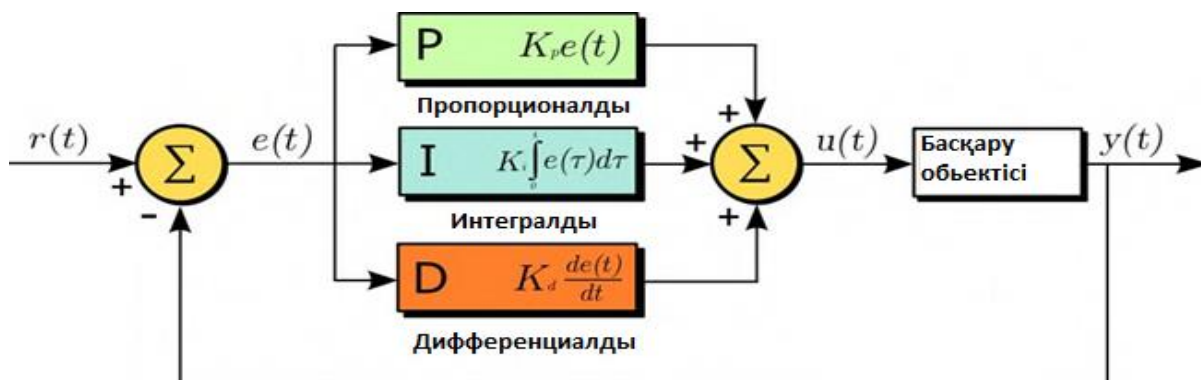
#### 2.4 Әртүрлі әдістерге негізделген пешті басқару жүйесінің реттегішін синтездеу

PID реттегіші реттегіштердің ең көп таралған түрі болып табылады, өйткені ол өте қарапайым және жұмыс принципі түсінікті, бағасы салыстырмалы түрде төмен және өндірістің кез келген саласында қолданылады және ол пропорционалды – интегралды – дифференциалды реттегіш дегенді білдіреді.

Пропорционалды байланыс жүйенің жылдамдығын реттеуге арналған, бұл сәйкессіздік сигналынан кіріс сигналының айырмашылығы. Интегралды байланыс жүйенің дәлдігіне арналған, сәйкессіздік сигналының интегралы



болып табылады. Дифференциалды байланыс жүйенің әлсіреуін азайту үшін қажет, сәйкессіздік сигналының туындысы. Өз кезегінде  $e(t)$  сәйкессіздік сигналы интегралды сапа бағалауы ретінде ұсынылуы мүмкін.



2.11 - сурет – PID - реттегішінің сұлбасы

2.11-суретте PID реттегішінің графикалық сұлбасы көрсетілген, мұнда кіріс сигналы  $e(t)$  қатесі, ал шығыс сигналы  $u(t)$  басқару әсері болып табылады.

PID реттегішінің жалпы формуласы үш компоненттің қосындысы болып табылады:

$$u(t) = k_p e(t) + k_I \int_0^t e(t) dt + k_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.16)$$

мұндағы,  $k_p$  - пропорционалды құрамдас бөліктің күшейту коэффициенті;

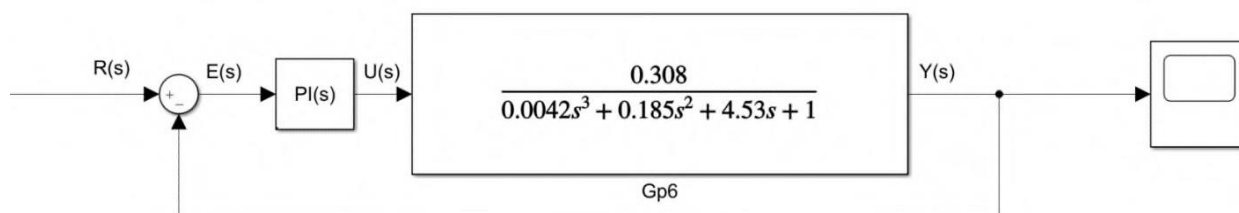
$k_I$  - интегралды құрамдас бөліктің күшейту коэффициенті;

$k_D$  - дифференциалды компоненттің күшейту коэффициенті;

Жоғарыда келтірілген жүйе дәлдікті жақсартып, тербелісті азайтуы керек, ол үшін біз PI реттегішін синтездейміз.

#### Клондық таңдау алгоритмі әдісі.

Пропорционалдылық пен дифференциалдылықтың шекті коэффициенттерін есептеу керек, өйткені клондық алгоритм үшін қажетті рұқсат етілген мәндер аймағын іздеу оларға байланысты.



2.12 - сурет – Реттегіші бар жүйенің құрылымдық схемасы



2.12 - суретте PI контроллері бар жүйенің беріліс функциясының құрылымдық схемасы көрсетілген.

$$T(s) = \frac{G_p(s)C(s)}{1 + G_p(s)C(s)} = \frac{0.308}{0.0042s^3 + 0.185s^2 + 0.53s + 1} * \left(k_p + k_I \frac{1}{s}\right)$$

$$= \frac{0.308k_p s + 0.308k_I}{0.0042s^4 + 0.185s^3 + 0.53s^2 + (1 + 0.308k_p)s + 0.308k_I}. \quad (2.17)$$

ПИ контроллері бар жүйенің беріліс функциясының сипаттамалық теңдеуін жазайық:

$$0.0042s^4 + 0.185s^3 + 0.53s^2 + (1 + 0.308k_p)s + 0.308k_I$$

Сипаттамалық теңдеудің параметрлерін жазайық:

$$a_0 = 0.0042 > 0,$$

$$a_1 = 0.185 > 0,$$

$$a_2 = 0.53 > 0,$$

$$a_3 = 1 + 0.308k_p > 0,$$

$$k_p = -3.24;$$

$$a_4 = 0.308k_I > 0,$$

$$k_I = 0.$$

Алынған параметрлер бойынша Гурвиц матрицасын құрайық:

$$H_k = \begin{bmatrix} 0.185 & 1 + 0.308k_p & 0 & 0 \\ 0.0042 & 4.5 & 0.308k_I & 0 \\ 0 & 0.185 & 1 + 0.308k_p & 0 \\ 0 & 0.0042 & 4.5 & 0.308k_I \end{bmatrix}$$

Негізгі анықтауыштарын есептейік:

$$\Delta_1 = 0.185,$$

$$\Delta_2 = 0.8283 - 0.0013k_p > 0,$$

$$\Delta_3 = 0.8283 + 0.2538k_p - 0.0105k_I - 0.0004k_p > 0,$$

$$\Delta_4 > 0.$$

Сипаттамалық теңдеудің барлық элементтері оң, демек, бұл жүйе тұрақты болады, егер пропорционалдылық коэффициенті (-3.24; +∞) және реттегіштің интегралдау коэффициенті болса, Гурвиц Заңы бойынша (0; +∞) [5].

**Тапсырма қою.** Негізінде клондық іріктеу алгоритмі квадраттық интегралды бағалау кезінде басқару объектісінің математикалық моделін анықтау үшін PI реттегішін синтездеу қажет.

Квадраттық интегралды бағалауды есептейік.

$$I = \int_0^\infty e^2(t)dt \rightarrow \min. \quad (2.18)$$

$$J = \int_0^\infty e^2(t)dt = \frac{1}{2a_n^2\Delta} (B_m\Delta_m + B_{m-1}\Delta_{m-1} + \dots + B_1\Delta_1 + B_0\Delta_0) - \frac{b_m b_{m-1}}{a_n^2} \quad (2.19)$$

N=4, m=1 жүйесі үшін:

$$J = \frac{1}{2a_4^2\Delta} (B_1\Delta_1 + B_0\Delta_0) - \frac{b_1 b_0}{a_4^2}$$

Біз осы түрлендіргіштің қажетті параметрлерін есептейміз:

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_4 & -a_2 & a_0 & 0 & 0.308k_I & -4.5 & 0.0042 & 0 \\ 0 & a_3 & -a_1 & 0 & 0 & 1 + 0.308k_P & -0.185 & 0 \\ 0 & -a_4 & a_2 & -a_0 & 0 & -0.308k_I & 4.5 & -0.0042 \\ 0 & 0 & -a_3 & a_1 & 0 & 0 & -1 - 0.308k_P & 0.185 \end{vmatrix}$$

$$= 0.308k_I * \begin{vmatrix} 1 + 0.308k_P & -0.185 & 0 \\ -0.308k_I & 4.5 & -0.0042 \\ 0 & -1 - 0.308k_P & 0.185 \end{vmatrix} - (-4.5)$$

$$* \begin{vmatrix} 0 & -0.185 & 0 \\ 0 & 4.5 & -0.0042 \\ 0 & -1 - 0.308k_P & 0.185 \end{vmatrix} + 0.0042$$

$$* \begin{vmatrix} 0 & 1 + 0.308k_P & 0 \\ 0 & -0.308k_I & -0.0042 \\ 0 & 0 & 0.185 \end{vmatrix} - 0$$

$$= 0.308k_I * (0.8283 + 0.2538k_P - 0.0004k_P^2 - 0.0105k_I) + 4.5 * 0 + 0.0042 * 0 - 0$$

$$= -0.0032k_I^2 - 0.0001k_I k_P^2 + 0.0781k_I k_P + 0.2551k_I.$$

$$B_0 = b_0^2 = 0.308k_P^2 = 0.095k_P^2$$

$$\Delta_0 = \begin{vmatrix} a_3 & -a_2 & a_0 & 0 \\ a_4 & a_3 & -a_1 & 0 \\ 0 & -a_4 & a_2 & -a_0 \\ 0 & 0 & -a_3 & a_1 \end{vmatrix} =$$

$$\begin{vmatrix} 1 + 0.308k_P & -4.5 & 0.0042 & 0 \\ 0.308k_I & 1 + 0.308k_P & -0.185 & 0 \\ 0 & -0.308k_I & 4.5 & -0.0042 \\ 0 & 0 & -1 - 0.308k_P & 0.185 \end{vmatrix} = (1 + 0.308k_P) *$$

$$\begin{vmatrix} 1 + 0.308k_P & -0.185 & 0 \\ -0.308k_I & 4.5 & -0.0042 \\ 0 & -1 - 0.308k_P & 0.185 \end{vmatrix} = (1 + 0.308k_P) * (0.8283 +$$

$$0.2538k_p - 0.0004k_p^2 - 0.0105k_I) = -0.0001k_p^3 + 0.0777k_p^2 + 0.5089k_p - 0.0032k_p k_I - 0.0105k_I + 0.8283.$$

$$B_1 = b_1^2 = 0.308k_I^2 = 0.095k_I^2$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} a_4 & a_3 & a_0 & 0 \\ 0 & a_4 & -a_1 & 0 \\ 0 & 0 & a_2 & -a_0 \\ 0 & 0 & -a_3 & a_1 \end{vmatrix} =$$

$$\begin{vmatrix} 0.308k_I & 1 + 0.308k_p & 0.0042 & 0 \\ 0 & 0.308k_I & -0.185 & 0 \\ 0 & 0 & 4.5 & -0.0042 \\ 0 & 0 & -1 - 0.308k_p & 0.185 \end{vmatrix} = 0.308k_I *$$

$$\begin{vmatrix} 0.308k_I & -0.185 & 0 \\ 0 & 4.5 & -0.0042 \\ 0 & -1 - 0.308k_p & 0.185 \end{vmatrix} - (1 + 0.308k_p) *$$

$$\begin{vmatrix} 0 & -0.185 & 0 \\ 0 & 4.5 & -0.0042 \\ 0 & -1 - 0.308k_p & 0.185 \end{vmatrix} + 0.0042 * \begin{vmatrix} 0 & 0.308k_I & 0 \\ 0 & 0 & -0.0042 \\ 0 & 0 & 0.185 \end{vmatrix} - 0 =$$

$$0.308k_I * (0.2551k_I - 0.0004k_I k_p) - 0 + 0 - 0 = 0.0785k_I^2 - 0.0001k_p k_I^2.$$

Шешім деректерін алғаннан кейін барлық алынған деректерді интегралды квадраттық қате өрнегіне ауыстырыңыз:

$$J = \frac{1}{2a_4^2 \Delta} (B_1 \Delta_1 + B_0 \Delta_0) - \frac{b_1 b_0}{a_4^2}$$

$$J = \frac{1}{2(0.308k_I)^2(-0.0032k_I^2 - 0.0001k_I k_p^2 + 0.0781k_I k_p + 0.2551k_I)} *$$

$$* (0.095k_I^2 * (0.0785k_I^2 - 0.0001k_p k_I^2) +$$

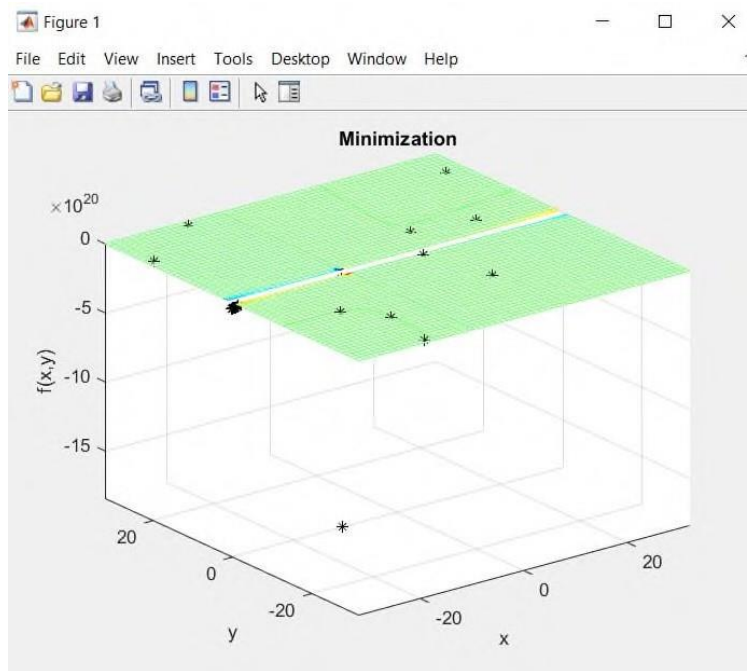
$$+ 0.095k_p^2 * (-0.0001k_p^3 + 0.0777k_p^2 + 0.5089k_p -$$

$$- 0.0032k_p k_I - 0.0105k_I + 0.8283)) - \frac{0.308k_I * 0.308k_p}{0.308k_I^2}.$$

Алынған өрнекті m.file MATLAB-қа енгізіп, коэффициенттерді есептеу үшін клондық алгоритм коды үшін функция жасаймыз.

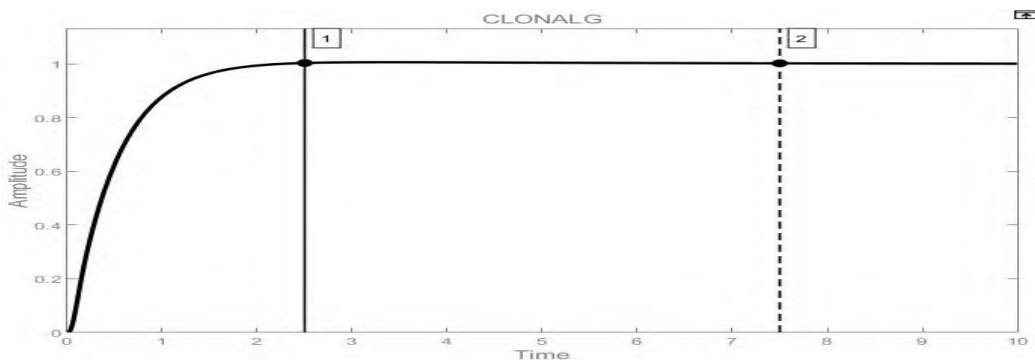
Алгоритмнің бастапқы параметрлері әдепкі бойынша берілген, Бұл N(популяция мөлшері)=100, Ag(антиденелер), олар популяцияда біркелкі таралу заңы бойынша түзіледі, gen (интеграция саны)=50,  $\beta$  (клондау

параметрі)=0.5,  $p_m$ (мутация параметрі)=0.5,  $d$  (жасуша санының мөлшері)=0.3. Экстремумды табу міндеті қарапайым және осы параметрлердің нәтижелерін қанағаттандырады. Орындалған жұмыстың нәтижесінде біз коэффициенттердің мәндерін аламыз  $k_P = 26.1465$  және  $k_I = 3.4587$ .



2.13 - сурет – Минимумды табу процесі

Басқару заңы келесідей болады:  $u(t) = 26.1465e(t) + 3.4587 \int e(t)dt$



2.14 - сурет – Clonalg PI реттегіші бар жүйе

2.14-суретте Clonalg PI реттегіші бар жүйенің өтпелі сипаттамасы көрсетілген, біз дәлдікті бірнеше рет көріп отырғанымыздай, жақсарып, қайта реттеу азайды, бірақ тұрақты мәнге келу уақыты он секундқа нашарлады.

Циглер-Никольтің екінші әдісі.

Циглер-Никольстің екінші әдісі негізінде реттегіші бар жүйені құру үшін сізге:

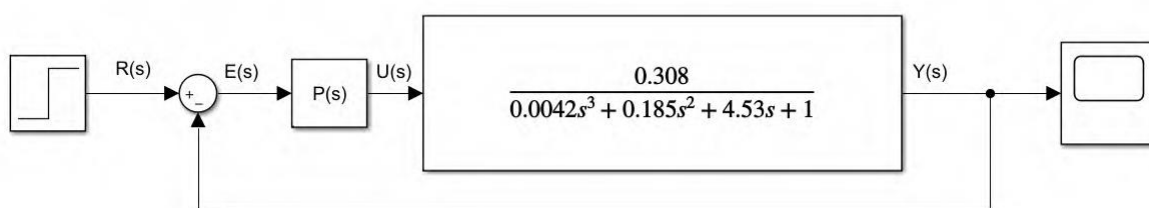
1. Белгісіз  $K_{cr}$  параметрі бар Р-реттегіші бар құрылымдық схеманы құрыңыз.

2. Кез келген тұрақтылық критерийі арқылы тұрақтылық шекарасына кіретін жабық жүйенің  $K_{cr}$  есептеңіз.

3.  $K_{cr}$  графигінің арқасында  $K_{cr}$  дұрыс есептелгенін көрсетіңіз тербелістер тұрақты амплитудасы мен жиілігімен.

4. Тербеліс процесі арқылы  $P_{cr}$  анықтаңыз және типтік реттегіштің параметрлерін есептеңіз.

2.15-суретте  $k_{cr}$  параметрі белгісіз Р-реттегіші бар жүйенің құрылымдық схемасы көрсетілген.



2.15 - сурет – Р-реттегіші бар жүйенің құрылымдық схемасы

$K_{cr}$  параметрі белгісіз Р-реттегіші бар жүйенің беріліс функциясын есептейміз:

$$K(s) = \frac{K_{cr}}{0.0042s^3 + 0.185s^2 + 0.53s + 1.308 + K_{cr}} \quad (2.20)$$

$K_{cr}$  параметрі белгісіз Р-реттегіші бар жүйенің сипаттамалық теңдеуін жазайық:

$$0.0042s^3 + 0.185s^2 + 4.5s + 1.308 + K_{cr} = 0,$$

Сипаттамалық теңдеудің параметрлерін жазайық:

$$\begin{aligned} a_0 &= 0.0042, \\ a_1 &= 0.185, \\ a_2 &= 0.53, \\ a_3 &= 1.308 + K_{cr}. \end{aligned}$$

Алынған параметрлер бойынша Гурвиц матрицасын құрайық:

$$H_{K_{cr}} = \begin{bmatrix} 0.185 & 1.308 + K_{cr} & 0 \\ 0.0042 & 0.53 & 0 \\ 0 & 0.185 & 1.308 + K_{cr} \end{bmatrix}$$

Негізгі анықтауыштарын есептейік:

$$\Delta_1 = 0.185,$$

$$\Delta_2 = 0.098 - 0.0055Kcr,$$

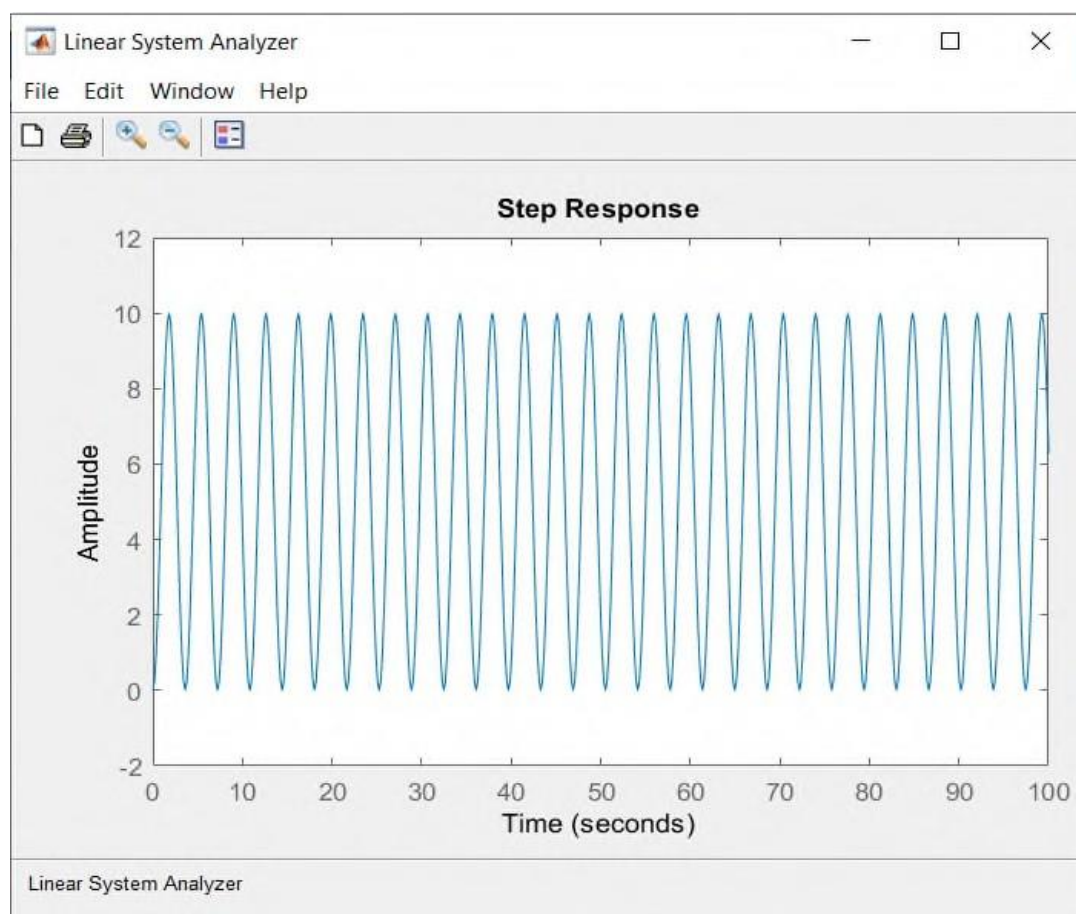
$$\Delta_3 = 0.121 + 0.08706Kcr - 0.0042Kcr^2.$$

Алынған мәндерден  $Kcr$  нешеге тең екенін есептейік:

$$Kcr \approx 22.03596$$

Біз оның дұрыс есептелгенін көрсету үшін  $Kcr$  коэффициентімен өтпелі процесті құрамыз, содан кейін график бойынша  $Pcr$  коэффициентін табамыз.

$$K(s) = \frac{22.03596}{0.0042s^3 + 0.185s^2 + 0.53s + 1.308 + 23.34396}$$



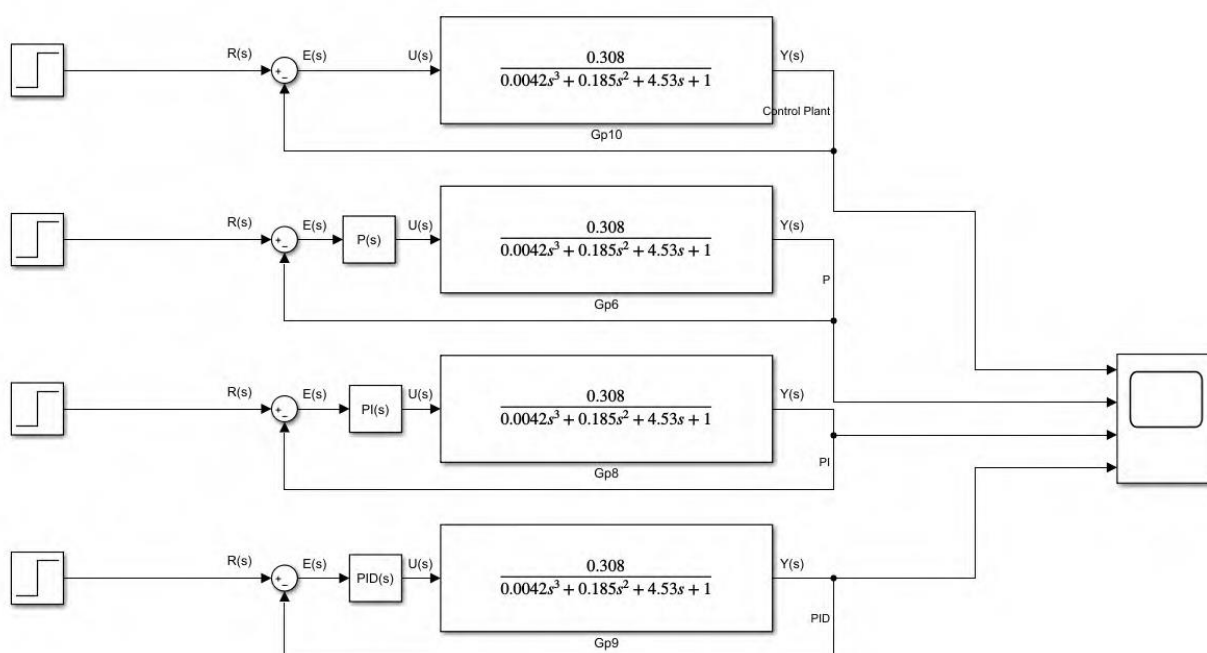
2.16 - сурет –  $Kcr$  ескере отырып жүйенің өтпелі процесі

Өтпелі кезең бойынша  $Pcr \approx 2.5$  шықты.

## 2.4 кесте – Реттегіш параметрлері

	P	1/I	D
P	$0.5 * 22.03596 = 11.01798$	-	-
PI	$0.45 * 22.03596 = 9.916182$	$2.5 / 1.2 = 2.083$	-
PID	$0.6 * 22.03596 = 13.221576$	$2.5 / 2 = 1.25$	0.3125

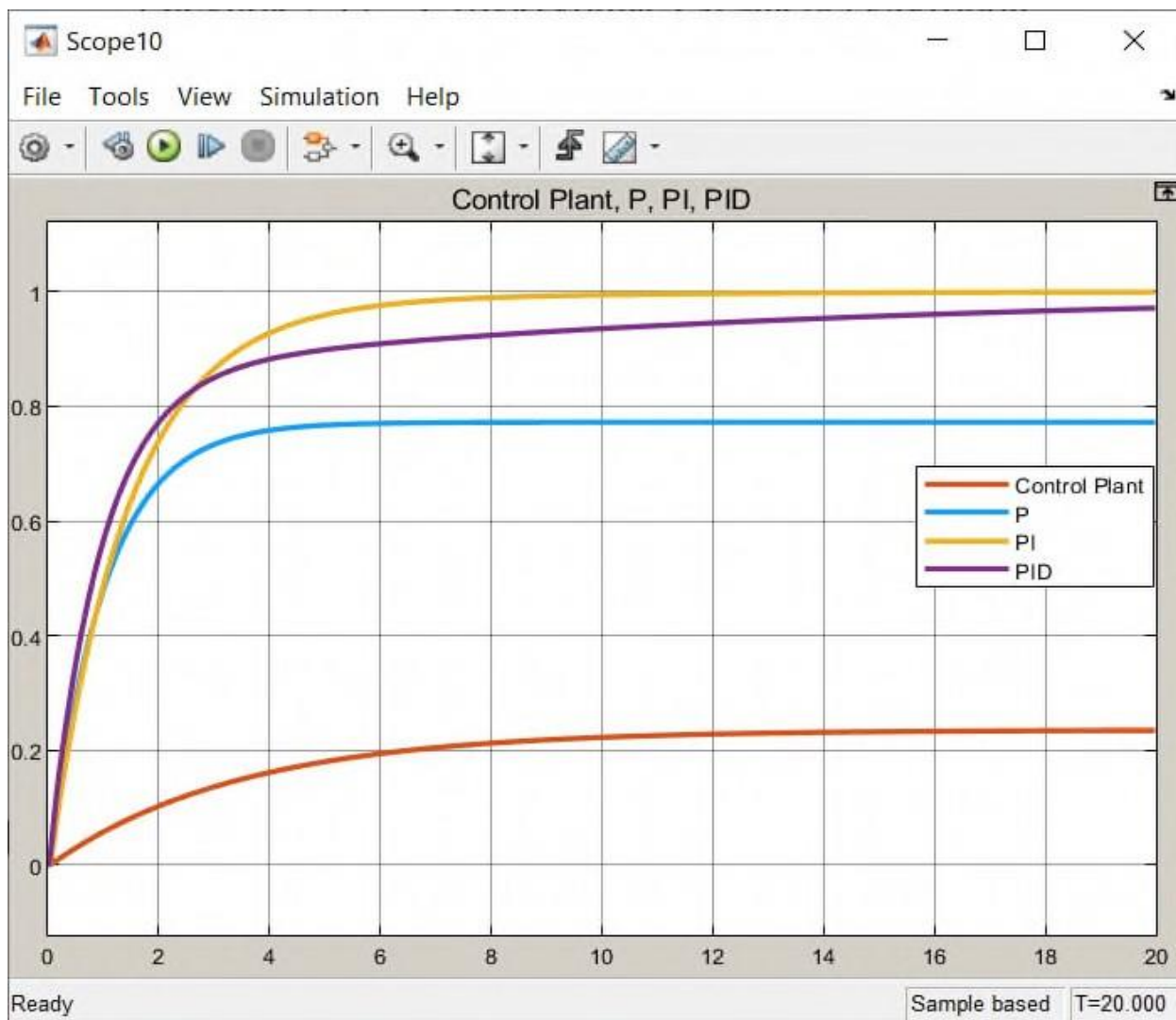
Алынған реттегіштерді модельдейміз және оларды бір-бірімен салыстыру үшін олардың өтпелі диаграммаларын шығарамыз. 2.17 және 2.18 суреттерде Циглер – Никольс әдісімен есептелген реттегіштердің құрылымдық схемалары мен графиктері көрсетілген.



2.17 - сурет – Реттегіштердің құрылымдық схемалары

Бұл әдісті қолданудың түпкі мақсаты Пи– реттегішті құру болып табылады, өйткені ол бізге объективті бағалау үшін Smart–реттегішпен салыстыру үшін қажет. 2.17-суреттен Циглер-Никольс әдісін қолданған кезде біз бірнеше (әдетте үш) реттегіштердің құрылымдық схемаларын құрамыз, мысалы, біздің Жағдайымыздағыдай N-реттегіш, PI-реттегіш және PID-реттегіш, оларды бір-бірімен салыстыру үшін біз барлық алынған өтпелі графиктерді біреуіне шығарамыз. негізгі өтпелі процесті қоса алғанда, сондай-ақ, біз суреттегі барлық төрт құрылымдық схемалар үшін бірдей кіріс сигналын орнатамыз және әр реттегіштің пешті басқарудың жабық жүйесіне қалай әсер ететінін қарастырамыз. 2.18-суреттегі Зиглер-Никольс әдісімен есептелген реттегіштердің өтпелі процестерінің кестесіне сәйкес, үш реттегіштің ішіндегі ең

оңтайлысы PI-реттегіш болып табылады, оны салыстыру үшін бізге қажет, өйткені реттеу уақыты мен дәлдігі P-реттегіш пен PID-реттегішке қатысты біздің басқару жүйемізге ең жоғары бейімделген пеш.



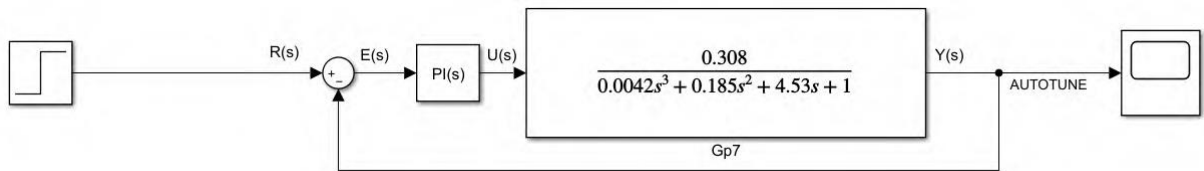
2.18 - сурет - Реттегіштердің өтпелі процесстерінің графиктері

Реттегіштердің кестелері бойынша ең оңтайлы PI реттегіші деп айтуға болады [5].

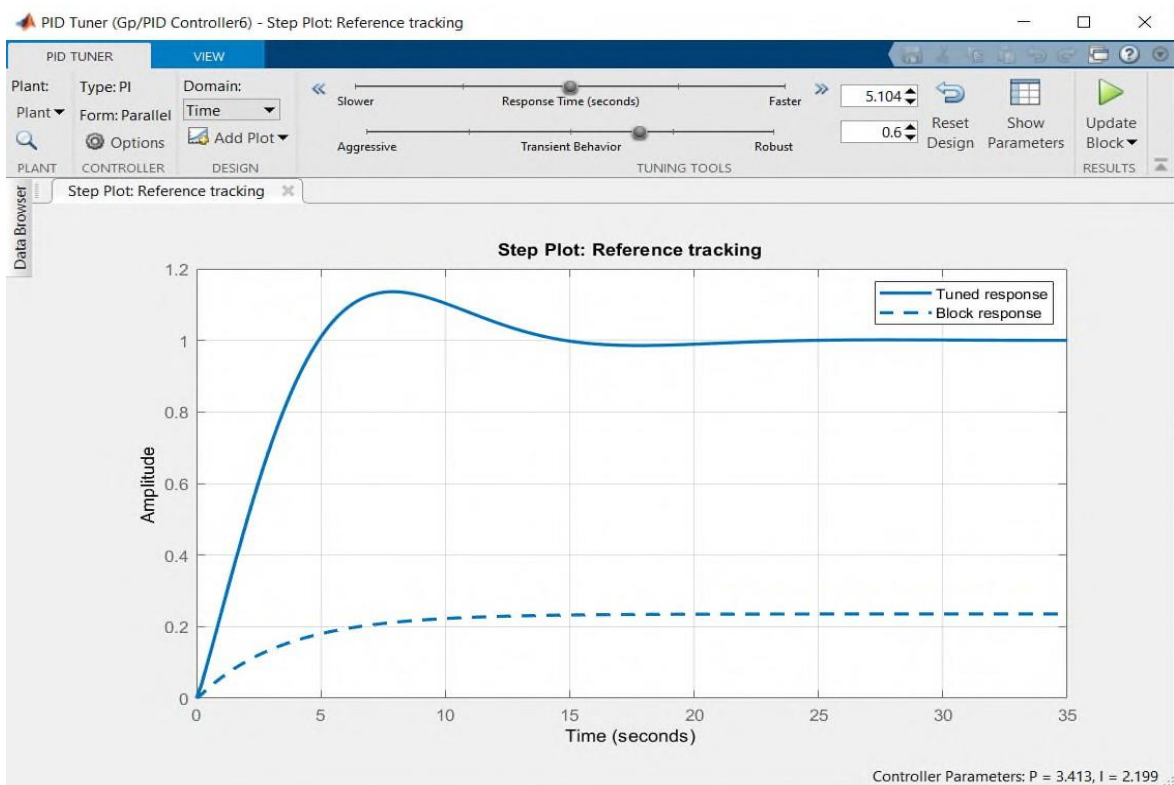
#### **Autotune көмегімен реттегішті таңдау.**

Simulink-бұл электр тізбектерін, соның ішінде құрылымдық тізбектерді автоматтандыруды құрастыруға және виртуалды тестілеуге арналған MatLab пакеті. Simulink PID реттегіштерін автоматты түрде конфигурациялау мүмкіндігін ұсынады, ол өзі есептейді және графикте оның шешімі бойынша ең оңтайлы өтпелі процессті көрсетеді. Бұл әдіс, алдыңғы әдіс сияқты, Autotune шешімі бойынша реттегіштің параметрін біздің Smart реттегішімізбен салыстыру үшін қажет, оны біз де жасадық. 2.19-суретте MatLab жүйесіндегі жүйенің құрылымдық диаграммасы көрсетілген және PI реттегіші қосылған, енді біз бұл жүйені Autotune функциясы арқылы конфигурациялаймыз.





2.19 - сурет – PI реттегіші бар жүйенің құрылымдық схемасы



2.20 - сурет – Жүйенің өтпелі процесі

$P + I \frac{1}{s}$

Main Initialization Output Saturation Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: internal

Proportional (P): 3.41311670474956

Integral (I): 2.19947955898569

Automated tuning

Select tuning method: Transfer Function Based (PID Tuner App) Tune...

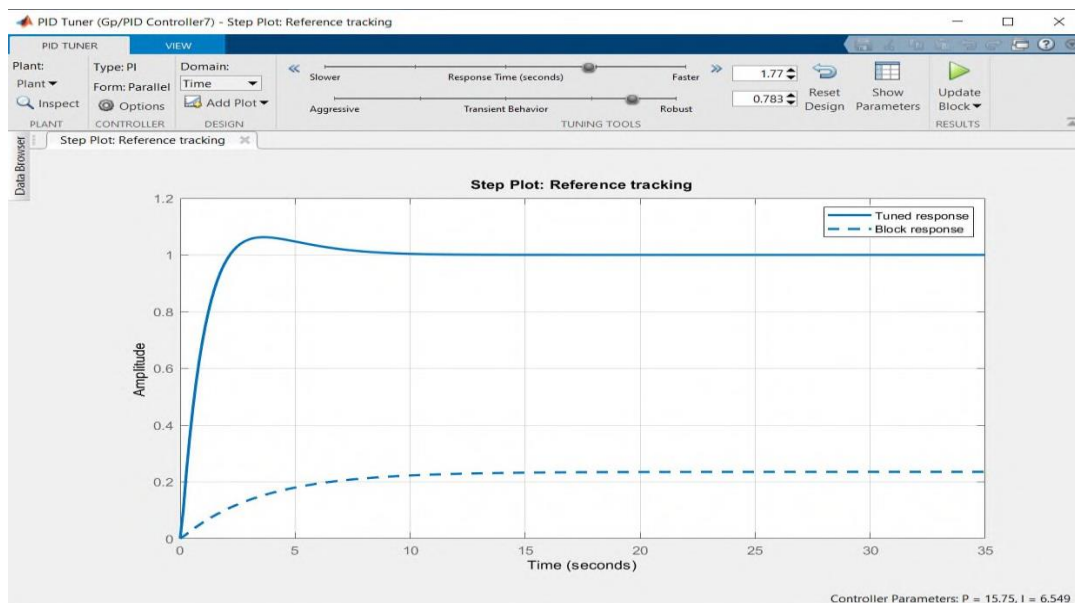
Enable zero-crossing detection

2.21 - сурет – Autotune MatLab реттегішінің параметрлері

2.20 және 2.21-суретте MATLAB autotune функциясын қолдана отырып ұсынатын жүйенің өтпелі нұсқасы мен басқару параметрлері көрсетілген.

Autotune реттегішті өте дәл баптады, бірақ шамалы қайта реттеу пайда болды және реттеу уақыты шамамен 15с өсті.

Өтпелі кезең MATLAB ұсынған autotune функциясы ең оңтайлы емес, 2.22 және 2.23 суреттерде жүйенің өтпелі нұсқасы және қолмен конфигурацияланған басқару параметрлері көрсетілген.



2.22 – сурет - Қолмен орнатудағы жүйенің өтпелі процесі

▼ Compensator formula

$$P + I \frac{1}{s}$$

Main Initialization Output Saturation Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: internal

Proportional (P): 15.7538368117912

Integral (I): 6.54862310966168

Automated tuning

Select tuning method: Transfer Function Based (PID Tuner App) Tune...

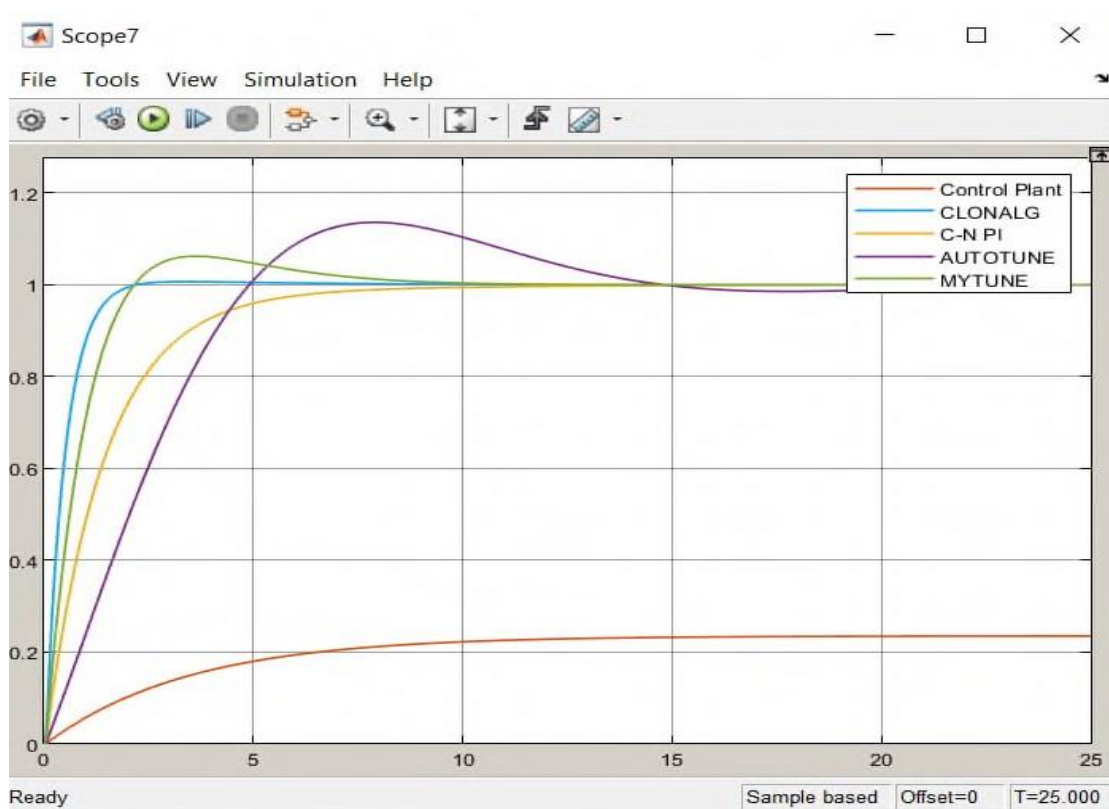
Enable zero-crossing detection

2.23 - сурет – Қолмен орнату үшін реттегіш параметрлері

Қолмен орнату Autotune параметріне қарағанда әлдеқайда оңтайлы болды, дәлдік жақсарды, реттеу уақыты 8 секунд, екі есе жылдам, қайта реттеу азайды.

Осы жұмыстағы барлық есептелген реттегіштерді салыстырайық, бұл клондық таңдау алгоритміне негізделген PI реттегіші, Зиглер-Никольс әдісімен есептелген PI реттегіші, autotune PI реттегіші және қолмен конфигурацияланған.

2.24-суретте барлық реттегіштердің өтпелі графиктері көрсетілген және егер сіз есептелген және алынған PI-дің барлық өтпелі процестерін қамтитын алынған графикті талдап, салыстырсаңыз, оларды салыстырады- реттегіштер, содан кейін клондық таңдау алгоритмі негізінде алынған PI реттегіші тамаша реттеуші болып табылады және жүйелерді 100% тиімділікке әкеледі деген қорытындыға келеміз, жақсырақ реттеуші теорияда бола алмайды, өйткені жүйелер мүлдем дәл, 3 секундтан аз уақыт ішінде тұрақты мәнге келеді, шамамен 0% артық реттеу, бірақ, өкінішке орай, мұндай реттегішті физикалық түрде құру мүмкін емес, қазіргі заманғы технологиялар мұндай даму деңгейіне әлі жеткен жоқ. Алынған график бойынша ең оңтайлы және шынайы реттеуші қолмен реттелетін реттегіш болып табылады, оның параметрлері де идеалды реттеушіге өте жақын, 3% - дан аз шамадан тыс реттеу, бұл өте қолайлы, тұрақты мәнге келу уақыты шамамен 7 секундқа тең, жүйелер де дәл. Үшінші орында Зиглер-Никольс әдісімен есептелген PI реттегіші, ол мүлдем реттелмейді, жүйенің дәлдігі сәтсіздікке ұшырамайды, шамамен 9 секунд ішінде тұрақты мәнге келеді, бұл оны қолмен реттелген PI реттегішінен кейін орнатады. Біздің зерттеуіміз бен салыстыруымызды аяқтайды MATLAB өзі реттеген PI реттегіші autotune функциясының арқасында ол 7% қайта реттеуге ие, ол да шамалы, тұрақты мәнге шамамен 15 секундқа жету уақыты, сонымен қатар жүйе дәл [8].



2.24 – сурет - Барлық реттегіштердің өтпелі процесстерінің графиктері

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада алты электродты кен-термиялық пештің жұмыс істеуі егжей-тегжейлі сипатталды, құрылымдық және функционалдық схема жасалды, төртінші ретті апериодтық буын болып табылатын доғалы пештің математикалық моделі алынды. Пештің технологиялық өндірісін басқарудың автоматтандырылған жүйесінің динамикалық қасиеттерін талдай отырып, Ляпуновтың бірінші әдісі бойынша, Найквист критерийі бойынша және Гурвицтің тұрақтылық критерийі бойынша тұрақтылық есептелді және анықталды. Гурвиц критерийі бойынша пешті басқарудың ашық жүйесі тұрақтылық шекарасында орналасқан, өйткені бір (соңғы) детерминант нөлге тең. Найквист критерийі бойынша пешті басқарудың жабық жүйесі де тұрақтылық шекарасында, өйткені пешті басқарудың ашық жүйесінің АФЖС арнайы нүктеден өтеді ( $-1,0j$ ), ал Ляпунов теоремасы бойынша пешті басқарудың ашық жүйесі тұрақтылық шекарасында орналасқан. Пешті басқарудың жабық жүйесін зерттеу жабық жүйенің тұрақты екенін көрсетті, өйткені тұрақтылық үшін Ляпуновтың бірінші әдісіне сәйкес барлық полюстердің теріс нақты бөліктері болуы керек, бұл біздің жүйеге сәйкес келеді. Ашық және жабық пешті басқару жүйесін зерттеп, жүйелердің тұрақтылығы туралы нақты нәтижелерге қол жеткізе отырып, біз пештің технологиялық процесін басқарудың автоматтандырылған жүйесінің өтпелі сапасының тікелей және жанама бағалауын есептедік. Алынған мәліметтердің нәтижесінде біз бірнеше салыстырдык тікелей және жанама бағалау критерийлері:

- реттеу уақыты;
- қайта реттеу;
- тербелістер саны;
- тербеліс жиілігі;
- тербеліс;
- бірінші максимум уақыты.

Шешілуі керек бірқатар мәселелер пайда болды және оны тек реттеуші шешеді. Пештің технологиялық процесін басқару жүйесі дәл емес және қайта реттелмеген, әрине, біз PI реттегішінсіз жасай алмаймыз, оны біз басқару жүйесіне қостық.

MatLab–тың көптеген функцияларының арқасында олар PI реттегішін әртүрлі тәсілдермен модельдей және жасай алды және клондық таңдау алгоритмі арқылы жасалған PI реттегіші нақты тәжірибеде өмір сүре алмайтын идеалды дерлік екенін анықтады, ең оңтайлы және сонымен бірге нақты реттеуші PI реттегіші болып табылады.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Богданов С. П. электротермиялық процестер мен реакторлар: оқу құралы / С. П. Богданов, к. б. Козлов, В.А. Лавров, Э. я. Соловейчик.- Санкт-Петербург.: Ғылым Даңғылы, 2009. – 424 б.
- 2 Свенчанский А. Д. Электрлік өнеркәсіптік пештер. 2-бөлім. Доға пештері-М.: Энергия, 1970. – 264 б.
- 3 Электрлік кедергі пештері және доғалы пештер: техникалық мектептерге арналған оқулық / ред.М. Б. Гутман. – М.: МИАМ, 2009. – 119 б.
- 4 Доғалы электр пештерінің қысқа желілері мен электр параметрлері / Я. б. Данцис, л. с. Катцевич, г.м. Жилов және т. б. – М.: Металлургия, 2010. - 312 б. 5 Смелянский М. Я., Бортничук Н. И. электр пештерінің қысқа желілері. – М.: Мемэнергоиздат, 1962. - 91 б.
- 5 Микулинский а. с. кенді электротермия процестері. - М.: Металлургия, 1966. - 280 б.
- 6 Рысс м.а. м. ферроқорытпа өндірісі. - М.: Металлургия, 1985, - 344 б.
- 7 Химиялық технологияның электротермиялық процестері: жоғары оқу орындарына арналған оқу құралы/ред. В. А. Ершова. - Л.: Химия, 1984. – 464 б.
- 8 Бесекерский В. А., Изранцев В.В. автоматты басқару Жүйелерімикроэм.-М.: Ғылым. Ч.ред. физика-мат. Жарық. 1987.-320
- 9 Воронов а. а. автоматты басқару теориясы. 1 бөлім. - Мәскеу: Жоғары Мектеп,1986. – 367 с
- 10 Гаскаров Г. А. Интеллектуалды ақпараттық жүйелер.Жоғары оқу орындарына арналған оқулық. – М.: Жоғары. ДК., 2015.

А қосымшасы  
MATLAB-та клондық таңдау алгоритмін жүзеге асыруға арналған  
бағдарлама листингі

```
rng('default')

N = 100; % Population size

Ab = cadeia(N,44); % Antibody
populationngen = 50; % Number of
generations

pm = 0.5; % Mutation probability

d = 0.3; % Population to suffer random
reshufflebeta = 0.5; % Proportion of
clones

% Function to
optimizationf =@aza

varMin = -28; % Lower
boundvarMax = 200; %
Upper boundvarMiny =
0;

varMaxy = 50;

fbest = 0; % Global f best (minimum)

x = meshgrid(linspace(varMin, varMax, 61));
y = meshgrid(linspace(varMiny, varMaxy,
61))';vxp = x;

vyp = y;
vzp = f([x(:),y(:)])

vzp = reshape(vzp,size(x));

x = decode(Ab(:,1:22),varMin,varMax);
y =
decode(Ab(:,23:end),varMiny,varMaxy
);fit = f([x(:),y(:)]);

figure
imprime(1,vxp,vyp,vzp,x,
y,fit)
```

## А қосымшасының жалғасы

```
% Hypermutation controlling
parameterspma = pm;

itpm
=
gen;
pmr =
0.8;

% General
defintionsvfx
=
zeros(gen,1);
PRINT = 1;

%
Generatio
ns for it
= 1:gen

% Decode (Step 2)
x = decode(Ab(:,1:22),varMin,varMax);
y =
decode(Ab(:,23:end),varMiny,varMaxy
);fit = f([x(:),y(:)]);
[a,ind] = sort(fit);

% Select
(Step 3)
valx =
x(ind);
valy =
y(ind);

imprime(PRINT,vxp,vyp,vzp,x,y,fit);

% Clone (Step 4)
[T,pcs] = reprod(N,beta,ind,Ab);
```

## A қосымшасының жалғасы

```
% Decode (Step 6)

x = decode(T(:,1:22),varMin,varMax);

y =
decode(T(:,23:end),varMiny,varMax
y);fit = f([x(:),y(:)]);

pcs = [0
pcs];for
i = 1:N

% Re-Selection (Step 7)

[~,bcs(i)] =
min(fit(pcs(i)+1:pcs(i+1)));bcs(i)
= bcs(i) + pcs(i);

end

% Insert

Ab(fliplr(ind),:) = T(bcs,:);

% Editing (Repertoire
shift)nedit =
round(d*N);

% Replace (Step 8)

Ab(ind(end-(nedit-1):end),:) =
cadeia(nedit,44);pm =
pmcont(pm,pma,pmr,it,itpm);

vfx(it) = a(1);

% fprintf('%2d f(%6.2f,%6.2f):
%7.2f\n',it, valx(1),valy(1),vfx(i
t)) end
```



## A қосымшасының жалғасы

```
% Minimization
problemx =
valx(1);

y =
valy(1);
fx =
vfx(end)
;

title('Minimization')
xlabel('Iterations')
ylabel('Best f(x,y)')grid on

txt2 = ['F Best: ', num2str(fbest)];
text(0,1,txt2,'Units','normalized',...
     'HorizontalAlignment','left','VerticalAlignment','bottom'
); txt3 = ['F Found: ', num2str(fx)];
text(1,1,txt3,'Units','normalized',...
     'HorizontalAlignment','right','VerticalAlignment','bottom');
function [T,pcs] = reprod(N,beta,ind,Ab)

% N -> number of clones
% beta -> multiplying factor
% ind -> best individuals
% Ab -> antibody population

% T -> temporary population

% pcs -> final position of each

cloneT = [];
for i = 1:N
```

## А қосымшасының жалғасы

```

cs(i) =
round(beta*N);
pcs(i) = sum(cs);

T = [T; ones(cs(i),1) * Ab(ind(end-
i+1),:)] ;end

end

function z=aza(xx)
z=(0.095.*(xx(:,2).^2).*0.0785.*(xx(:,2).
^2)-
0.0001.*xx(:,1).*xx(:,2))./(2*0.308^2.*(xx(:,2).^2)).*(-
0.0032.*(xx(:,2).^2)-
0.0001.*(xx(:,1).^2).*xx(:,2)+0.0721.*xx(:,1).*xx(:,2)+0.2
551
.*xx(:,2)))+(0.095.*(xx(:,1).^2)*(-
0.0001.*(xx(:,1).^3)+0.0777.*(xx(:,1).^2)+0.5089.*xx(:,1)-
0.0032.*xx(:,1).*xx(:,2)-0.0105.*xx(:,2)+0.8283)-
((0.308.*xx(:,2)*0.308.*xx(:,1))/(0.308.*(xx(:,2).^2)))
end

function Ab = cadeia(n1,s1)

% Antibody (Ab) chains

Ab = 2 .*
rand(n1,s1) - 1;Ab =
hardlim(Ab);

End

function z = decode(Ab,varMin,varMax)

% x -> real value (precision: 6)
% v -> binary string
(length: 22)Ab =
fliplr(Ab);

```

## А қосымшасының жалғасы

```
s =
size(Ab
);aux =
0:1:21;

aux =
ones(s(1),1)*aux;
x1 =
sum((Ab.*2.^aux),2)
;

% Keeping values between bounds
z = varMin + x1' .* (varMax - varMin)/(2^22
- 1);end
```

```
function [T,pcs] = reprod(N,beta,ind,Ab)
% N -> number of clones
% beta -> multiplying factor
% ind -> best individuals
% Ab -> antibody population

% T -> temporary population
% pcs -> final position of each clone

T = [];
for i = 1:N
cs(i) =
round(beta*N);
pcs(i) = sum(cs);

T = [T; ones(cs(i),1) * Ab(ind(end-
i+1),:)] ;end

end
```

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру мамандығы

Қуандық Сағындық Тұрлыбекұлы

бакалаврлық диплом жобасына

### ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

**Тақырыбы: «Кен-термиялық пештің энергетикалық режимін басқару жүйесін және математикалық моделін жасау»**

Дипломдық жобада пеш басқару объектісі ретінде қарастырылды және кен-термиялық пеш фазасының математикалық моделі әзірленді. Сонымен қатар гармоникалық компоненттерді модельдеу нәтижелері және тиімді ток мәндері ұсынылды.

Жобаның мақсаты: электрлік және технологиялық балқыту режимдерінің тиімділігін арттыруды, сонымен қатар балқудың төмендеуін қамтамасыз ететін фазалық ток қисығының гармоникалық құрамын талдау негізінде кен-термиялық пешті басқарудың жетілдірілген жүйесін жасау.

Дипломдық жобаның бірінші бөлімінде кен-термиялық пештің технологиялық процесі және жұмыс істеу принципі қарастырылды.

Дипломдық жобаның екінші бөлімінде кен-термиялық пештің конструкциясы қарастырылып, жеке бөлшектері толығымен бөлшектеліп, олардың жұмыс істеу принципі, конструкциясы және жекелеген бөлшектері қандай материалдардан жасалғаны қарастырылды.

Дипломдық жобаның үшінші бөлімінде кен-термиялық пештің оңтайлы жұмыс істеуі үшін математикалық модель жасалып, реттегіш есептелді.

Дипломдық жоба Қазақстан Республикасының жоғары оқу орындарына қойылған талаптарды қанағаттандырады.

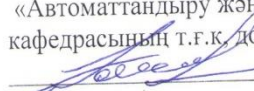
Студент Қуандық С.Т. дипломдық жобаны орындау барысында өзінің еңбекқорлығын, тиянақтылығын көрсете білді.

Қуандық Сағындық Тұрлыбекұлы автоматтандыру үрдісі бойынша толықтай өз білімін көрсетіп, алдына қойылған тапсырмаларды уақытында орындап, оларды шеше білді.

Жалпы дипломдық жобаны толық деп бағалап, оның авторы Қуандық Сағындық Тұрлыбекұлы 6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру мамандығы бойынша дипломдық жобаны қорғауға және бакалавр мамандығына лайықты деп санаймын.

#### Ғылыми жетекші:

«Автоматтандыру және басқару»  
кафедрасының т.ғ.к. доцент

 Көшімбаев Ш.К.  
(қолы)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20... г.

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

## СЫН – ПІКІР

Дипломдық жоба  
(жұмыс түрлерінің атауы)

Қуандық Сағындық Тұрлыбекұлы  
(оқушының аты жөні)

6В07103 «Автоматтандыру және роботтандыру»  
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбы: «Кен-термиялық пештің энергетикалық режимін басқару жүйесін және математикалық моделін жасау»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім \_\_\_\_\_ 12 \_\_\_\_\_ парақ  
б) түсініктеме \_\_\_\_\_ 67 \_\_\_\_\_ бет

### ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Бұл дипломдық жобада алты электродты кен-термиялық пештің жұмыс істеуі егжей-тегжейлі сипатталды, құрылымдық және функционалдық схема жасалды, төртінші ретті апериодтық буын болып табылатын доғалы пештің математикалық моделі алынды.

Арнайы бөлімде пештің технологиялық өндірісін басқарудың автоматтандырылған жүйесінің динамикалық қасиеттерін талдай отырып, Ляпуновтың бірінші әдісі бойынша, Найквист критерийі бойынша және Гурвицтің тұрақтылық критерийі бойынша тұрақтылық есептелді және анықталды.

Ашық және жабық пешті басқару жүйесін зерттеп, жүйелердің тұрақтылығы туралы нақты нәтижелерге қол жеткізе отырып, біз пештің технологиялық процесін басқарудың автоматтандырылған жүйесінің өтпелі сапасының тікелей және жанама бағалауын есептедік.

Студент Қуандық С. автоматтандыру үрдісі бойынша толықтай өз білімін көрсетіп, алдына қойылған тапсырмаларды уақытылы орындап, оларды шеше білді.

Дипломдық жобаны толық деп бағалап, оны орындаушы Қуандық Сағындық Тұрлыбекұлы 6В07103 – «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығы бойынша дипломдық жобаны қорғауға және бакалавр мамандығына лайықты деп санаймын.

### ЖҰМЫС ҮШІН ЕСКЕРТПЕЛЕР

Дипломдық жобаның кестелерінде кейбір қателіктер бар.

### ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Дипломдық жобада барлық мәселелер толықтай қарастырылғанын есепке ала отырып, «85/В+/- жақсы» және толық деп бағалап, оны орындаушы Қуандық Сағындық 6В07103 - «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығы бойынша бакалавр лауазымына лайықты деп санаймын.

### Сын-пікір беруші:

Ғ. Даукеев атындағы АЭЖБУ

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасының  
профессоры, техника ғылымдарының докторы,

(қол қойып, және дәрікесті қол қою)

Биттеев Ш.Б.

« \_\_\_\_\_ » 2023 ж.



**Протокол анализа Отчета подобия  
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения заявляет, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Қуандық Сағындық Тұрлыбекұлы

**Название:** «Кен-термиялық пештің энергетикалық режимін басқару жүйесін және математикалық моделін жасау»

**Координатор:** Сарсенбаев Н.С.

**Коэффициент подобия 1:** 0.09%

**Коэффициент подобия 2:** 0.00%

**Замена букв:** 28

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0


**Белые знаки:** 0

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем не допускаю работу к защите.


Обоснование: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 0.09% и Коэффициент подобия 2: 0.00%. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«31» мая 2023 г.  
Дата

  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**  
Дипломный проект допускается к защите.

«31» мая 2023 г.  
Дата

  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

### Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Қуандық Сағындық Тұрлыбекұлы

**Название:** «Кен-термиялық пештің энергетикалық режимін басқару жүйесін және математикалық моделін жасау»

**Координатор:** Сарсенбаев Н.С.

**Коэффициент подобия 1:** 0.09%

**Коэффициент подобия 2:** 0.00%

**Замена букв:** 28

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 0.09% и Коэффициент подобия 2: 0.00%. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«31» мая 2022 г.

Дата



Подпись Научного руководителя

