

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

6В07103 - Автоматтандыру және роботтандыру

Ботаев Дулат Қайбекұлы

Доғалы болат балқыту пешін автоматтандырылған басқару жүйесін әзірлеу

Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА**

6В07103-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.  
2023 ж.

Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА**

Тақырыбы «Доғалы болат балқыту пешін автоматтандырылған басқару жүйесін әзірлеу»

6B07103 - «Автоматтандыру және роботтандыру»

Орындаған:

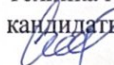
Ботаев Дулат Қайрбекұлы

Рецензент:

Ғылыми жетекші:

Техника ғылымдарының  
кандидаты, доцент

Техника және технология магистрі,  
аға оқытушы

  
Сагындыкова Ш.Н.

  
Мүсілімов Қ.Б.

«31» шашыр 2023 ж

«24» шашыр 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

**БЕКІТЕМІН**

Автоматтандыру және басқару  
кафедрасының меңгерушісі,  
физика-математика ғылымдарының  
кандидаты



Алдияров Н.У.

2023 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға арналған  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Ботаев Дулат Қайбекұлы

Жобаның тақырыбы: «Доғалы болат балқыту пешін автоматтандырылған басқару жүйесін  
әзірлеу»

Университет проректоры Б.А.Жаутиковтың «23» қараша 2022ж. № «408-П/Ө» бұйрығымен  
бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі « 7 » маусым 2023 ж.

Дипломдық жобада әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

- а) Кіріспе;
- б) Технологиялық бөлім мен арнайы бөлімі;
- в) Есептік бөлім.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып): *функционалдық  
сұлба*

*Жұмыс презентациясы слайдтарда \_\_\_ көрсетілген.*




Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: \_\_\_ *атаулардан*

Дипломдық жобаны дайындау


**КЕСТЕСІ**

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Технологиялық бөлім	20 Ақпан 2023 ж.	
Есеп бөлімі	27 Наурыз 2023 ж.	

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	Мүсілімов Қ.Б., тех. және техн. маг.,аға оқытушы	24.05.23	
Есеп бөлімі	Мүсілімов Қ.Б., тех. және техн. маг.,аға оқытушы	24.05.23	
Норма бақылаушы	Жанабаева Э.Ж., техника ғылымдарының магистрі, ассистент	29.05.23	

Ғылыми жетекшісі  Мүсілімов Қ.Б.

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Ботаев Д.Қ.

Күні « 23 » Қазытар 2023 ж

## **АҢДАТПА**

Бұл дипломдық жоба доғалы болат балқыту пешін басқарудың автоматтандырылған жүйесін жасауға арналған. Бұл дипломдық жұмыс екі бөлімнен тұрады: технологиялық бөлім және есептеу бөлімі.

Бірінші тарау заманауи доғалы болат балқыту пешінің құрылымдық аспектілерін жан-жақты талдауды, сондай-ақ болат өндірісінің әртүрлі кезеңдерін қарастыруды қамтитын технологиялық процесті зерттеуге арналған. Сонымен қатар, бұл тарауда осы тұрғыда тиімділігі дәлелденген өміршең техникалық шешімдерді мұқият бағалау бар.

Екінші тарау пештердің технологиялық процесін (ТП) автоматтандырылған басқару жүйесін (АБЖ) модельдеуге арналған. Matlab ортасын қолдана отырып, пешке арналған ашық және тұйық басқару жүйелерінің модельдері жасалды және олардың нәтижелері зерттелді.

## **АННОТАЦИЯ**

Данный дипломный проект предназначена для создания автоматизированной системы управления дуговой сталеплавильной печью. Эта дипломная работа состоит из двух частей: технологического отдела и вычислительного отдела.

Первая глава посвящена изучению технологического процесса, включающего всесторонний анализ структурных аспектов современной дуговой сталеплавильной печи, а также рассмотрение различных этапов производства стали.

Вторая глава посвящена моделированию автоматизированной системы управления (АСУ) технологического процесса (ТП) печей. Были разработаны модели открытых и закрытых систем управления печью с использованием среды Matlab и изучены их результаты.

## **ANNOTATION**

This dissertation is designed to create an automated control system for an arc steel furnace. This thesis consists of two parts: the technology department and the computing department.

The first chapter is devoted to the study of the technological process, which includes a comprehensive analysis of the structural aspects of a modern arc steelmaking furnace, as well as consideration of various stages of steel production.

The second chapter is devoted to modeling the automated control system (ACS) of the technological process (TP) of furnaces. Models of open and closed furnace control systems were developed using the Matlab environment and their results were studied.



## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Технологиялық бөлім	8
1.1 Электр балқытудың технологиялық процесі	8
1.2 Заманауи доғалы болат балқыту пешінің дизайны	10
1.2.1 Құрылымдық компоненттер	
1.2.2 Функционалды компоненттер	
1.3 Металлургияға арналған балқыту электр пештің басқару жүйесі	9
1.4 Қолданылатын датчиктер	11
2 Есептеу бөлімі	21
2.1 Құрылымдық сұлбаны әзірлеу және пештің АБЖ ТП математикалық моделін алу	25
2.2 Ашық пешті басқару жүйесін модельдеу нәтижелерін алу	25
2.3 Пештің АБЖ динамикалық қасиеттерін талдау	29
2.4 ТП АБЖ пешінің өтпелі процесінің сапасын бағалау	32
2.5 Пешті басқару жүйесінің реттегішін әр түрлі әдістермен синтездеу	36
Қорытынды	42
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	43

## КІРІСПЕ

Металлургия - ауыр өнеркәсіп, кендерден және әртүрлі заттардан металдарды алу және қорытпалар жасау үшін қолданылатын әдістерді қамтиды. Әлемдік стандарттарға сәйкес келетін жоғары сапалы металл бұйымдарына сұраныс Metallургиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерінің пайда болуына әкеледі. Технологиялық жетістіктердің бұл өсуі халықаралық стандарттарға сәйкес келетін жоғары сапалы металл бұйымдарын өндіруді қамтамасыз етуге бағытталған.

Технологиялық процестерді басқарудың автоматтандырылған жүйелерін жетілдіру және интеграциялау өндіріс тиімділігін арттыруға ықпал етеді. Metallургиядағы өнеркәсіптік автоматтандырудың заманауи траекториясы ақпараттық технологияларды кеңінен қолданумен сипатталады. Бір қызығы, шешім қабылдауды қолдаудың сараптамалық жүйелері және Metallургиялық процестерді автоматтандыру жүйелеріне жасанды интеллектті енгізу осы прогресті ынталандыратын маңызды элементтер ретінде танылады.

Бұл дипломдық жұмыстың мақсаты доғалы болат балқыту пешін автоматтандырылған басқару жүйесін әзірлеу болып табылады.

Бірінші тарауда технологиялық процестің толық сипаттамасы келтірілген: заманауи доғалы болат балқыту пешінің құрылымы және болат балқыту технологиясы, сондай-ақ доғалы болат балқыту пешінің жұмыс принципі.

Зерттеудің екінші тарауы пешті басқару жүйесінің математикалық моделін жасау кезінде құрылымдық және пайдалану сұлбаларын алуға бағытталған. Кейіннен пешті басқару жүйесінің динамикалық сипаттамаларын зерттеу жүргізіледі, бұл бірінші Ляпунов әдісімен Найквист критерийлерін қолдана отырып, жүйенің тұрақтылығын бағалауға әкеледі. Сонымен қатар, тарауда қойылған міндеттерді тиімді шешетін контроллерді синтездеу үшін Интеллектуалды технологияларды, атап айтқанда генетикалық алгоритмді енгізуге назар аударылды.

Реттегіштерді синтездеу кезінде интеллектуалды технологияны қолдану балама синтез әдістеріне қарағанда көптеген артықшылықтар береді. Бұл артықшылықтарға стандартты реттегіштерді параметрлік реттеу, Математикалық талдау арқылы нақты модификацияларды енгізу және модальды басқаруды жүзеге асыру мүмкіндігі кіреді. Дегенмен, модельді басқару міндеті жабық жүйе үшін қажетті динамиканы таңдау және анықтау болып табылады. Керісінше, параметрлерді Математикалық талдау арқылы конфигурациялау кезінде жүйеде тәртіп артады.

# 1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМІ

## 1.1 Электр балқытудың технологиялық процесі

Доғалы пештің басты артықшылығы-металды тотықтыру және күкіртсіздендіру мүмкіндігі, сондай-ақ оның қызып кетуінің жеңілдігі. Нәтижесінде, технологиялық шығындарды азайту үшін кейде "дуплексті процесс" деп аталады, ол металл сынықтарын тазартпас бұрын және оны пештегі қажетті құрамға дейін қымбатырақ ашық пеште балқытуды және тотықтыруды қамтиды. Дуплексті әдіс немесе түрлендіргіш электр пеші сирек қолданылады.

Доғалы болат балқыту пеші деп аталатын электрлік балқыту пеші электр доғасы шығаратын жылуды пайдаланып металдар мен басқа материалдарды балқыту үшін қолданылады. Доғалы пештердің балқыту қондырғыларының басқа түрлеріне артықшылық беруінің себебі - олар ұсынатын әртүрлі артықшылықтар.

- 1900°C температурада балқу аймағынан зиянды заттарды жою.;
- Химиялық элементтердің белгілі бір концентрациясы бар болаттың әртүрлі түрлерін өндіру.;
- Температура басқару жүйесінің дәл мәнін алу.;
- Шикізаттағы көміртегі тотығының мөлшерін азайтады және химиялық элементтердің бақылаусыз тотығуына жол бермейді.

Доғалы пештегі температураны бақылау жүйесі металға берілетін жылу мөлшерін реттейді және қыздыру жылдамдығын және температураның металл бетіне таралуын бақылайды. Бұл сонымен қатар термиялық өңдеу процесінде және пештің жұмысында шешуші фактор болып табылатын эктастың пайда болу қарқындылығын анықтайды. Бұл параметрлер доғалы пеште материалды өңдеудің технологиялық процесін анықтайды.

Электр балқытуға қол жеткізу үшін мыс, темір, кальций оксиді, кремний диоксиді және күкірт сияқты әртүрлі элементтері бар түйіршікті шихта қоспасы қолданылады. Сынақтан өткеннен кейін шихта пеште орналасқан бункерлерге тиеледі. Сол жерден ол электродтардың айналасында беткейлер түзіп, пештің ваннасына түседі. Қайта өңделген түрлендіргіш шлак сонымен қатар шлақтың пайда болу процесінде белгілі бір рөл атқаратын пеш шламына құйылады. Пеште балқыту процесінің нәтижесі штейн мен қожды алу болып табылады. Зат пештің саңылаулары арқылы шығарылады, ал үйінді қабаты қож ыдыстарында жиналады [1].

Доғалы пештің жұмысы жоғары қуатпен және температураның қатты ауытқуымен жұмыс істеуді қамтиды. Металды балқыту кезінде шихтаның бетінде оны зиянды газдардан қорғайтын қорғаныс пленкасы пайда болады. Алайда, бұл пленка металға теріс әсер етуі мүмкін әртүрлі элементтердің енуіне мүмкіндік береді.

Тотығу процесі жүріп жатқанда, құрылғының ішіндегі температура жоғарылайды, бұл металл бетінен зиянды элементтердің біркелкі жойылуына әкеледі.



Тотықсыздану процесінен кейін металдың бетінен барлық зиянды заттар жойылады, ал металдың химиялық құрамы стандартты сипаттамаларға сәйкес келеді. Пеш механизмінің дизайны және оның функционалдық сипаттамалары өндіріс процесіне әсер етеді.

Электр балқыту процесін басқару объектісі ретінде қарастырған кезде келесі сипаттамалар байқалады:

1. Балқыту процесі электр қуаты мен шихтаны беруді қамтиды, нәтижесінде шығыс сипаттамалары ретінде штейн мен шлак пайда болады.

2. Пеш ваннасының едәуір мөлшері балқыту процесінде реакцияның баяулауына әкеледі.

3. Әр түрлі факторлар балку процесін бұзуы мүмкін, соның ішінде кірпіштің тозуы, шикізаттың өзгеруі, электродтардың жануы және доғалық разряд кеңістігіндегі температура мәндерінің ауытқуы, бұл доғалық разряд кедергісінің өзгеруіне әкелуі мүмкін.

Жалпы қабылданған шешімдердің бірі-доғалы пеште болат өндіруге бейімделген өндіріс әдістері мен технологиялық режимдерді енгізу.;

- Отын-оттегі оттықтарын пайдаланудың негізгі себебі пештің жұмыс кеңістігінің төменгі аймағында қалдық материалдардың тиімді балқуын қамтамасыз ету болып табылады.

- ұзын контейнерді пайдаланудың артықшылығы - оны жалын пешінің қожының ішіне тереңірек орналастыруға болады.

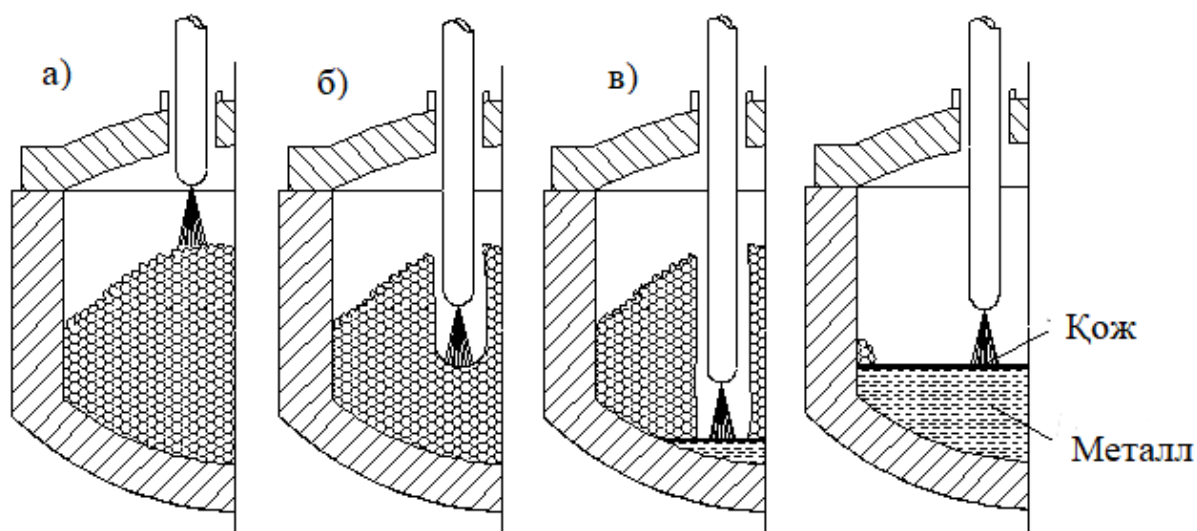
- техникалық оттегінің қолданылуы кең болуы;

- кез-келген қож түзетін материалсыз болатты шығару процесі терезе көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін болуы [2].

Кесте 1.1 – Доғалы болат балқыту пешінің негізгі электрлік сипаттамалары

еш түрі	Трансформат ордың номиналды қуаты, кВ*А	Трансформат ордың бастапқы орамасының кернеуі U1 кВ	Екі нші кернеудің өзгеру шектері ΔU, В	Трансформат ордың қайталама орамасының тогы I2, кА	Электр энергиясының меншікті шығыны ω, кВт*ч/т
С-0,5	500	6,10	213-110	1,085	650
СП-1,5	1 200	6,10	225-118	2,57	550
СП-3	1 900	6,10	242-122,5	2,25	525
СП-6	2 900	6,10	257-197,5	6,3	-

ДСП-12	6 000	6,10	278-202	10,4	500
ДСП-20	8 000	6,10	318-116	16,35	470
ДСП-25	1 5000	35	384-148	24-10	-
ДСП-40	16 000	35	386-126	23,5	-
ДСП-50	21 000-28 250	35	486-152	27,7-34,6	460-440
ДСП-80А	33 000	35	478-161	38,8	420
ДСП-100	44 000	35	591,5-164,1	43,9	-
ДСП-200	46 000	35	-	-	400



1.1 - сурет – Шихтаның балқу кезеңдері.

а-балқудың басталуы; б-электродтың түсуі; в-электродтың көтерілуі;

## 1.2 Доғалы болат балқыту пешінің дизайны

Жоғарыда айтылып кеткендей білеміз, доғалы болат балқыту пеші - бұл металды балқытудың негізгі мақсатына жету үшін бірге жұмыс істейтін бірнеше компоненттерден тұратын күрделі жабдық. Бұл компоненттерді кең мағынада екі негізгі категорияға бөлуге болады: құрылымдық компоненттер және

функционалды компоненттер. Бұл бөлімде әрбір компонент егжей-тегжейлі қарастырылады.

### **1.2.1 Құрылымдық компоненттер**

Доғалы болат балқыту пешінің құрылымдық элементтері функционалды компоненттер үшін жақтау мен тіректі қамтамасыз етеді. Оларға мыналар жатады:

1. Пеш корпусы: пеш корпусы-пешті қоршап тұрған цилиндрлік немесе тікбұрышты пішінді құрылым. Ол балқу процесі үшін герметикалық камераны қамтамасыз ету үшін бірге дәнекерленген ыстыққа төзімді болат табақшалардан жасалған.

2. Пеш қақпағы: пеш қақпағы-пеш корпусының қақпағы. Ол әдетте жоғары температураға төтеп беретін отқа төзімді материалдан жасалған және техникалық қызмет көрсету және тиеу үшін пешке оңай қол жеткізуге арналған.

3. Электродтар: электродтар-бұл электр тогы пешке жеткізілетін өткізгіштер. Олар көміртектен немесе графиттен жасалған және әдетте цилиндр тәрізді. Электродтар пеш корпусының ортасына тігінен орнатылады және балқу процесі басталған кезде пештің ваннасына түседі.

4. Электродтарды қолдау жүйесі: электродтарды төмендету және көтеру үшін электродтарды қолдау жүйесі қолданылады. Ол әдетте электродтарды жоғары және төмен жылжытатын гидравликалық жүйеден тұрады.

5. Отқа төзімді төсем: Отқа төзімді төсем-пештің Корпусы мен қақпағын қаптайтын ыстыққа төзімді материал қабаты. Ол пештің корпусын балқыту процесінде пайда болатын жоғары температурадан қорғауға арналған.

6. Жүктеу жүйесі: жүктеу жүйесі пешке шихта деп аталатын шикізатты жүктеу үшін қолданылады. Ол әдетте шихтаны сақтау аймағынан пеш корпусының жоғарғы жағына жылжытатын конвейер жүйесінен тұрады.

### **1.2.2 Функционалды компоненттер**

Доғалы болат балқыту пешінің функционалды компоненттері балқыту процесін жүргізуге жауап береді. Оларға мыналар жатады:

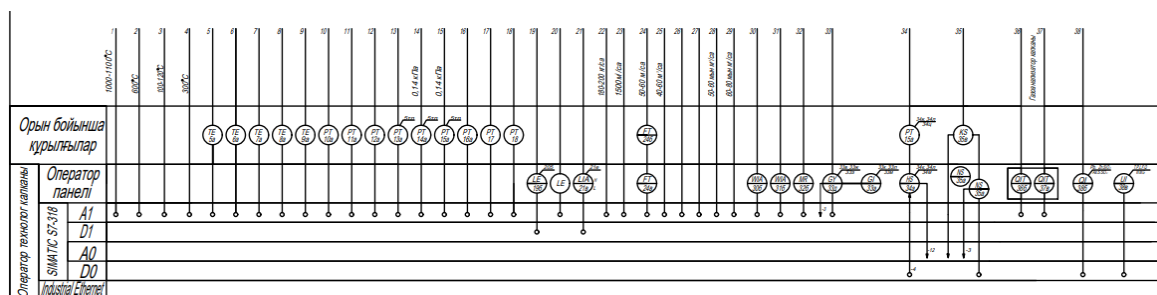
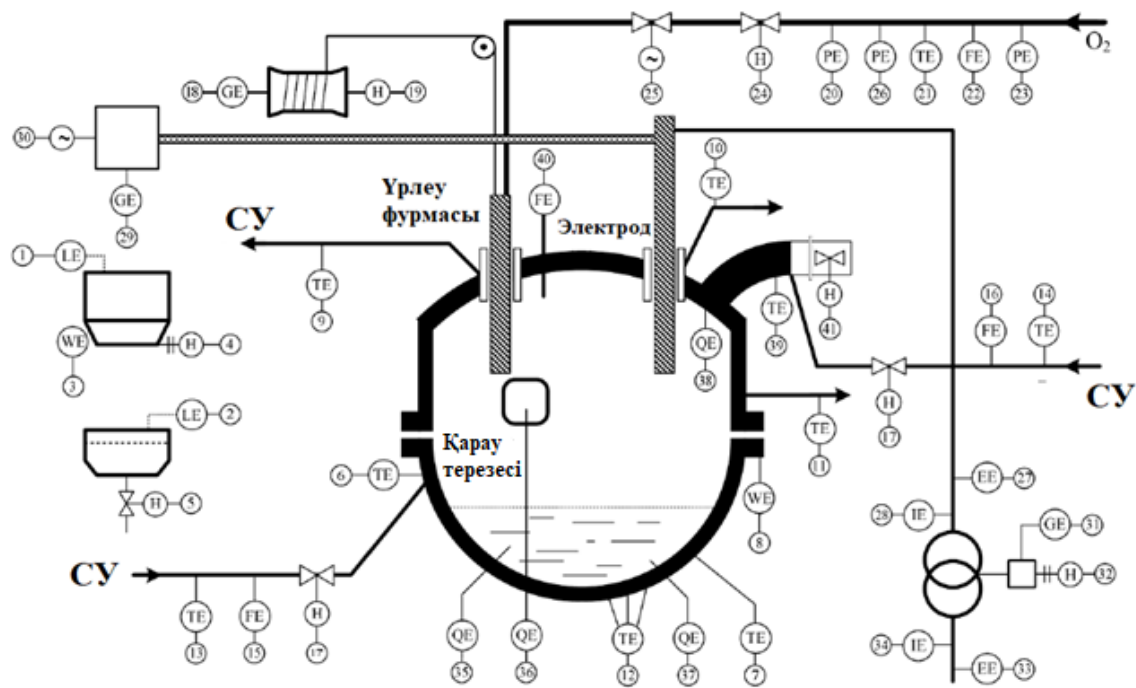
1. Электрмен жабдықтау жүйесі: Электрмен жабдықтау жүйесі балқу процесіне қажетті электр тогын қамтамасыз етеді. Ол әдетте қуат көзінің кернеуін арттыратын трансформатордан және пешке ток беретін шиналар жиынтығынан тұрады.

2. Доғалық жүйе: доғалық жүйе электродтар мен заряд арасында доға құруға жауап береді. Ол әдетте зарядпен байланыста доға жасайтын жоғары вольтты электродтар қатарынан тұрады.

3. Салқындату жүйесі: салқындату жүйесі балқыту процесінде пайда болатын жоғары температураға ұшырайтын электродтар мен пештің басқа компоненттерін салқындату үшін қолданылады. Ол әдетте пештің айналасында су айналатын сумен салқындатылған құбырлар жүйесінен тұрады.

4. Қожды өңдеу жүйесі: қожды өңдеу жүйесі балқыту процесінде пайда болған қожды кетіру үшін қолданылады. Ол әдетте пештен қожды ағызатын арналар мен науалар жүйесінен тұрады.

5. Технологиялық процесті басқару жүйесі: технологиялық процесті басқару жүйесі балқыту процесін бақылау және басқару үшін қолданылады. Ол әдетте Температураны, қысымды және басқа айнымалыларды өлшейтін сенсорлар жиынтығынан, сондай-ақ деректерді талдайтын және процесті сәйкесінше реттейтін компьютерлік жүйеден тұрады.



1.2 - сурет - Пешті автоматтандырудың функционалды сұлбасы

Бөлшектер тақтасының құрылымы салқындатылған жақтаулар мен отқа төзімді төсемдердің шекарасы бойындағы екі алынбалы бөлімнен тұрады, атап айтқанда пештің түбі мен корпусы. Пештің төменгі корпусы пештің ваннасының пішініне сәйкес келеді және отқа төзімді материалдармен жабылған. Пеш ваннасының ішіндегі шамот төсемі түбі мен бүйір қабырғаларынан тұрады және температураның қатты ауытқуына, айтарлықтай жылу жүктемелеріне және



шихта материалдарымен химиялық өзара әрекеттесуге төтеп беруге арналған. Қалдық аймақтың үстіндегі отқа төзімді қабырға қаптамасының жылуды көп қажет ететін бөлігін жабу үшін жоғары көміртекті көміртекті кірпішті сақталған көміртегі бар синтетикалық аспидті байламға біркелкі жағу ұсынылады. Әдетте, төменгі бөлігінде үрлеу штепсельдерін орнатуға арналған бекіткіштері бар бірнеше дөңгелек тесіктер бар.

Пештің корпусы құбырлы жақтаудан тұрады, ол бірнеше көлденең жолақтар мен тік тіректерден дәнекерленген, бос орын жасайды. Корпустың ішкі кеңістігі қабырғаларға бекітілген салқындатылған қаптамамен қапталған. Бұл салқындатылған қабықтың артықшылығы-бұл ажыратылатын қосылыстардың арқасында құрылымдық компоненттерді оңай ауыстыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, Құбырлы жақтау құрылымның айтарлықтай беріктігін қамтамасыз етеді және жүйеде салқындатқыш су толтырғыш ретінде қолданылады. Жақтау бөліктерінің салмағы мен өлшемдерін азайту үшін пештің жақтауы салқындатылады. Рамка ұзақ мерзімді пайдалануды қамтамасыз ете отырып, айтарлықтай жылу әсеріне төтеп бере алады. Динамикалық қабырғасы бар отын - оттегі оттықтарын бөлшектеуді жеңілдету үшін корпустың беттері мен төменгі бетінде бірнеше технологиялық терезелер орналасқан. Стандартты өлшемді инжектор ұсақталған және шаңды материалдарды беру үшін қолданылады. Терезе қақпағы болатты шығарудың ұтымды көлемін қамтамасыз ету үшін тесікпен жабдықталған.

Доғалы пеш пештің корпусына орнатылған қоймамен екі бөлікке бөлінеді. Арка негізгі бөлімнен және перифериялық бөлімнен тұрады. Негізгі отқа төзімді бөлік дөңгелектеніп, жоғары алюминий кірпіштен немесе ыстыққа төзімді бетоннан жасалуы мүмкін. Ол кішкентай арка сақинасымен бекітілген негізде орналасқан. Кішкентай арка сақинасы отқа төзімді орталық бөлікті тез ауыстыруға мүмкіндік беретін құбырлы дизайнға ие. Қойманың перифериялық бөлігінде қож түзетін материалдарға арналған кіреберіс және газ сору құбырына арналған тесіктер бар. Металдан жасалған коллекциялық ойын негізгі компонентті, яғни сумен салқындатылатын панельдерді біріктіретін тірек жақтауы ретінде әрекет етеді. Жақтаудың ішкі және сыртқы беттері түтік тәрізді инелермен байланысқан элементтерден тұрады. Рамалардың негізгі қызметі-сумен салқындатылған панельдерді бекіту.

Доғалы болат балқыту пешінің негізі дәнекерленген болат жақтаудан жасалған. Негіздің жоғарғы көлденең алаңы пештің Корпусы мен роликті басын орналастыруға арналған, бұл доға мен электродтардың айналуын жеңілдетеді. Қалдық материалдарды жұмыс терезесінің негізіне құю, сондай-ақ болатты терезе терезесіне шығару пеш корпусын кез келген бағытта еңкейту жолымен жүзеге асырылады. Екі тірек сегменті пештің платформасы үшін негіз болып табылады, бұл корпустың екі бағытта да қисаюын қамтамасыз етеді. Доға мен электродтарды көтеру қазіргі заманғы пештердің электр ұстағыштарымен жүзеге асырылады, олар көтеру механизміне тірек болады. Тірек көлденең қимада цилиндр тәрізді және тік осьтің бағыты бойынша тігінен қозғалады.

Доғалы пештің жұмыс кеңістігін ашуға доғаны электродтармен бірге

көтеру және айналдыру арқылы қол жеткізіледі, ал шихта шелектермен түсіріледі. Алынбалы бөлшектер тақтасының дизайны электр ұстағыштарын айналдыруға мүмкіндік береді, бұл қысқа желілік түйінде сыни бұралудың пайда болуына жол бермейді. Электр ұстағыштары өткізгіш материалдардан жасалған және балқыманың әр түрлі тығыздығына байланысты пайда болатын төменгі бетінде изотермиялық аймақ бар. Электр ұстағышының бағанында жастыққа орнатылған оқшаулағыш қабат бар.

Бөлшектер тақтасының электрмен жабдықтау жүйесінде электр пешінің трансформаторы және пеш тізбегінің жалпы электр кедергісін реттейтін реактивтілік бар, бұл балқу процесінде жұмыс тогының төмендеуіне және қайталама кернеудің жоғарылауына әкеледі. Пештің қуаты қож қабатына батырылған электродтардың көмегімен жүзеге асырылады. Жағдайларға байланысты электрод аймақтарында бөлінетін қуат пайызы 50% - дан 80% - ға дейін өзгеруі мүмкін. Пеш ваннасындағы ток ағымы екі бағытта жүреді: электродтар арасында және электродтар мен пештің түбі арасында. Бірінші бағыттағы ток минималды, өйткені электродтар арасындағы электр кедергісі төменгі электродқа қарағанда әлдеқайда жоғары. Негізгі жылу шығару аймағы электродтар осінен екі диаметр қашықтықта орналасқан, бұл пеш ішіндегі температураның біркелкі бөлінбеуіне әкеледі.

### **1.3 Металлургияға арналған балқыту электр пештің басқару жүйесі**

Доғалы болат балқыту пештерін автоматтандыру осы технологиялық қондырғыларды тұрақты немесе айнымалы токпен жұмыс істеуіне қарамастан жетілдіруде маңызды рөл атқарады. Доғалы болат балқыту пештерінде тиімді автоматтандыруды енгізу Болат жасаушыларды пештің электр жұмысын орнату және қолдау, пеш жабдықтарының күйі мен функционалдығын бақылау және қосалқы механизмдерді басқару сияқты маңызды міндеттерден босатады. Мұндай автоматтандыру Болат жасаушыларға қажетті химиялық құрамы мен температурасы бар балқытылған металды алуды қамтитын өндіріс процесінің маңызды аспектілеріне назар аударуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, қорытпалардың белгілі бір сортиментін балқыту процесін автоматтандыру арқылы жеке Болат жасаушылардың біліктілік деңгейіне қарамастан тұрақты балқыту жағдайларына қол жеткізуге болады.

Доғалы болат балқыту пештерін Автоматтандырудың негізгі міндеті қажетті электр режимін, атап айтқанда, тұтынылатын қуатты тұрақты ұстап тұруды қамтамасыз ету болып табылады. Пештің түріне байланысты тұрақты ток (тұрақты ток) немесе айнымалы ток (айнымалы ток) жұмыс істейтініне қарамастан әртүрлі басқару арналарын пайдалануға болады.

1. Айнымалы ток пеші жағдайында реттеуге болатын негізгі айнымалылар-доғаның ұзындығы мен кедергісіне тікелей әсер ететін электродтың орны және пештің жалпы кернеуін өзгертуге мүмкіндік беретін пеш трансформаторының кернеу деңгейі.

2. Тұрақты ток пешінің контекстінде негізгі реттелетін параметрлер доғаның ұзындығын, пеш трансформаторының кернеу деңгейін анықтайтын электродтың орналасуы және айнымалы ток пештерінен айырмашылығы, ток мәнін белгілі бір деңгейде ұстап тұратын басқарылатын түзеткіш болып табылады.

Демек, айнымалы ток пештері тек доғаның кернеу реттегішімен (кедергі) жабдықталған, ал тұрақты ток пештері доғаның ток реттегішімен де, доғаның кернеу реттегішімен де (кедергі) жабдықталған. Бұл қосарланған реттеу мүмкіндігі тұрақты ток пештеріне пештің ваннасына түсетін қуатты дәлірек сақтауға мүмкіндік береді.

Пешті басқарудың автоматтандырылған жүйесінің негізгі элементі-бұл пештің түріне байланысты өзгертін және сәйкес өлшеу арналары (ток пен кернеу) бар бір немесе екі реттегішті қамтитын қуат реттегіші. Жүйенің атқарушы компоненттері қуат көзінің ток реттегішін және пештің электродының қозғалу механизмін қамтуы мүмкін. Қуат реттегішінен басқа, автоматтандырылған басқару жүйесі пештің механизмдерін басқару (көлбеу, Арка қақпағы және т.б.), пештің ішіндегі металл температурасын бақылау және пештің құрамдас бөліктері мен ішкі жүйелерінің әртүрлі параметрлерін басқару сияқты көптеген қосалқы функцияларды қамтиды.

Басқару жүйесі модульдік принцип бойынша жұмыс істейді, әр модульге жүйеде белгілі бір функция тағайындалады. Бұл модульдік тәсіл болашақта қосымша модульдерді қосу арқылы басқару жүйесін кеңейтуге мүмкіндік береді. Мысалы, пештің басқару тақтасынан химиялық талдау нәтижелеріне тікелей қол жеткізуді қамтамасыз ете отырып, жүйені кеңірек цехтың ақпараттық жүйесімен біріктіру мүмкін болады. Доғалық пешті басқарудың автоматтандырылған жүйесі автоматтандыру құралдары мен адам-машина интерфейсі құралдарын қамтитын стандартты аппараттық және бағдарламалық жасақтама компоненттерін қолданатын ашық жүйе ретінде жасалған.

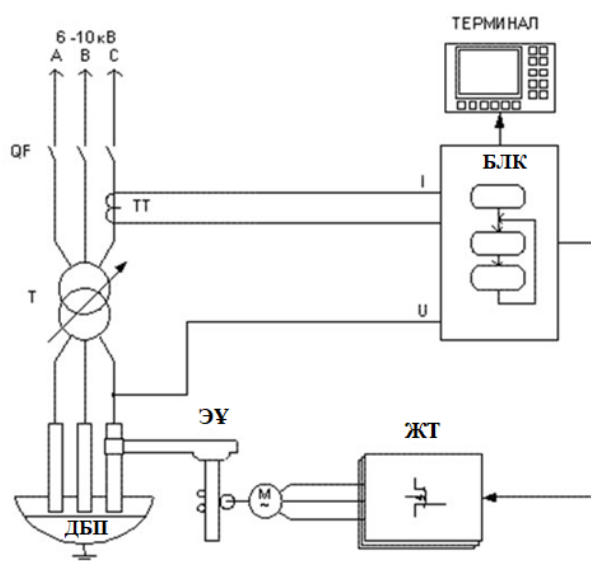
Автоматтандырудың негізгі деңгейін қамтамасыз ету үшін SIMATIC S7-300 (PLC) бағдарламаланатын логикалық контроллері, сондай-ақ PROFIBUS DP, Modbus және Industrial Ethernet сияқты Өнеркәсіптік желілер арқылы контроллермен байланыс орнататын таратылған перифериялық Модульдер қолданылады. Таратылған Перифериялық құрылғыларды пайдалану арқылы сигналдарды енгізу/шығару модульдерін пештің ішіндегі басқарылатын жабдыққа жақын орналастыруға болады. Бұл тәсіл кабельді кең көлемде сатып алу қажеттілігін азайтады және монтаждау жұмыстарын азайтады. Бұл модульдер біртұтас ақпараттық желіні құра отырып, біріктірілген құрылғылар ретінде жұмыс істейді. Жүйенің жоғары деңгейінде SCADA-WinCC жүйесін басқаратын өнеркәсіптік компьютер қолданылады. WinCC ортасында иерархиялық құрылымда орналасқан экрандық мнемоникалық сұлбалар жиынтығын қамтитын болатты балқыту процесінің технологиялық визуализациясы жасалды. Болат жасаушы жүйемен өзара әрекеттесу үшін компьютердің сенсорлық экранын пайдаланады, бұл үздіксіз өзара әрекеттесу мен бақылауды қамтамасыз етеді.

Қуат реттегіші қамтамасыз етеді:

- доғаның автоматты тұтануы;
- айнымалы токтың үш электродты пешінде немесе тұрақты ток доғалы пештің электрод доғасының тогында доға тогын фазалар бойынша бөлек автоматты түрде ұстау;
- пайдалану қысқа тұйықталулары мен доға үзілістерін автоматты түрде жою;
- электродтардың сұйық металға батып кетуіне жол бермеу;
- айнымалы ток пештері үшін ең маңыздысы фазалық бөлек тапсырмаларды қалыптастыру арқылы қуатты тасымалдау әсерін жою;
- қолмен басқарудан автоматты басқаруға және кері соққысыз ауысу.

Өлшеу құралдары ток пен кернеу сигналдарын PLC-ге арнайы сигнал қалыпқа келтіргіш арқылы жібереді. Үй ішінде қуат реттегішінің басқару бағдарламасы орындалады және ол басқару сигналдарын аспі контроллері арқылы есептейді. Фазаны басқару сигналдары есептелген электрлік параметрлер мен қажетті берілген мән арасындағы ауытқуды бағалау арқылы анықталады. Есептеу аяқталғаннан кейін контроллер электродтардың қозғалысына жауап беретін жетектерге басқару сигналдарын жібереді.

Жиілікпен басқарылатын электромеханикалық жетек негізінде жасалған айнымалы ток доғалы пештің қуат реттегішінің құрылымдық сұлбасы суретте көрсетілген [2].



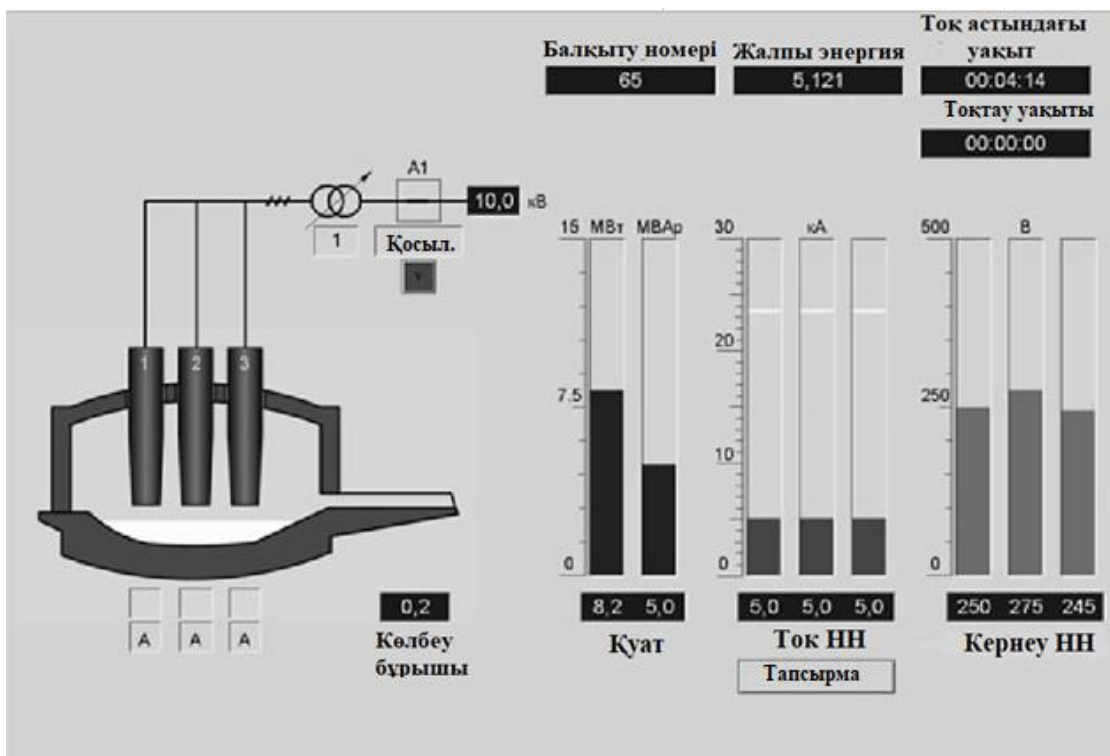
1.3 - сурет - Қуат реттегішінің құрылымдық сұлбасы

Кесте 1.2 – Құрылымдық сұлбасының құрамы

Қысқармасы	Атауы
ЖТ	жиілік түрлендіргіш
БЛК	бағдарламаланатын логикалық контроллер
ЭУ	электр ұстағыш



Оператормен өзара әрекеттесу үшін АБЖ-ға кіретін сұйық кристалды дисплейі және функционалды пернетақтасы (немесе сенсорлық экраны) бар терминал қолданылады. Сау пешінің негізгі мнемотехникасы 1.4 суретте көрсетілген.



1.4 - сурет - ДБП басқару жүйесінің негізгі мнемикалық сұлбасы

Оператор терминалын қолдана отырып, әу қамтамасыз етеді:

- пеш жұмысының электр режимін жедел бақылау
- пештің жұмысы туралы ақпаратты жинау және өңдеу;
- экранда жедел технологиялық параметрлерді және нақты уақыттағы жүйелік хабарламаларды көрсету;
- механизмдер мен жабдықтардың жай-күйін бақылау;
- су салқындату жүйесін бақылау;
- дыбыстық және жарықтық ескерту және авариялық сигнал беру;
- реттеушінің жұмыс режимдерін орнату;
- реттегіштің параметрлеріне қол жеткізіңіз.

PLC негізіндегі қуат контроллерінің құрылымдық конфигурациясы оны басқару шкафына орналастыруды қамтиды. Бұл шкафта әртүрлі компоненттер бар, соның ішінде бағдарламаланатын логикалық контроллер, қалыпқа келтіргіш, қорғаныс коммутациялық жабдықтары, релелік жабдықтар және т.б. Шкафта немесе Басқару тақтасында оңай қол жеткізу және пайдалану үшін аспаптар мен басқару элементтерін көрсететін оператор терминалы орналасқан.

Басқару шкафының жалпы көрінісінің мысалы суретте 1.5 көрсетілген.



1.5 - сурет - Басқару шкафының жалпы көрінісі.

#### **1.4 Қолданылатын датчиктер**

Болат өндіру процесі күрделі және динамикалық, дәл бақылауды және бірнеше кезеңдер мен факторларға мұқият назар аударуды қажет етеді. Болат балқыту өндірісінде қолданылатын пештердің ең танымал түрлерінің бірі-доғалы пештер. Бұл пештер шикізатты балқытылған металға, соның ішінде темір рудасы мен болат сынықтарына балқыту үшін қуатты электр доғасын пайдаланады. Дайын болат бұйым балқытылған металды тазарту және өңдеу арқылы жасалады.

Пештегі температура, қысым, деңгей және газ құрамы сияқты маңызды айнымалыларды анықтау және бақылау үшін датчиктерді пайдалану Болат өндірісіндегі шешуші қадам болып табылады. Бұл сенсорлар Болат өңдеушілерге өз қызметін оңтайландыруға, шығындарды азайтуға және дайын өнімнің сапасын жақсартуға көмектесу үшін қажет. Бұл эссе доғалы болат балқыту пештерінде қолданылатын сенсорлардың көптеген түрлерін, сондай-ақ олардың артықшылықтарын, кемшіліктерін және қолдану салаларын қысқаша қарастырады

– Температура датчигі:

Доғалы болат балқыту пештерінде жиі қолданылатын сенсорлардың бірі-температура сенсоры. Бұл датчиктердің көмегімен балқытылған металдың, кождың және пештегі отқа төзімді элементтердің температурасы бақыланады.

Пештің қуатын және салқындату жүйелерін оңтайландыру және төсемдер мен отқа төзімді материалдардың күйін бақылау үшін температураны дәл өлшеу қажет [4].

Термопаралар, қарсылық температурасының датчиктері және инфрақызыл датчиктер - доғалы болат балқыту пештерінде жиі қолданылатын температура датчиктерінің кейбірі. Қолайсыз жағдайларда жоғары дәлдікке, жылдам реакция уақытына және ұзақ мерзімділігіне байланысты термопаралар болат өндірісінде температура сенсорларының ең көп қолданылатын түрі болып табылады. Әр түрлі металдардан жасалған екі сым температура айырмашылығына пропорционалды кернеу тудыратын термопараны құрайды.

Доғалы пеште қолдануға болатын температура датчиктерінің бірнеше түрі бар, соның ішінде:

– Термопаралар:

Доғалы пеште ең көп қолданылатын температура датчиктері термопаралар болып табылады. Олар бір шетінен жалғанған екі түрлі металдан тұрады және екі қосылыс арасындағы температура айырмашылығына пропорционалды кернеу тудырады.



1.6 - сурет - Доға пештеріне арналған TPR-0492 термопарасы

- Инфрақызыл датчиктер:

Пештің температурасына кері пропорционалды пеш шығаратын инфрақызыл сәуле инфрақызыл датчиктердің көмегімен жазылады. Бұл пештің беткі температурасын өлшеу үшін қолдануға болатын жанаспайтын сенсорлар.

– Қарсылық температурасының датчиктері:

Жұқа платина, никель немесе мыс сымнан жасалған сенсорлар, олардың кедергісі температураның ауытқуына жауап ретінде өзгереді. Олар қымбатырақ болуы мүмкін, бірақ олар термопараларға қарағанда дәлірек.

– Қысым датчиктері:

Доғалы болат балқыту пештерінің тағы бір маңызды бөлігі-қысым датчиктері. Бұл датчиктер пештің ішіндегі қысымды анықтау үшін қолданылады, операторларға пештің газ фазасының күйі туралы маңызды білім береді және жылу беруді жақсарту және энергияны аз тұтыну үшін газ шығынын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Тензометриялық датчиктер, сыйымдылық датчиктері және пьезоэлектрлік датчиктер сияқты әр түрлі қысым датчиктері доғалы болат балқыту пештерінде жиі қолданылады. Жоғары дәлдігі, жылдам реакция уақыты және төмен құны арқасында тензометриялық датчиктер болат балқыту секторында Қысым датчиктерінің ең көп қолданылатын түрі болып табылады. Бұл датчиктер пропорционалды электр сигналын деформация негізінде есептейді, бұл қысымның өзгеруі материалда пайда болады. Қысым екі өткізгіш пластиналар арасындағы қашықтықты өзгерту арқылы сыйымдылық датчиктерінің көмегімен өлшенеді. Пьезоэлектрлік датчиктерде қысым сияқты механикалық кернеу кристалды электр зарядын шығарады.

– Деңгей датчиктер:

Пештегі балқытылған металл, қож және басқа сұйықтықтардың деңгейі осы датчиктермен өлшенеді, бұл операторларға пештің күйі туралы маңызды ақпарат береді және болатты балқыту процесін жақсарту үшін пеш арқылы материал ағынын өзгертуге мүмкіндік береді.

Доғалы болат балқыту пештерінде сыйымдылық датчиктері, ультрадыбыстық датчиктер және радиолокациялық датчиктер сияқты бірнеше түрлі деңгейдегі датчиктер жиі қолданылады. Сыйымдылық датчиктері екі электрод арасындағы электр сыйымдылығының өзгеруін бақылау арқылы пештегі сұйықтық деңгейін бағалайды. Жоғары жиілікті дыбыс толқындарын ультрадыбыстық датчиктер сұйықтық бетінен бөлінуді анықтау және деңгейді анықтау үшін пайдаланады. Микротолқынды сәулеленуді радар датчиктері сұйықтық деңгейін бағалау және қиын жағдайларда да дәл көрсеткіштерді алу үшін пайдаланады.

– Газ құрамының датчиктері:

Пештің қоршаған ортасындағы бірнеше газдардың, соның ішінде оттегінің, көміртегі тотығының және азоттың концентрациясы газ құрамы датчиктерінің көмегімен өлшенеді. Болатты балқыту процесін басқару, отынды пайдалануды оңтайландыру және энергияны тұтынуды азайту үшін газ құрамын дәл өлшеу қажет [4].



## 2 ЕСЕПТІК БӨЛІМІ

### 2.1 Құрылымдық сұлбаны әзірлеу және пештің АБЖ ТП математикалық моделін алу



2.1 - сурет - Пешті басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Пештің АБЖ сипаттамасы және оның функционалды сұлбасының құрылысы.

Күшейткіш (К) - бұл нақты компонент, ең алдымен, атқарушы қозғалтқышты қоспас бұрын кіріс сигналын күшейтуге арналған автоматтандырылған басқару жүйесінің маңызды аспектісі болып табылады.

Кедергі термометрі (КТ) - Бұл құрылғы металдардың кедергісі мен өлшенетін ортаның температурасы арасындағы корреляцияны пайдаланатын температураны өлшейтін сенсор болып табылады.

Атқарушы қозғалтқыш (АҚ) – электр сигналын біліктің бұрыштық қозғалысына айналдыру арқылы реттеуші құрылғыға әсер ететін механизм

Доғалы болат балқыту пеші (П) - деп электр балқыту пеші әртүрлі материалдарды, соның ішінде металдарды сұйылту үшін электр доғасының жылу әсерін пайдаланады.

Редуктор - негізгі мақсаты біліктің айналуы арқылы қуат беру болып табылатын Механизм, оның тартылуы жетек талап ететін күшті азайтады.

Пештің АБЖ теңдеулері және беріліс функциялары.

Пеш:

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

$$T_\theta \frac{d}{dt} \Delta\theta + \Delta\theta = k_\theta \cdot \mu - k \cdot f. \quad (2.2)$$

Потенциометриялық көпір:

$$u_m = k_d \cdot \theta \quad (2.3)$$

Күшейткіш:

$$T_m \cdot \frac{d}{dt} u_u + u_u = k_m \cdot u_m \quad (2.4)$$

## Редукторы бар қозғалтқыш

$$T_{\partial\theta} \cdot \frac{d^2 \mu}{dt^2} + \frac{d \mu}{dt} = k_{\partial\theta} \cdot u_{\mu} \quad (2.5)$$

мұнда  $\theta$ - пеш температурасы;

$\theta_3$  - пеш температурасының берілген мәні;

$\Delta\theta$ - температураның ауытқуы;

$u_0$  - көпірдің қуат кернеуі;

$u_m$  - көпірдің шығыс кернеуі;

$\mu$  - клапанның қозғалысы;

$f$ - ашу.

2.1-кестеде сұлбаға арналған мәліметтер келтірілген.

№	$T_0$	$k_0$	$k_I$	$k_D$	$T_m$	$k_m$	$T_{\partial\theta}$	$k_{\partial\theta}$	$F$
	С	см	см	См			С	см	См
								$\frac{1}{Bc}$	
1	3,0	6,0	1,5	0,7	0,02	22	0,06	0,15	1+0,7t

Пештің АБЖ элементтерінің келесі беріліс функцияларын аламыз:  
Потенциалдық көпір:

$$G_M(s) = \frac{u_m}{\theta} = K_d = 0.7 \quad (\text{пропорционалды буын}) \quad (2.6)$$

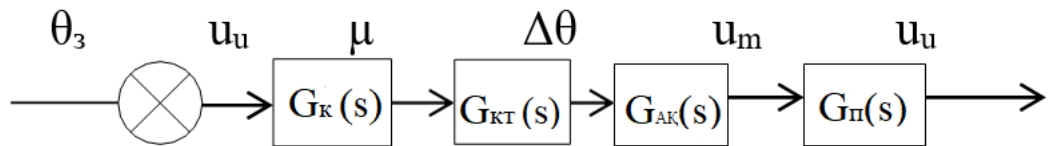
Күшейткіш:

$$G_K(s) = \frac{k_m}{T_m s + 1} = \frac{22}{0.02s + 1} \quad (1\text{-ші ретті апериодтық буын}) \quad (2.7)$$

Редуктормен қозғалтқыш:

$$G_{AK}(s) = \frac{k_{\partial\theta}}{T_{\partial\theta} s + s} = \frac{0.15}{0.06s^2 + s} \quad (\text{интеграция буыны}) \quad (2.8)$$

Ашық және тұйық пешті басқару жүйесі үшін құрылымдық сұлбаны алу  
2.3-суретте ашық пешті басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген.

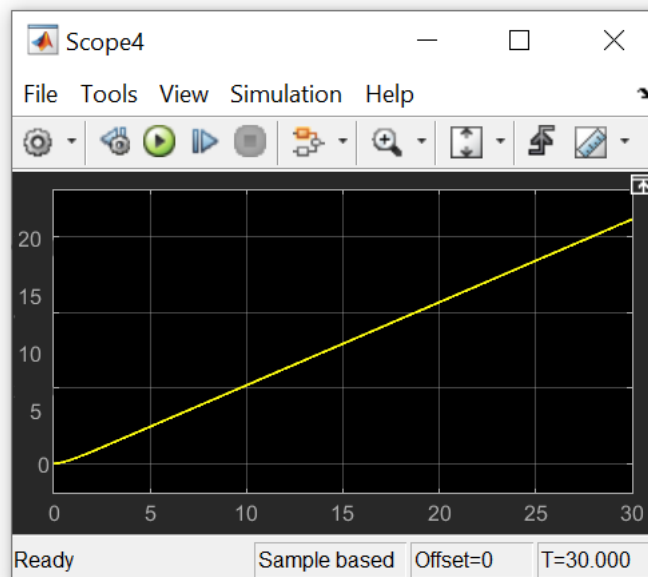
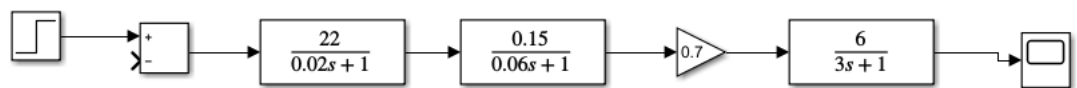


2.2 - сурет - Ашық пешті басқару жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Құрылымдық сұлбаға сәйкес біз ашық жүйе үшін беріліс функциясын аламыз:

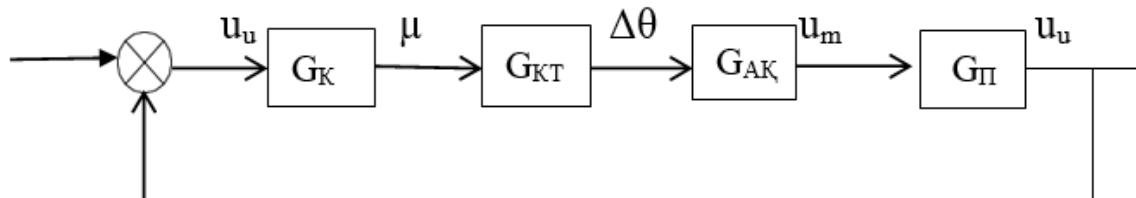
$$G_{PC}(s) = G_K(s) \cdot G_{KT}(s) \cdot G_{AK}(s) \cdot G_{II}(s), \quad (2.10)$$

$$G_{pc}(s) = \frac{7}{0.001s^4 + 0.1505s^3 + 2.09s^2 + 1}. \quad (2.11)$$



2.3 - сурет - Ашық жүйенің өтпелі процесі

2.4-суретте пешті басқарудың тұйық жүйесінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген.

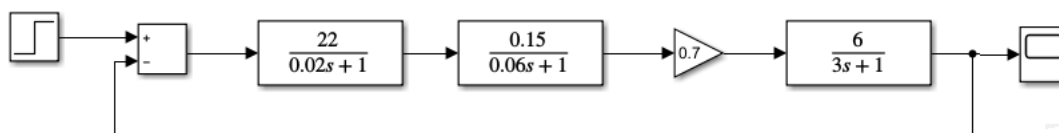


2.4 - сурет - Пешті басқарудың тұйық жүйесінің құрылымдық сұлбасы.

Тұйық жүйеге арналған беріліс функциясы:

$$G_{xc}(s) = \frac{G_{PC}(s)}{1 + G_{PC}(s)}, \quad (2.12)$$

$$G_{xc}(s) = \frac{7}{0.001s^3 + 0.1505s^2 + 2.09s + 1}. \quad (2.13)$$



2.5 - сурет - Тұйық жүйенің өтпелі процесі

2.5-суреттен тұйық жүйеде өтпелі кезең өзгергенін көруге болады: тербелістер саны артты.

## 2.2 Ашық пешті басқару жүйесін модельдеу нәтижелерін алу

Ашық пешті басқару жүйесінің беріліс функциясының операторлық түрінен жиілік түріне ауысу.

Ашық жүйенің нақты және ойдан шығарылған бөліктерін алу үшін Лаплас түрлендіруін қолданамыз:

$$G_p(j\omega) = \frac{7}{0.001\omega^3 - 0.1505j\omega^2 - 2.09j\omega + 1}. \quad (2.14)$$

Бөлшекті конъюгацияланған санға көбейтеміз:

$$G_p(j\omega) = \frac{7 \cdot (0.001\omega^3 + 0.1505j\omega^2 - 2.09\omega - 1)}{(0.001\omega^3 - 0.1505j\omega^2 - 2.09\omega + 1) \cdot (0.001\omega^3 + 0.1505j\omega^2 - 2.09\omega - 1)},$$
$$G_p(j\omega) = \frac{(0.007\omega^3 + 1.0535j\omega^2 - 14.63\omega - 7)}{(0.000001\omega^6 + 0.0226\omega^3 + 4.3681\omega^2 + 1)}. \quad (2.15)$$

Нақты және жорамал бөліктерін төмендегі формула арқылы есептейміз:

$$G_p(j\omega) = U(j\omega) + V(j\omega),$$

$$U(\omega) = \frac{0.007\omega^3 - 14.63\omega}{(0.000001\omega^6 + 0.0226\omega^4 + 4.3681\omega^2 + 1)} \quad (2.16)$$

$$(2.17)$$

(2.17) өрнегінде ашық жүйенің нақты бөлігі алынады және (2.18) өрнегінде ойдан шығарылған бөлік алынады.

Ашық пешті басқару жүйесінің амплитудалық-фазалық жиілік реакциясы.

АФС құру үшін жиілік мәндерін өзгертеміз және ашық жүйенің нақты және ойдан шығарылған бөліктерін есептейміз [4]. 2.2-кестеде алынған нәтижелер көрсетілген.

Кесте 2.2 – Ашық жүйенің нақты және жорамал шығарылған бөліктерінің нәтижелер кестесі.

$\omega$	3	2	1.5	0.5
Re	-2.05	-4.24	-8.8	-13.6
Im	-1.245	-2.22	-7.5	-22.1

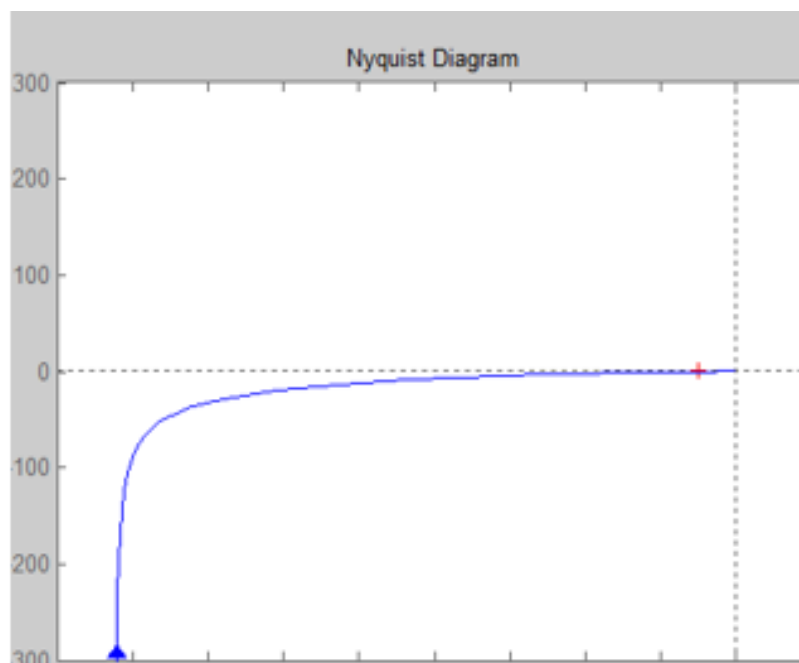
Амплитудалық фазалық жиілік реакциясы 2.6-суретте көрсетілген. Ашық пешті басқару жүйесінің амплитудалық-жиілік және фазалық-жиілік сипаттамалары.

Амплитудалық-жиілік сипаттамасы:

$$M(\omega) = \sqrt{\text{Re}^2(\omega) + \text{Im}^2(\omega)} \quad (2.18)$$

Ашық жүйенің нақты және ойдан шығарылған бөліктерінің мәндерін қолдана отырып, табылады:

$$M(w) = x = \frac{\sqrt{0.000049w^6 + 214.04w^4 + 1.109w^3 + 49w^2}}{(0.000001w^6 + 0.0226w^4 + 4.3681w^2 + 1)} \quad (2.19)$$



2.6 - сурет - Амплитуда-фазалық жиілік сипаттамасы

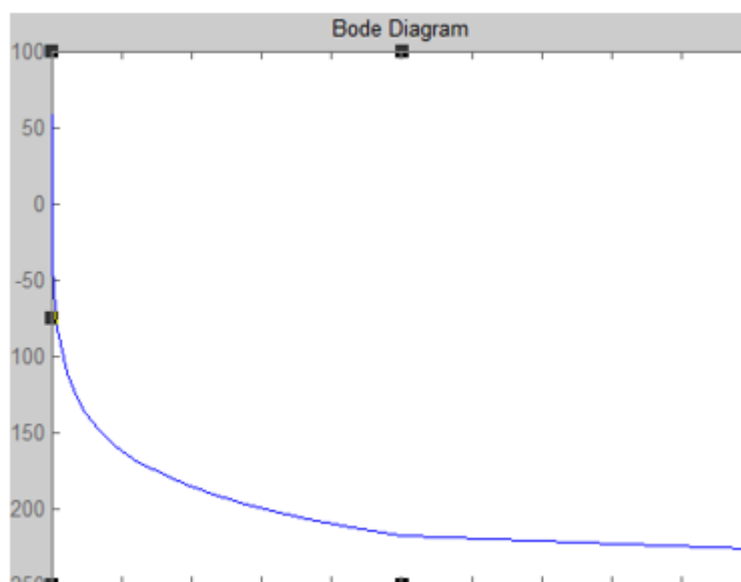
Жиіліктің өзгеруіне байланысты амплитудалық-жиілік сипаттамасының мәндері есептеледі. Амплитудалық-жиілік сипаттамасының мәндері 2.3-кестеде көрсетілген.



Кесте 2.3 - Амплитуда-фазалық жиілік сипаттамасының мәндері кестесі

$\omega$	0	3.5	12	$\infty$
$M(\omega)$	$\infty$	-4.71	-32.5	0

Ашық пешті басқару жүйесінің амплитудалық-жиілік реакциясы 2.7-суретте көрсетілген.



2.7 - сурет – Ашық жүйенің фаза-жиілік сипаттамасы

Фаза-жиілік сипаттамасы:

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{\operatorname{Re}(w)}{\operatorname{Im}(w)},$$

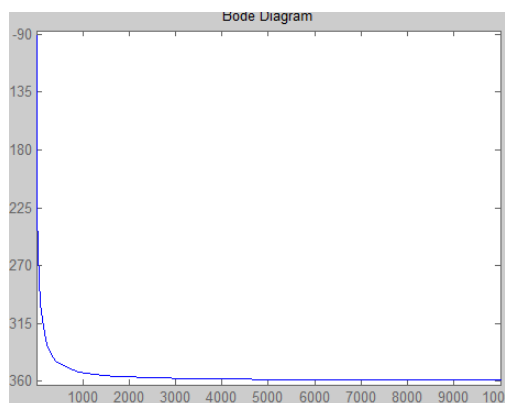
$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{-1.0535\omega^3 - 7\omega}{0.007\omega^4 - 14.63\omega^2}. \quad (2.20)$$

Сол сияқты, біз пешті басқарудың ашық жүйесінің фазалық-жиілік сипаттамасының мәндері есептеледі. Алынған нәтижелер 2.4-кестеде келтірілген.

Кесте 2.4 – Фазалық жиілік сипаттамасының мәндер кестесі

$\omega$	1	10	100	1000	$\infty$
$\Phi(\omega)$	-165	-220	-289	-345	360

Ашық пешті басқару жүйесінің фазалық-жиілік сипаттамасы 2.8-суретте көрсетілген.



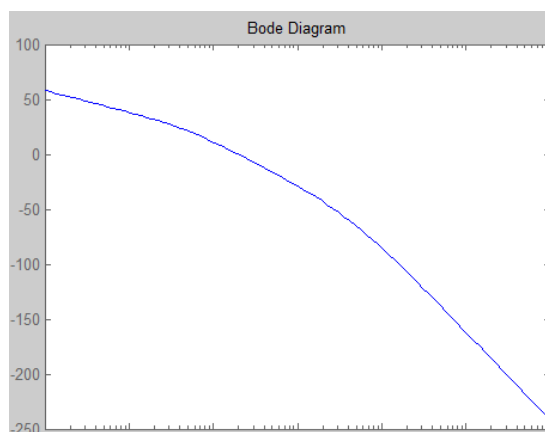
2.8 - сурет – Ашық жүйенің фаза-жиілік сипаттамасы

Ашық пешті басқару жүйесінің логарифмдік амплитудалық-жиілік және логарифмдік фазалық - жиілік сипаттамалары.

Логарифмдік амплитудалық жиілік теңдеуі

$$L(\omega) = \lg(M(\omega)) \quad (2.21)$$

Ашық пешті басқару жүйесінің логарифмдік амплитудалық-жиілік реакциясы 2.9-суретте көрсетілген.

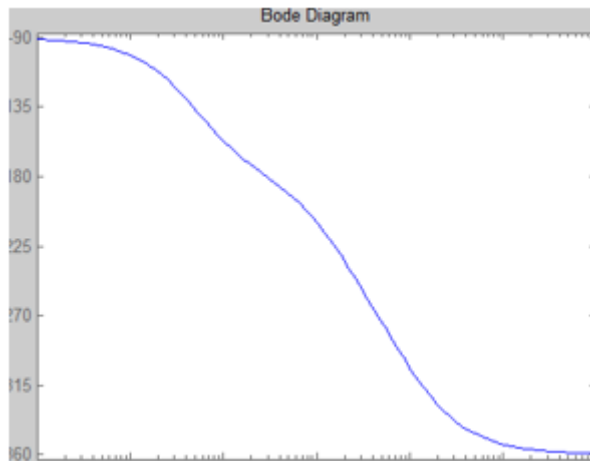


2.9 - сурет - Логарифмдік амплитудалық жиілік сипаттамасы

Логарифмдік амплитудалық жиілік теңдеуі

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{\text{Re}(w)}{\text{Im}(w)} \quad (2.22)$$

2.10-суретте ашық пешті басқару жүйесінің логарифмдік фазалық-жиілік сипаттамасы көрсетілген.



2.10 - сурет - Логарифмдік фазалық-жиілік сипаттамасы

Жиілік сипаттамаларында логарифмдік шкалаларды қолдану жиілік сипаттамаларын қарау және салыстыру кезінде амплитудасы мен жиілік мәндерін көрсету мәселесін жояды [5].

### 2.3 Пештің АБЖ динамикалық қасиеттерін талдау

Ляпуновтың бірінші әдісі бойынша тұрақтылықты талдау.  
Ашық басқару жүйесінің беріліс функциясы:

$$G_{pc}(s) = \frac{7}{0.001s^3 + 0.1505s^2 + 2.09s + 1} \quad (2.23)$$

Сипаттамалық теңдеу

$$0.001s^3 + 0.1505s^2 + 2.09s + 1 = 0 \quad (2.24)$$

Сипаттамалық теңдеу түбірлері

$$\begin{aligned} s_1 &= 0; \\ s_2 &= -100; \\ s_3 &= -20; \\ s_4 &= -0.5 \end{aligned} \quad (2.25)$$

Бірінші әдіс бойынша Ляпуновтың ашық жүйесі тұрақтылық шекарасында, өйткені беріліс функциясының бір полюсі нөлге тең, ал қалғандары теріс.

Тұйық жүйенің орнықтылығы

Тұйық жүйенің беріліс функциясы

$$G_{pc}(s) = \frac{7}{0.001s^3 + 0.1505s^2 + 2.09s + 1 + 7} \quad (2.26)$$

Сипаттамалық теңдеу

$$0.001s^3 + 0.1505s^2 + 2.09s + 8 = 0 \quad (2.27)$$

Сипаттамалық теңдеу түбірлері

$$\begin{aligned} s_1 &= -99.98; \\ s_2 &= -20.25; \\ s_3 &= -0.12196 + 1.9834i; \\ s_4 &= -0.12196 - 1.9834i \end{aligned} \quad (2.28)$$

Бірінші әдіс бойынша Ляпуновтың тұйық жүйесі тұрақты, сондықтан екі полюс теріс, ал қалғандары теріс нақты бөліктерге ие.

*Гурвиц критерийі бойынша ашық АСУ нешінің орнықтылығы.*

Ашық жүйенің сипаттамалық теңдеуі (2.19):

$$0.001s^3 + 0.1505s^2 + 2.09s + 1 = 0 \quad (2.29)$$

Сипаттамалық теңдеудің параметрлері:

$$\begin{aligned} a_0 &= 0.001; \\ a_1 &= 0.1505; \\ a_2 &= 2.09; \\ a_3 &= 1; \\ a_4 &= 0 \end{aligned} \quad (2.30)$$

Гурвиц матрицасын табылған параметрлер бойынша салынады:

Гурвиц матрицасы:

0.1505	1	0	0
0.001	2.09	0	0
0	0.1505	1	0
0	0.001	2.09	0

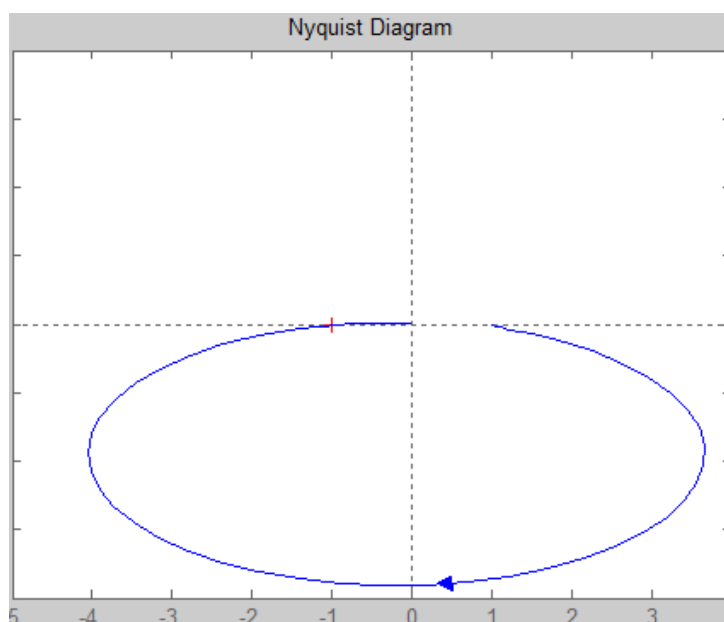
Гурвиц матрицасының барлық негізгі минорларының мәндерін табамыз:

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= 0.1505; \\ \Delta_2 &= 0.2554; \\ \Delta_3 &= 1.02e + 0.3; \\ \Delta_4 &= 0\end{aligned}\tag{2.31}$$

Гурвиц критерийіне сәйкес ашық жүйе тұрақтылық шекарасында орналасқан  $\Delta_4 = 0$ , ал қалған мәндері нөлден үлкен.

Найквист критерийі бойынша тұйық АБЖ пешінің орнықтылығы.

Найквистің тұрақтылық критерийі бойынша тұйық жүйе тұрақтылық шекарасында, өйткені Ляпунов теоремасы бойынша ашық жүйе тұрақтылық шекарасында, ал ашық жүйенің АФЖС (2.11-сурет)  $(-1, 0j)$  нүктесінен өтеді.

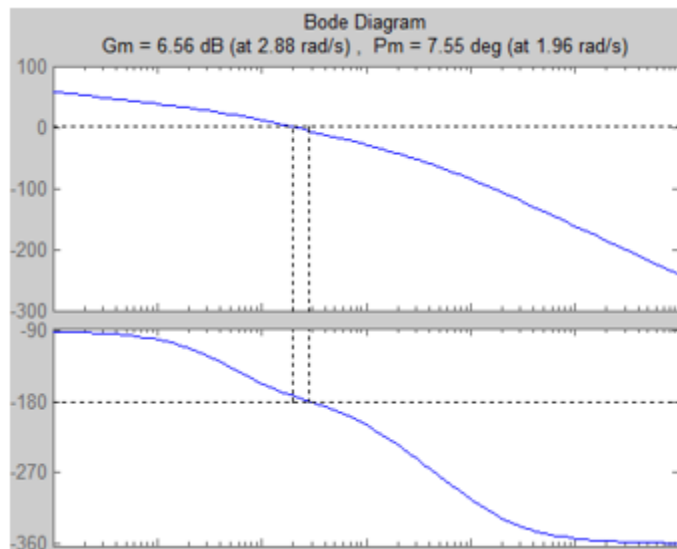


2.11 - сурет - Ашық жүйенің амплитудалық-фазалық жиілік сипаттамасы

Найквистің логарифмдік критерийі бойынша тұйық АБЖ пешінің орнықтылығы.

Доғалы пештің тұйық басқару жүйесі тұрақты, өйткені ашық жүйенің ЛАЖС -і кесу жиілігі нүктесінен  $-180^\circ$  жиілік нүктесінен бұрын өтеді. Бұл график 2.12-суретте көрсетілген.

Бірінші әдіс бойынша Ляпуновтың тұйық жүйесі тұрақты, сондықтан екі полюс теріс, ал қалғандары теріс нақты бөліктерге ие. Бірінші әдіс бойынша Ляпуновтың ашық жүйесі тұрақтылық шекарасында, өйткені беріліс функциясының бір полюсі нөлге тең, ал қалғандары теріс.



2.12 - сурет - Ашық жүйенің логарифмдік амплитудалық-жиілік және логарифмдік фазалық-жиілік сипаттамалары

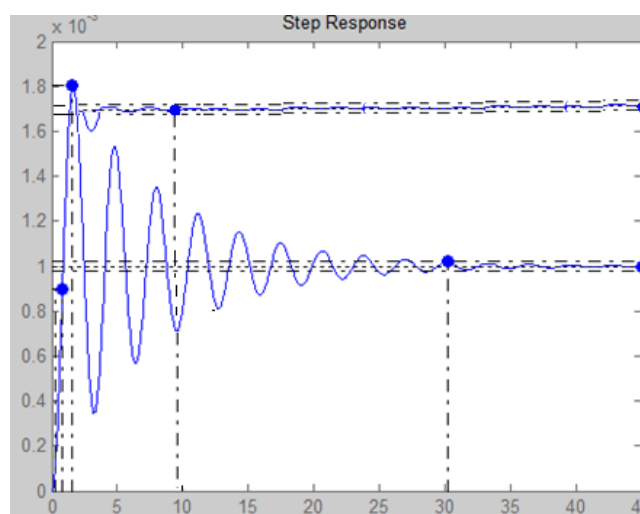
Логарифмдік сипаттамалары бойынша жүйенің орнықтылық қорларын талдау

Амплитудасы бойынша тұрақтылық қоры 2.13-суретте көрсетілген және 6.56 дБ-ге тең. Фазалық тұрақтылық қоры 2.13-суретте көрсетілген және  $-7.55^\circ$  - қа тең.

#### 2.4 ТП АБЖ пешінің өтпелі процесінің сапасын бағалау

Тұйық пешті басқару жүйесінің өтпелі процесінің сапасын тікелей бағалау.

2.13-суретте пештің тұйық АБЖ ТП өтпелі процесінің сапасына тікелей баға алынды.



2.13 - сурет - Тұйық АБЖ ТП пешінің өтпелі процесі



Өтпелі процестің сапасын тікелей бағалау:

1. Реттеу уақыты,  $T_{set} = 30.3c$  ;
2. Қайта реттеу,  $P_{ov} = 80.4\%$  ;
3. Тербелістер саны – 7;
4. Тербеліс жиілігі,  $\omega_{osc} = \frac{2\pi}{T} = 2$ ;
5. Бірінші максимумға жету уақыты,  $T_{max} = 1.58c$  ;
6. Өсу уақыты,  $T_R = 0.56c$  ;
7. Әлсіреу декреті,  $\chi = \frac{|y_{max1} - y_{ss}|}{|y_{max2} - y_{ss}|} = \frac{1.88 - 1}{1.69 - 1} = 1.235$ ;

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

АЖС графигінің көмегімен (2.15-сурет) тұйық АБЖ ТП пешінің сапасына жанама баға аламыз:

- Амплитуда  $M(0) = 0.45$ ,  $\omega=0$  жиілікте өткізу қабілеттілігін анықтайды:

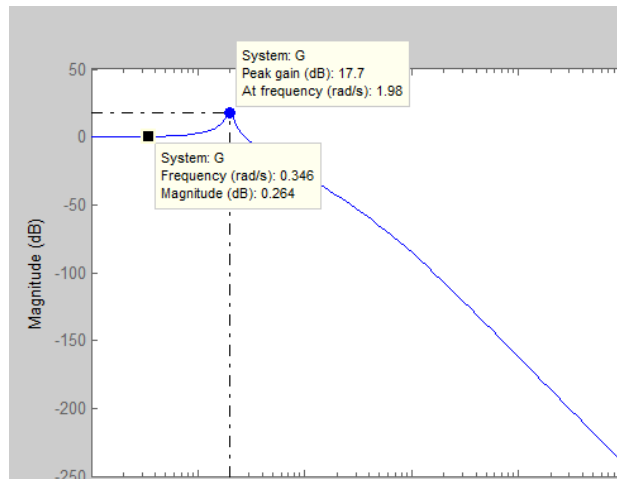
$$0.606 \cdot M(0) = 0.606 \cdot 0.45 = 0.2727 ;$$

$$\omega = [0;0336]$$

- Амплитуда  $M = 1$ ,  $\omega_{cf} = 2.77$
  - Амплитуда  $M_{max}=17.7$ ,  $\omega_p = 1.86$
  - Жанама сапаны бағалау:
1. Тербеліс көрсеткіші,

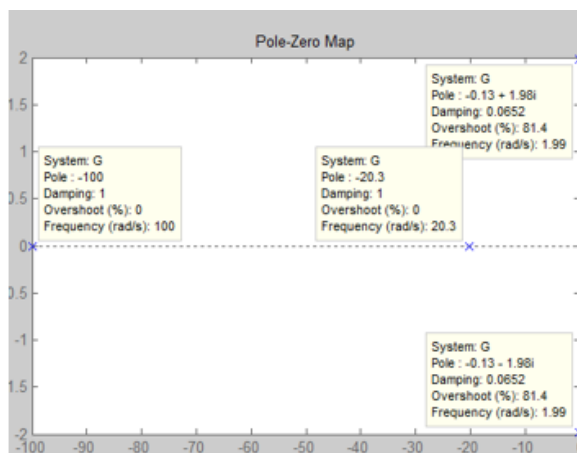
$$\mu = \frac{M_{max}(0)}{M(0)} = \frac{17.7}{0.35} = 50.57. \quad (2.32)$$

2. Резонанстық жиілік,  $\omega_p = 1.98$ .
3. Жүйенің өткізу қабілеттілігі,  $\omega_{bandwidth} = [0;0346]$ .
4. Кесу жиілігі,  $\omega_{cf} = 2.88$



2.14 - сурет - АФС бойынша сапаны жанама баға

Түбірлік әдістерді қолдана отырып, біз жүйенің сапасын жанама бағалауды табамыз. Rzmap командасының көмегімен біз 2.15-суретте көрсетілген беріліс функциясының полюстері алынады.



2.15 - сурет - Комплекстік жазықтықтағы беріліс функциясының полюстері

2.16-суретте көрсетілген беру функциясының меншікті мәндерін(eigenvalues), меншікті жиілігін (natural frequencies) және демпферлік коэффициентін (damping factors) алу үшін damp пәрменін тереміз.

Pole	Damping	Frequency (rad/seconds)	Time Constar (seconds)
-1.30e-01 + 1.98e+00i	6.52e-02	1.99e+00	7.71e+00
-1.30e-01 - 1.98e+00i	6.52e-02	1.99e+00	7.71e+00
-2.03e+01	1.00e+00	2.03e+01	4.94e-02
-1.00e+02	1.00e+00	1.00e+02	1.00e-02

2.16 - сурет - Damp арқылы алынған деректер берілісі

Функциясының полюстері:

$$\begin{aligned} s_1 &= -98.89; \\ s_2 &= -22.15; \\ s_3 &= -0.13425 + 1.9756i; \\ s_4 &= -0.13243 - 1.9987i \end{aligned} \quad (2.33)$$

Түбірлік бағалауды қолдана отырып пештің басқару жүйесінің келесі сапалық бағалары табылынады:

1. Реттеу уақыты,

$$T_{set} = \frac{5}{|\sigma|} = \frac{5}{0.230} = 31.34. \quad (2.34)$$

2. Қайта реттеу,

$$P_{ov} = e^{\frac{-\pi}{\sqrt{1-\xi^2}}} \cdot 100\% = e^{-0.637} \cdot 100\% = 62\%. \quad (2.35)$$

3. Максимальдық мәні,  $y_{max}$ ,  $y_{ss}$  және  $\xi$  қолдана отырып:

$$y_{max} = y_{ss} \cdot \left(1 + \frac{P_{ov}}{100}\right) = 1.4 \quad (2.35)$$

4. Тербеліс дәрежесі,

$$\mu = \frac{\Omega_d}{\sigma} = \frac{0.198}{0.13} = 1.44\% \quad (2.36)$$

5. Тербеліс жиілігі,

$$\Omega_{osc} = \Omega_n \cdot \sqrt{1-\xi^2} = 0.199\sqrt{1-0.42} = 0.14c. \quad (2.37)$$

6. Бірінші максимумға жету уақыты,

$$T = \frac{\pi}{\omega_n \cdot \sqrt{1-\xi^2}} \quad (2.38)$$

7. Өнімділік және тұрақтылық дәрежесі,

$$\eta = |\sigma_{max}| = 21.2. \quad (2.39)$$

Кесте 2.5 – Тұйық жүйенің сапасын бағалау

	№	Саба бағалау		Тіке	Жанама	Талаптарға сәйкес
Негізгі	1	Реттеу уақыты (Settling time)	$T_{set}$	31.1	31.34 с	Сәйкес келеді
	2	Қайта реттеу(Overshoot)	$P_{OV}$	80.4%	62 %	Сәйкес келмейді
	3	Тербеліс саны	$M$	7	1	Сәйкес келмейді
	4	Тербеліс (Oscillation)	$M$	65.36	48.2	Сәйкес келмейді
	5	Тербеліс жиілігі(oscillation frequencies)	$\omega_{osc}$	2 с	0.14 с	Сәйкес келмейді
Қосымша	6	Бірінші максимумға жету уақыты (peak time)	$T_p$	1.44 с	20.8 с	Сәйкес келмейді
	7	Өсу уақыты(rise time)	$T_R$	0.65 с	0.436 с	Сәйкес келеді
	8	Әлсіреу декреті	$X$	1.355		

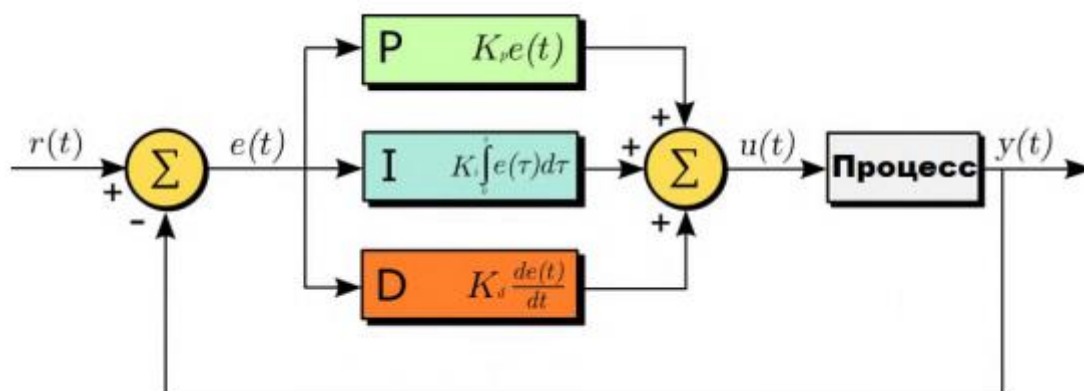
Қорытынды: 2.5-кестеде келтірілген сапа бағалауларын талдау жүйеде шамадан тыс реттеу, тербеліс, тербеліс саны, тербеліс жиілігі және бірінші максимумға жету уақыты сәйкес келмейтінін көрсетеді. Сондықтан N-реттегішті пайдалану қажет.

## 2.5 Пешті басқару жүйесінің реттегішін әр түрлі әдістермен синтездеу

Реттегіштердің ең көп таралған түрі-PID реттегіші, ол өзінің қарапайымдылығымен, түсінікті жұмыс принципімен, қол жетімді құнымен және өндірістің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылуымен ерекшеленеді. PID пропорционалды интегралды туынды дегенді білдіреді, бұл оның негізгі жұмысын көрсетеді.

Пропорционалды байланыс кіріс сигналы мен сәйкессіздік сигналы арасындағы сәйкессіздікті ескере отырып, жүйенің жылдамдығын басқару үшін арнайы жасалған. Интегралдық байланыс, керісінше, жүйенің дәлдігін жақсарту үшін сәйкессіздік сигналын біріктіруді қамтиды. Дифференциалды байланыс сәйкессіздік сигналының туындысын бағалау арқылы жүйенің әлсіреуін азайтуда шешуші рөл атқарады. Демек, сәйкессіздік сигналы  $e(t)$  сапаның жан-жақты

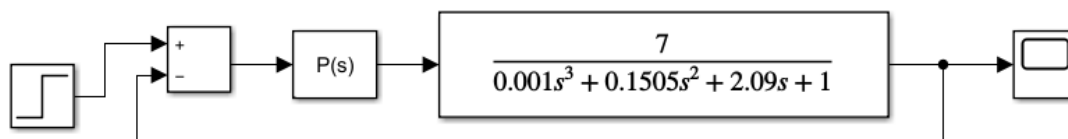
көрсеткіші ретінде қарастырылуы мүмкін. PID реттегішінің схемасы 2.17-суретте көрсетілген.



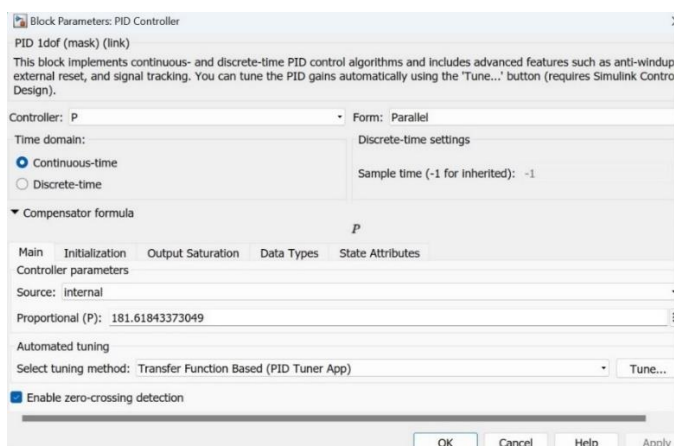
2.17 - сурет - Процессті PID-реттегіш арқылы синтездеу

Тұйық жүйе үшін реттегішті синтездеуді жеңілдету үшін Simulink-тің "АВТО-Параметрлер" функциясын қолдана аламыз. Төменде біздің электр пешіміз үшін арнайы жасалған реттегіштің әртүрлі схемалары мен синтез нәтижелері берілген.

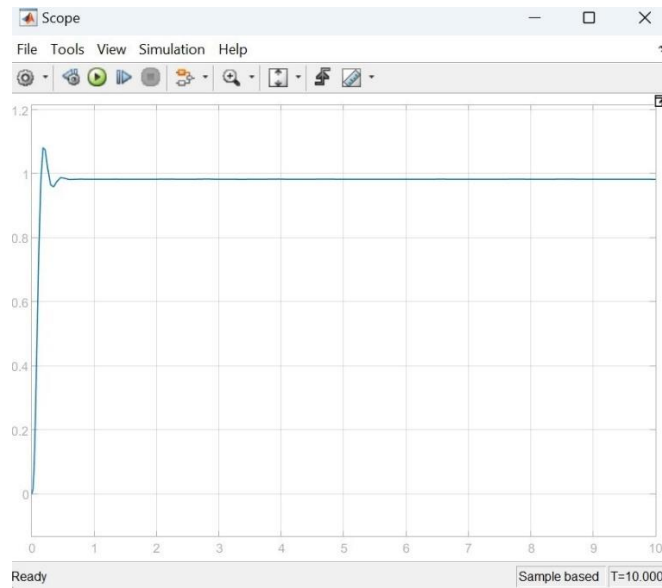
Simulink - дегеніміз бұл MatLab-қа біріктірілген пакет, схемалық құрылымдарды автоматтандыруды қоса алғанда, электр тізбектерін құрастыру және виртуалды тестілеу платформасын ұсынады. Simulink жоғары тиімді шешімді ұсына отырып, диаграммадағы ең оңтайлы көшу процесін есептеу және көрсету арқылы PID реттегіштерін автоматты түрде теңшеу мүмкіндігіне ие.



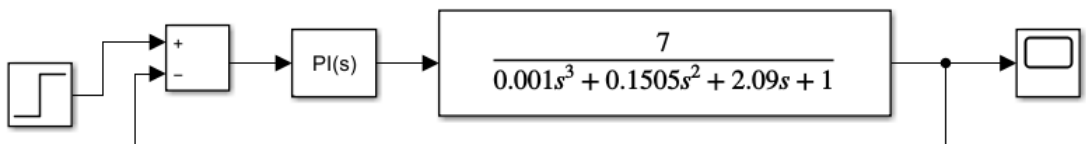
2.18 - сурет - Процессті P-реттегіш арқылы синтездеу



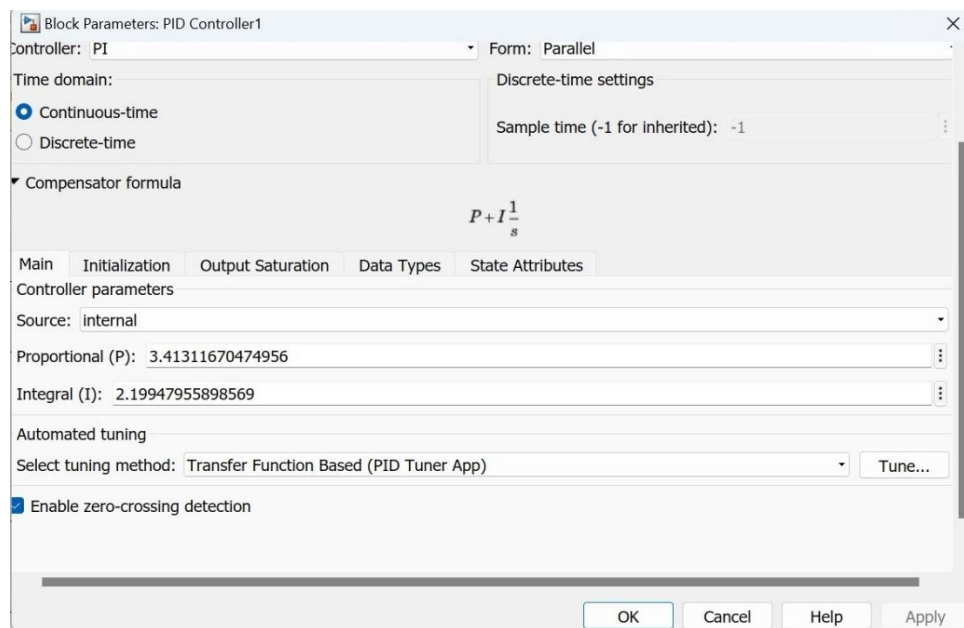
2.19 - сурет - P коэффициент мәні



2.20 - сурет - P-реттегіш ситез нәтижесі

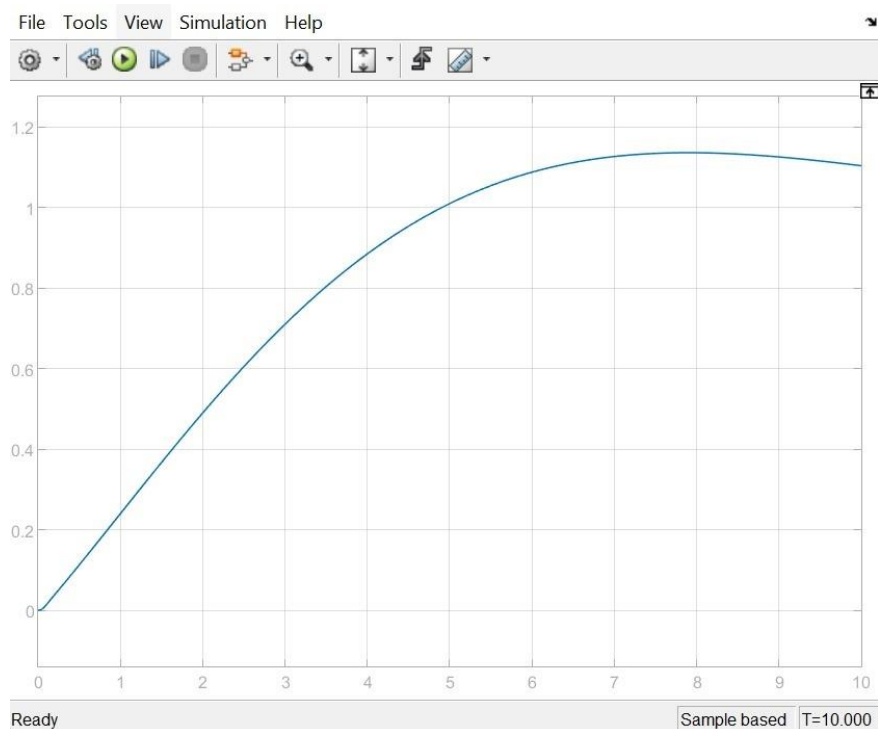


2.21 - сурет - Процессті PI-реттегіш арқылы синтездеу

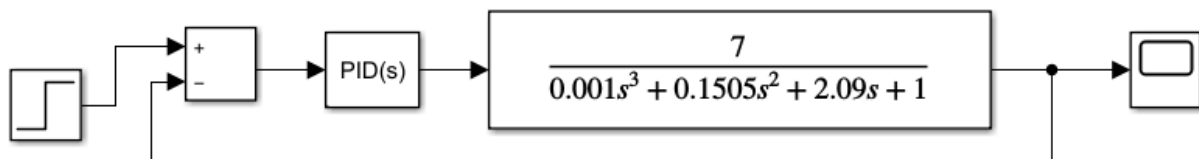


2.22 - сурет - PI коэффициентер мәні





2.23 - сурет - PI-реттегіш синтез нәтижесі



2.24 - сурет - Процессті PID-реттегіш арқылы синтездеу

Compensator formula

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

Main Initialization Output Saturation Data Types State Attributes

Controller parameters

Source: internal

Proportional (P): 4.38295560176596

Integral (I): 1.91073701218989

Derivative (D): -0.684842992660938

Use filtered derivative

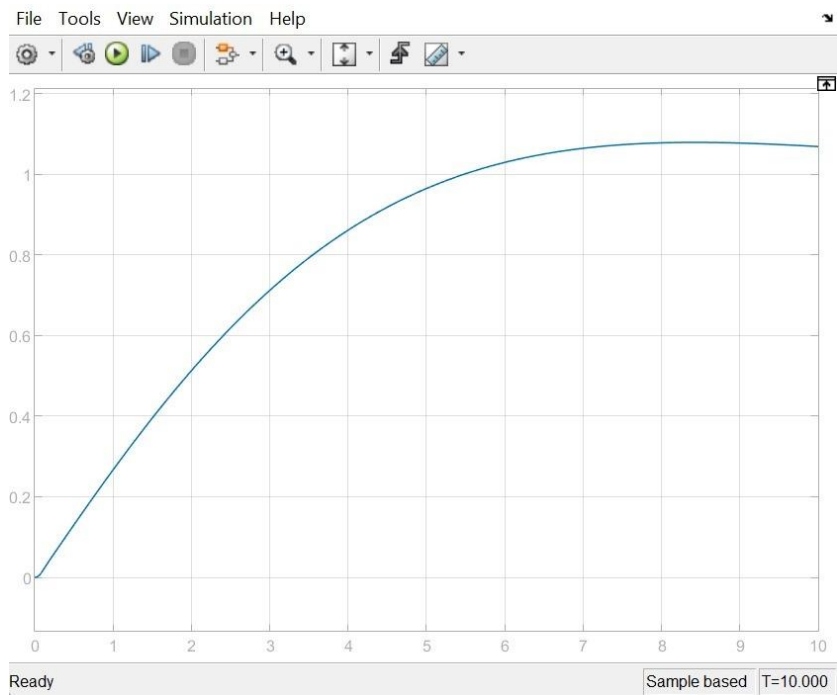
Filter coefficient (N): 0.391847731710898

Automated tuning

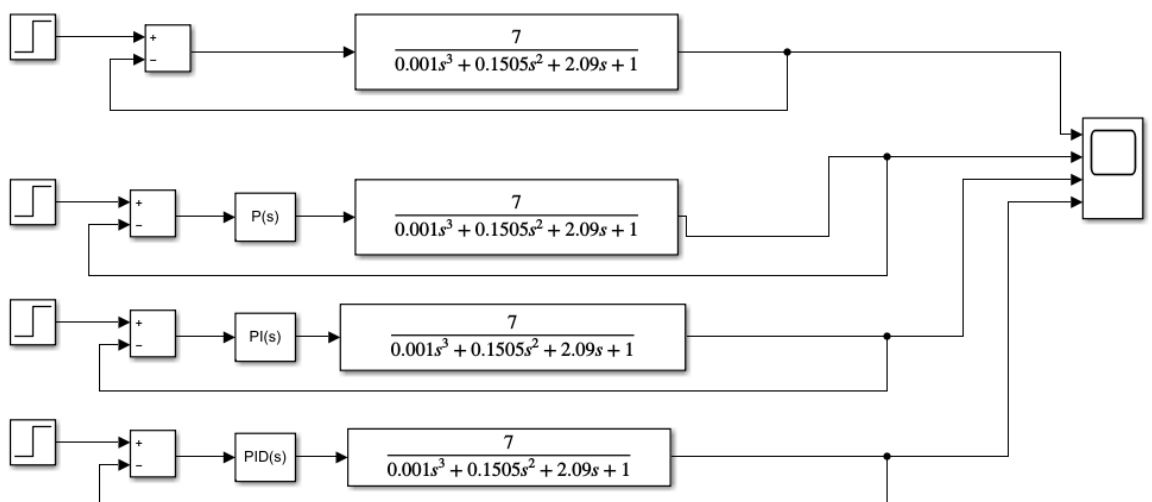
Select tuning method: Transfer Function Based (PID Tuner App) Tune...

Enable zero-crossing detection

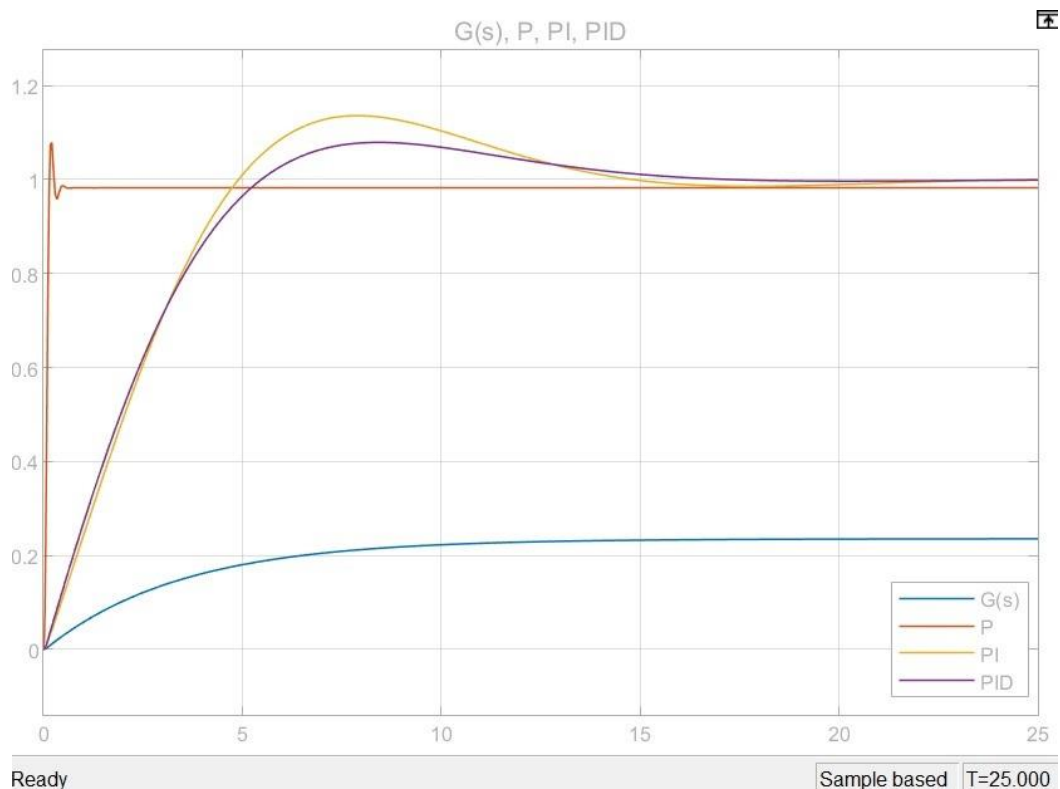
2.25 - сурет - PID коэффициентер мәні



2.26 – сурет - PID-реттегіш синтез нәтижесі



2.27 - сурет - Процессті реттегіштер арқылы синтездеу



2.28 - сурет - Реттегіштермен ситез нәтижелері

2.28 – суретке сүйене отыра, бірнеше қорытынды жасауға болады.

Жүйеде Р-реттегішті пайдалану жүйенің дәлдігін төрт есе арттыра отырып, қолайлы нәтижелер берді. Алайда, шамасы жағынан едәуір үлкен болатын айқын ауытқулар мен асып кетулердің болуын мойындау маңызды. Осы жақсартуларға қарамастан, жүйе әлі де қажетті дәлдік деңгейіне жете алмайды.

PI реттегішін енгізу жұмыс процесінің ауытқуын болдырмай, жүйенің дәлдігін арттырды. Алайда, асып кету әлі де бар және реттеу уақыты шамамен 18 секундты құрады.

PID реттегішін қосу тербелістерді тиімді жою арқылы жүйенің дәлдігін одан әрі арттырды. Сонымен қатар, Pi реттегішімен салыстырғанда асып кету азайып, реттеу уақыты шамамен 16 секундқа дейін қысқарды.

Жоғарыда келтірілген тұжырымдарға сүйене отырып, PID-реттегіші біздің электр пешіміз үшін реттегіш ретінде таңдалды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бірінші тарауда болат өндірісіне қатысатын кезеңдерді терең талдауды қамтитын электр балқытудың технологиялық процесін зерттеу ұсынылды. Сонымен қатар, бұл тарауда болат өндірісінде қолданылатын техникалық шешімдер мен әртүрлі технологиялық әдістерге жан-жақты баға берілді. Сонымен қатар, қазіргі болат балқыту пешіне қатысты құрылымдық аспектілердің егжей-тегжейлі сипаттамасы берілді.

Екінші тарау құрылымдық сұлбаны әзірлеуге және төртінші ретті апериодты беру функциясы ретінде арнайы ұсынылған пештің математикалық моделін алуға арналған. Пешті басқарудың автоматтандырылған жүйесінің динамикалық қасиеттерін талдау арқылы тұрақтылықты бағалау бірнеше тәсілдерді, соның ішінде Ляпуновтың бірінші әдісін, хурвицтің тұрақтылық критерийін және Найквист критерийін қолдана отырып жүргізілді. Тұйық жүйені зерттеуге Ляпуновтың бірінші әдісін қолданған кезде жүйенің тұрақты екендігі анықталды, өйткені барлық полюстерде теріс нақты бөліктер бар. Гурвиц критерийі ашық жүйенің тұрақтылық шекарасында екенін көрсетті, өйткені бір анықтаушы фактор нөлге тең. Найквистің тұрақтылық критерийін қолдана отырып, тұйық жүйенің де тұрақтылық шекарасында екендігі байқалды. Бұл тұжырым Ляпунов теоремасымен расталады, онда ашық жүйе тұрақтылық шекарасында, ал ашық жүйенің АФС (амплитудалық-жиілік реакциясы) арнайы нүктеден өтеді (-1,0 дж).

Модельдеу процесінде пештің технологиялық процесін басқарудың автоматтандырылған жүйесі шеңберінде өтпелі процестің сапасын бағалау алынды. Процесс сапасының осы бағалауларын талдау шамадан тыс реттеу, тербеліс, тербеліс саны, тербеліс жиілігі және бастапқы максимумға жету уақыты тұрғысынан сәйкессіздіктерді анықтады. Қажетті талаптардан бұл ауытқулар интеллектуалды технологияға негізделген реттегішті синтездеуге бағытталған есепті, атап айтқанда генетикалық алгоритмді қолдануды талап етті.

## ПАЙДАЛАНЫЛҖАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Каганов В.Ю., Блинов О.М., Беленький А.М. Автоматизация управления металлургическими процессами: Учебник. – М.: Металлургия, 1974. – 416б.
- 2 Глинков Г.М., Климовицкий М.Д. Теоритические основы автоматического управления металлургическими процессами: Учеб. пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1985. – 304б.
- 3 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. С - П.: Профессия., 2004. – 752б.
- 4 Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 71бс.
- 5 Воронов А.А. Теория автоматического управления Часть первая "Высшая школа", 1986. – 377б.
- 6 Мусаев А.А. Интеллектуальный анализ данных: учебное пособие. - СПб.:СПбГТИ(ТУ), 2018. – 56б.
- 7 Вороновский Г.К., Михатило К.В., Петрашев С.Н. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности. - Х.: ОСНОВА, 1997. – 112б.
- 8 Панченко Т.В. Генетические алгоритмы. – Астрахань: Астраханский университет, 2007.– 87б.
- 9 Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие / А.П.Карпенко.-2-изд. - Москва: Издательство МГГУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 446б.
- 10 Dorf R.C., Bishop R.H. Modern Control Systems. 12th Edition, Prentice Hall, 2008.
- 11 Zhang M., Zhang B., Zhang Y. Bio-Inspired Meta –Heuristics for Emergency Transportation Problems // Algorithms. – 2014. – 7. – pp. 15-31.
- 12 Al-Enezi J.R., Abbod M.F., Alsharhan S. Artificial immune systems – Models, algorithms and applications // IJRRAS. – 3(2). -2010. –pp. 118-131.
- 13 Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.К. Поисковая адаптация: теория и практика. – М.: Физматлит, 2006 – 272б.
- 14 Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2006. – 320б.
- 15 Скобцов Ю.А. Основы эволюционных вычислений. – Д.: ДонНТУ, 2008. – 326б.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ  
ШІКІРІ**

Дипломдық жоба үшін

Ботаев Дулат Қайрбекұлы

6B07103 – Автоматтандыру және роботтандыру

Тақырыбы: Доғалы болат балқыту пешін автоматтандырылған басқару жүйесін әзірлеу

Дипломдық жобада доғалы болат балқыту пешін автоматтандырылған басқару жүйесін әзірлеу қарастырылып, технологиялық процесс сипатталып, жан – жақты зерттелген.

Дипломдық жоба екі негізгі бөлімнен тұрады, олардың әр қайсысында таңдалған тақырыптың өзектілігі егжей-тегжейлі баяндалған.

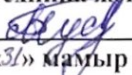
Технологиялық бөлімде заманауи доғалы болат балқыту пешінің құрылымдық аспектілерін жан-жақты талдау, сондай-ақ болат өндірісінің әртүрлі кезеңдерін қарастыруды қамтитын технологиялық процесті зерттеу қарастырылған.

Есеп бөлімде: пештердің технологиялық процесін (ТП) автоматтандырылған басқару жүйесін (АБЖ) модельдеуге арналған. Matlab ортасын қолдана отырып, пешке арналған ашық және тұйық басқару жүйелерінің модельдері жасалған және олардың нәтижелері зерттелген. ТП АБЖ пештерінің динамикалық өнімділігіне талдау жасай отырып, бірінші Ляпунов әдісі мен Найквист критерийін қолдана отырып, тұрақтылықты бағалау жүргізілген.

Студент Ботаев Д.Қ. дипломдық жоба орындау барысында өзінің еңбекқорлығын, тиянақтылығын көрсете білді.

Студент дипломдық жобаны жасауда өздігінен жұмыс істеу қабілетін көрсете алды. Ботаев Дулат Қайрбекұлы алдына қойған инженерлік есептерді шеше алатынын, әдебиеттермен жұмыс істей алатынын көрсетті. Студент Ботаев Дулат Қайрбекұлы 6B07103 – «Автоматтандыру және роботтандыру» оқу бағдарламасы бойынша техника және технологиялар бакалавры біліктілігіне сай деп ұсынамын.

**Ғылыми жетекші**  
**«Автоматтандыру және басқару» кафедрасының**  
**техника және технологиялар магистрі, аға оқытушы**

  
Мүсілімов Қ.Б.

«31» мамыр 2023 ж.



## 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:** Ботаев Дулат Қайрбекұлы

**Название:** Доғалы болат балқыту пешін автоматтандырыған басқару жүйесін әзірлеу

**Координатор:** Сарсенбаев Н.С.

**Коэффициент подобия 1:** 7.17%

**Коэффициент подобия 2:** 1.87%

**Замена букв:** 16

**Интервалы:** 7

**Микропробелы:** 9

**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: 7.17% и Коэффициент подобия 2: 1.87%. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед комиссией.

«31» мая 2023 г.

Дата

Подпись Научного руководителя



**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:** Ботаев Дулат Қайрбекұлы

**Название:** Доғалы болат балқыту пешін автоматтандырыған басқару жүйесін әзірлеу

**Координатор:** Сарсенбаев Н.С.

**Коэффициент подобия 1:** 7.17%

**Коэффициент подобия 2:** 1.87%

**Замена букв:** 16

**Интервалы:** 7

**Микропробелы:** 9


**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: 7.17% и Коэффициент подобия 2: 1.87%. 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