

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

Асан Алина Нұржанқызы

«Сары фосфорды электрлі балқыту процесін автоматтандыру»

Дипломдық жобаға
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА


6B07103-Автоматтандыру және роботтандыру

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 «Сары фосфорды электрлі балқыту процесін автоматтандыру»

6B07103 - «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығы

Орындаған:

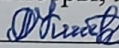
Асан Алина Нұржанқызы

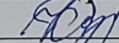
Рецензент:

Ғылыми жетекші:

техника ғылымдарының
магистры, лектор

техника ғылымдарының
магистры, аға оқытушы

 Кунтунова Л.С.

 - Г.Е. Куандықова

«02» 06 2023 ж

«25» 05 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.

2023 ж.



**Дипломдық жобаны дайындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Асан Алина Нұржанқызы

Жобаның тақырыбы: «Сары фосфорды электрлі балқыту процесін автоматтандыру»

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

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «6» 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

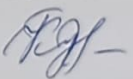
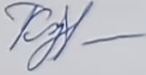
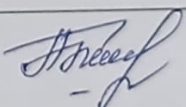
Жұмыс презентациясы ___ слайдтарда көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 17 атаулардан тұрады.

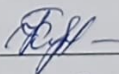
Дипломдық жобаны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Технологиялық бөлім	15.03.23	
Арнайы бөлім	15.05.23	

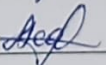
Аяқталған дипломдық жоба үшін, оған қатысты бөлімдердің жобасын көрсетумен,
кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Қуандықова Г.Е., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы	20.03.23	
Арнайы бөлім	Қуандықова Г.Е., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы	22.05.23	
Норма бақылаушы	Жеңіс А.Б., техника ғылымдарының магистрі, ассистент	25.05.2023	

Ғылыми жетекшісі

 — Қуандықова Г.Е.

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы

 — Асан А.Н.

Күні

« 28 » қараша 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жобаның тақырыбы: “Сары фосфорды электрлі балқыту процесін автоматтандыру”.

Дипломдық жұмыс екі бөлімнен тұрады: технологиялық бөлім және арнайы бөлім.

Дипломдық жұмыстың технологиялық бөлімінде өндірістің ортақ мінездемесі, кен термиялық пештің құрылысы қарастырылған.

Дипломдық жұмыстың арнайы бөлімінде фосфорды өндіріу процесін автоматты басқару, сары фосфордың өндірілуі, MATLAB бағдарламасында сары фосфорды балқытуға арналған пештің АБЖ ТП модельі құрылды.

Жобада сондай-ақ Жамбыл Облысы, Тараз қаласының территориясына жататын ЖШС “Казфосфат” кен орнынан сары фосфорды алу, технологиялық өндірістің сегіз шихта жасайтын станциялардан және төрт технологиялық жолдарынан, фосфорды алудың әрбір технологиялық жолы, фосфорлы электр пеші және пеш газының екі қарама-қарсы тазарту жүйелерінен тұратын бөлімдер көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломного проекта: "автоматизация процесса электроплавления желтого фосфора".

Дипломная работа состоит из двух частей: технологического раздела и специального раздела.

В технологической части дипломной работы рассмотрена общая характеристика производства, устройство рудотермической печи.

В специальном разделе дипломной работы создано автоматическое управление процессом производства фосфора, переработка желтого фосфора, модель ТП АСУ печи для плавления желтого фосфора в программе MATLAB.

В проекте также указаны разделы, состоящие из извлечения желтого фосфора с месторождения “Казфосфат” ТОО, относящегося к территории города Тараз Жамбылской области, восьми шихтовых станций и четырех технологических путей технологического производства, каждого технологического пути получения фосфора, двух противоочищающих систем фосфорной электропечи и печного газа.

ANNOTATION

The topic of the graduation project: "automation of the process of electric melting of yellow phosphorus".

The thesis consists of two parts: a technological section and a special section.

In the technological part of the thesis, the general characteristics of production, the device of the ore-thermal furnace are considered.

In a special section of the thesis, automatic control of the phosphorus production process, processing of yellow phosphorus, a model of a TP automated control system for melting yellow phosphorus in the MATLAB program was created.

The project also specifies sections consisting of the extraction of yellow phosphorus from the Kazphosphate deposit of LLP, belonging to the territory of the city of Taraz, Zhambyl region, eight charge stations and four technological ways of technological production, each technological way of obtaining phosphorus, two anti-cleaning systems of phosphoric electric furnace and furnace gas.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Технологиялық бөлім	8
1.1 Өндірістің ортақ мінездемесі	8
1.2 Шикізат қоры және оның сипаттамасы	9
1.3 Шығарылатын сары фосфордың мінездемесі	10
1.4 Фосфордың физика-химиялық қасиеті	12
1.5 КДЖ-80Ф-М1 пешінің құрылысы	16
1.6 Электр пешінің реакциялық кеңістігінің құрылымы.	20
2 Арнайы бөлім	23
2.1 Фосфорды өндіру процессін автоматты басқару	23
2.2 Пештегі балқыту процесі	24
2.3 Фосфорды электр пешіне айдау	25
2.4 Электр пешінде фосфорды алу	27
2.5 Фосфорлы пеште шихтаның құрастырылуы және жүктелуі	28
2.6 Пештегі электрсүзгілері арқылы газдың тазартылуы	30
2.7 Пеш газындағы сары фосфордың конденсациясы	33
2.8 Сары фосфорды балқытуға арналған пештің АБЖ ТП салу	35
2.8.1 Ашық және жабық жүйенің орнықтылығын анықтау	40
2.8.2 Басқару жүйесінің сапа көрсеткіштерін бағалау	42
2.8.3 Басқару жүйесіне арналған реттегіш синтезі	44
2.8.4 Синтез әдістерін салыстырмалы талдау	51
2.9 Tia Portal бағдарламалау кешенінде визуализацияны жүзеге асыру	53
Қорытынды	57
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	58
Қысқартылған сөздер тізімі	59

КІРІСПЕ

Сары фосфор кен өндірісінің технологиясы ең қиын процестердің бірі болып табылады. Оның көптеген себептері бар. Негізгі себептерінің бірі кеннің физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты. Осыған байланысты фосфор кенінің физикалық қасиеті де ерекше.

Жұмыстың мақсаты: балқытудың электр және жоғары сапалы сары фосфор концентратының өнімділігін жоғарлату жобаның алға қойған негізгі мақсаты болып табылады.

Тақырыптың өзектілігі: “Казфосфат” ЖШС ТМД-дағы фосфор, ортофосфор қышқылын, триполифосфат натрий және фосфор тыңайтқышын өндіретін бірден бір әрі ірі өндіруші болып табылады. Техникалық-экономикалық деңгейі бойынша өндірістің дәрежесі бірінші болып табылады. Сондықтан бұл процесті автоматтандыру және оңтайландыру міндеті қазіргі уақытта өзекті.

Қазақстан Республикасы Жамбыл облысының ЖШС “Казфосфат” өндірісінің барлық жобасы бағындырылған және жоғары сапалы сары фосфор концентратының өнімділігін жоғарлату өндіріс орынының алға қойған негізгі мақсаты болып табылады.

Осы мақсат арқылы сары фосфорды неғұрлым комплексті пайдаланып, оны қазып алудан бастап, өңдеу технологиясының барлық сатыларын жетілдіріп, әсіресе байыту технологиясын жан-жақты зерттеп, әліде болса пайдаланылған мүмкіншіліктерді іс жүзінде асыру нәтижесіне жетуге болады.

Бүгінде “Казфосфат” ЖШС ТМД-дағы фосфор, ортофосфор қышқылын, триполифосфат натрий және фосфор тыңайтқышын өндіретін бірден бір әрі ірі өндіруші болып табылады. Қазір, облыстың химия кәсіпорындарында 6 мыңға жуық адам жұмыс істейді. Серіктестік өнімінің 90 пайызынан астамы экспортқа шығарылады. Кейінгі кезде осында химия өнімдерінің 20 түрі өндіріледі. Олар әлемнің 27 мемлекетінен жөнелтіледі [1].

Қазіргі уақытта дүние жүзілік фосфор өндірісінде объективті түрде күшіне енгізу өте ертетден қалыптасқан үйлеспеушілік жағдай, сары фосфорды шығару ұлғайғанда шикізат бағасы үнемі төмендеуде және сапасы төмендеуде болды. Ал концентраттар алынатын өнімдер нашарлауда. Өнім өндіретін кен машиналары барған сайын күшейуде.

Жобада технологиялық өндірістің сегіз шихта жасайтын станциялардан және фосфорды алудың төрт технологиялық жолдарынан тұрады. Фосфорды алудың әрбір технологиялық жолы, фосфорлы электр пеші және пеш газының екі қарама-қарсы тазарту жүйелерінен тұрды. Технологиялық процестерді автоматтандыру жүйесінде орталықтанған аппаратты программалық комплекс болып табылатын компьютермен басқару жүйелері. Осы жүйені жасаудың мақсаты технологиялық процестерді автоматты бақылау және басқару, технологиялық режимдердің істен шығу себептерін анықтау, технологиялық құрылғыларды қауіпсіз және ұзақ мерзім пайдалану болып табылады [1].

1 Технологиялық бөлім

1.1 Өндірістің ортақ мінездемесі

Өндірістің аты: “Фосфоры бар шикізаттан сары фосфорды өндіру цехы”. Пайдалануға берілген уақыты– 1982 жыл. Өндірістің жобалық қуаты – жылына 120000 тонна фосфор.

Технологиялық өндіріс сегіз шихта жасайтын станциялардан және фосфорды алудың төрт технологиялық жолдарынан тұрады.

Фосфордың алынуының әрбір технологиялық жолы, фосфорлы электр пеші және пеш газының екі қарама-қарсы тазарту жүйелерінен тұрды.

Фосфордың алынуының барлық жолдары кен термиялық фосфорлы пештерімен және электрофилтрлерімен жабдықтарынан тұрады.

Өндірістің әдісі – руднотермикалық. Руднотермикалық пештердегі кремнезем қатысуымен фосфат көміртегін қалпына келтіру.

“Казфосфат” ЖШС ТМД-дағы фосфор, ортофосфор қышқылын, триполифосфат натрий және фосфор тыңайтқышын өндіретін бірден бір әрі ірі өндеруші болып табылады. Қазір, облыстың химия кәсіпорындарында 6 мыңға жуық адам жұмыс істейді. Серіктестік өнімінің 90 пайызынан астамы экспортқа шығарылады. Кейінгі кезде осында химия өнімдерінің 20 түрі өндіріледі. Олар әлемнің 27 мемлекетінен жөнелтіледі [1].

Технологиялық жобаның бір бөлігі Гипрохим және гипрогазтазалау Зығыр институты, Ленинград қаласы орындаған.

КДЖ электр пештерінің жобасы - Внииэто, Москва қаласы институтпен орындаған.

Құрылыс бөлігінің жобалаушылары: "Проектстальконструкция" Гипрохим және Зығыр институттары.

Техникалық-экономикалық деңгейі бойынша өндірістің дәрежесі бірінші болып табылады.

Блоктардың жарылғыштығы жағынан дәрежесі екінші орында.

Жабдықтың қуаты 120000 т фосфор егдені, өндірістің толық жобалық қуатының жанында, электрод массасындағы қажеттікті қамтамасыз етеді.

Бөлімшенің пайдалануға енгізілген уақыты - 1978 жыл.

Электрлі фосфорды балқыту пеші тиісті күш беретін электр жабдығы бар қуаты үш фазалық агрегат болып табылады. Жоғары температуралы доғалар керек температураға дейін шихтаның балқуы және ваннаның қыздыруларын қамтамасыз етеді [3].

КДЖ түріндегі пештің фосфорқұрамдас шикізаттың өндіріліп алынуы жабулы үш фазалық руднотермикалық пешке фосфорды айдауы (№5-8-ші пеш). Фосфорлы пештің қабырғалық блокттері және жер асты көмір блокттерімен, пеш қабының жоғарғы бөлігі графиттелген блокттермен айнала футерлеген [2].

Фосфор бес тотығының негізгі шикізаты: Апатит және фосфорит кені, бұл кеннің дүние жүзіндегі негізгі қоры Қазақстанда. Еліміздегі үлкен кәсіп орыны болып Қаратау және Шилісай кен орындары саналады. Өндіру және өңдеу

әдістері ол кендердің жер астында орналасуына және химиялық, минералдық құрамына тікелей байланысты. Негізінде Қаратау бассейнінде фосфорит кендері екі түрге бөлінеді:

- құрамында керексіз карбонат (доломит, кальцит) минералдары көп мөлшерде;

- құрамында завод қоятын талаптардан аталған минералдардың мөлшері жоғары емес.

Осыны ескере отырып, бұл кенді байыту үшін 2 түрлі технологиялық схема қолданылады:

- толық карбонатты – фосфатты байыту схемасы;

- тікелей фосфорит минералдарын бөліп алу схемасы.

Соңғы кездері байыту фабрикасына келетін кеннің құрамында керексіз карбонат минералдарының мөлшері қойылатын технологиялық талаптардан жоғары емес. Сондықтан жобаланған байыту фабрикасының тікелей Фосфорит флотациясынан тұрады [2].

“Казфосфат” кен байыту фабрикасы – химия комбинатының құрамына кіреді. фосфорит кеніштері Қаратау тау бөктерінде орналасқан. Ол Жамбыл және Шымкент облысының территориясын қамтиды. Жалпы ауданы 113км, солтүстік батысқа қарай созылған. Шолақтау шахтасы Билікөл көлінен 30км жерде. Фабриканы сумен қамтамасыз ету үшін Тамды өзені су көзінің бірі болып табылады [1].

1.2 Шикізат қоры және оның сипаттамасы

“Казфосфат” кен орнының қоры өндірістік қоры ТМД – ның барлық фосфор кен қорының 31,1%-тін құрайды. “Казфосфат” кеніндегі P_2O_5 мөлшері бойынша – 65,6%. Бассейіндегі негізгі қордың шоғырланған орындар: Жаңатас, Ақсай, Көкжал, Көксу және Шолақтау.

Сапалы кен (P_2O_5 - 28,7%) және одан жоғары, химиялық жолмен өңделеді де, таза сары фосфор алынады. Өте бай кен Жаңатас, Көкжал, Көксу кен орындарының жоғары қабатына орналасқан.

“Казфосфат” бассейнінің фосфорит кенін іздейтін кен байыту фабрикасы жұмыс істейді.

Ол өңдейтін кеннің құрамы пайдалы минералдардан тұрады, және P_2O_5 – 17% ін құрайды.

Фосфорит негізінен ірі түйіршіктерден тұрады, 30 – 200мкм. Оның құрамында карбонат және кварцпен тығыз қабысқан фосфат кездеседі. Оның ірілік мөлшері 0,05 – 0,15мм .

Зиянды қоспалар түрі төмендегідей болып келеді:

- карбонаттар кальцит түрінде, түйіршік шамасы 0,05мм және доломит түйіршік шамасы – 0,03 – 0,15мм түрінде кездеседі;

- кварц таза күйінде, сондай-ақ фосфатпен және карбонатпен қабысқан

түрінде түйіршік ірілігі – 0,03мм – ге дейін жетеді.

Кенді байыту негізгі әдістері ретінде флотация қолданылған. Байытуға дайындау процестері төмендегідей болып келеді:

- ұсату (елеусіз) ҰКҰ-3000 ұсатқышы қолданылады;
- КСҰ-2200 қолданылады, ұсату алдында қозғалмалы қолданылады.

Ірілігі 15мм ге дейін ұсатылған кен шарлы диірменге түседі, құмы диірменге қайтып түседі де, ағызынды құмындағы өте майда түйіршіктерді бөліп тастау үшін (5 10мкм) қойылтқышқа жөнелтіледі. Оның нәтижесінде пульпа екі өнімге бөлінеді (құм және ағызынды) . Бұл екі класс бір бірімен бөлек байыту процестеріне жөнелтіледі. Әр цикл негізгі, бақылау және тазалау флотациялық операциядан тұрады.

Құм флотациясының 3-ші тазалау операциясының және майда класс-флотациясының 2-ші тазалау флотациясының көбікті өнімдері дайын концентрат болып саналады да, ал олардың бақылау операциясының камералық өнімі қалдық түрінде шығады.

Сондай-ақ фабриканың технологиялық схемасына қосалқы процестер кіреді: қойылту, сүзу және кептіру. Алынған құрғақ концентрат арнайы қоймаларға жеткізіліп әр түрлі тыңайтқыштар алу үшін қолданатын шикізат ретінде заводтарға жөнелтіледі [5].

Байыту фабрикасы орналасқан аудан - климаттық белдеуге жатады .Ауа-райы өте құбылмалы, жылдық жауын - шашын мөлшері 220мм шамасында. Орта жылдық температура 10-12. Бұл ауданда жел әсері өте жоғары, оның орташа жылдамдығы 14-15 м/с, жел бағыты оңтүстік және солтүстік батысқа қарай еседі.

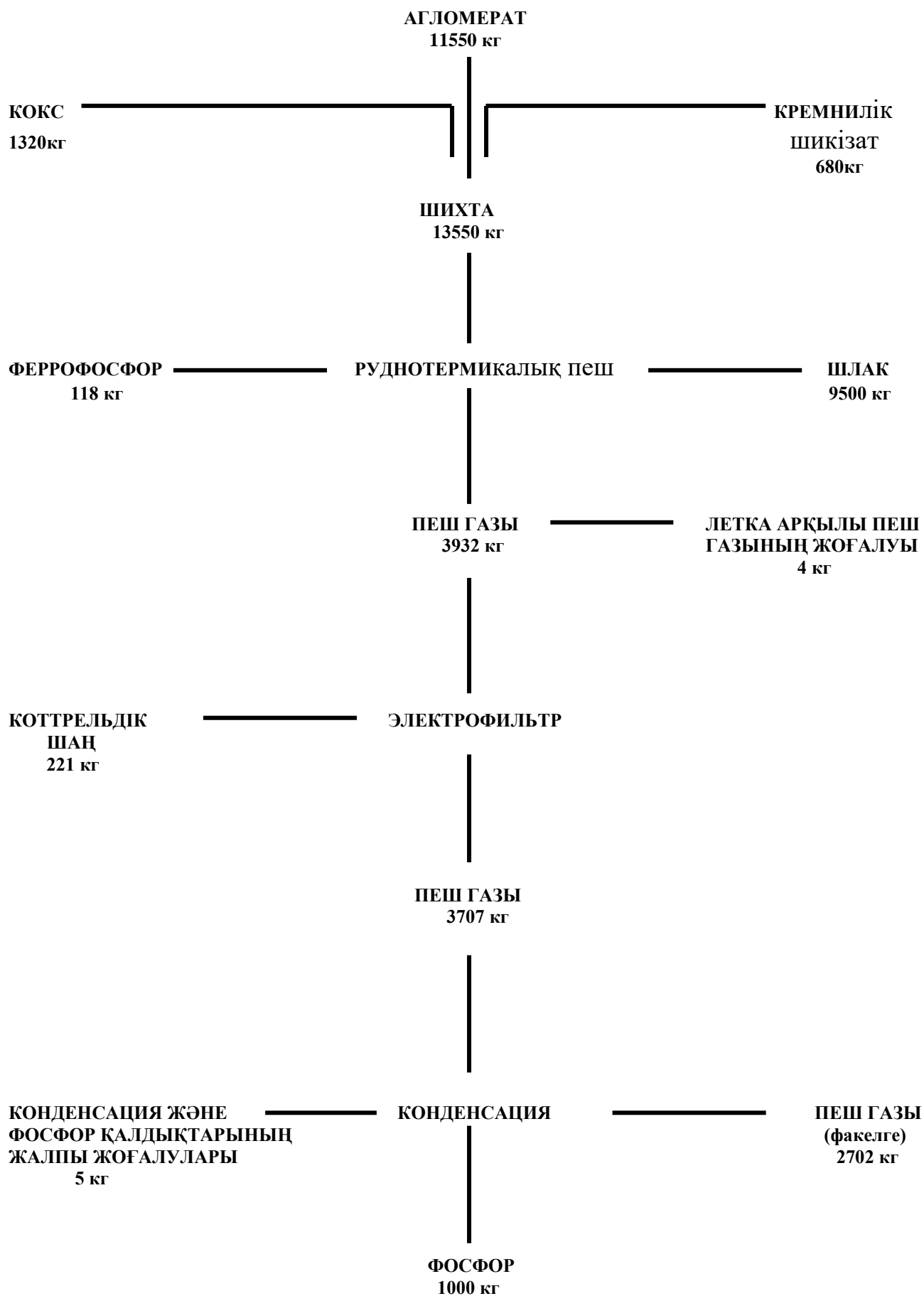
1.3 Шығарылатын сары фосфордың мінездемесі

Фосфорды өндіру кезіндегі жұмыстың жүйесін сипаттайтын негізгі технологиялық көрсеткіштермен бағаланады. Оларды өндіру кезіндегі фосфордың температурасы, фосфор құрамындағы физика - химиялық өнімдері жатады.

Маңызды тапсырмалардың бірі – фосфор өндіріс орнындағы фосфор ағындарын тез анықтау мен олардың алдын алу үшін жағдайлар жасау, сонымен қатар, автоматтық бақылау мен реттеудің жаңа техникалық құрылғыларын өндіру көмегімен фосфор өндіру процесін жетілдіру. Автоматтандырылған басқару жүйесін өндіру кезіндегі фосфор өнімдерінің бүтінділігі әсер етеді [4].

1.1 – суретте 1000 кг фосфорға жабдықтар балансының сызықтық схемасы келтірілген.

КДЖ түріндегі пеште сары фосфордың өндірілуі:



1.1 - сурет - 1000 кг фосфорға жабдықтар балансының сызықтық схемасы

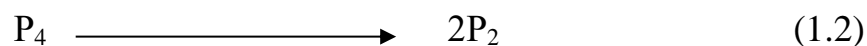
Техникалық аты – ГОСТ-8986-82 қа сәйкес келетін тауарлық сары фосфор келесі талаптарды қанағаттандыруы керек.

Кесте 1.1 - Фосфордың мінездемесі

№		Фосфордың маркасының нормалары	
		А	В
		ОКП 21 1241 0100	ОКП 21 1241 1200
1	2	3	4
1	Сырт пішіні	Ақшыл сары көк - сары түске масса парафинтекес	Көк - сары бұрғылы - жасыл түске масса парафинтекес
2	Фосфордың салмақтық үлесі, %, кемінде	99,9	99,5
3	Ерімейтін қалдықты салмақтық үлес, %, аспайтын - бензолда - күкірт көміртеkte	0,1 0,1	0,5 -
	Шламның салмақтық үлесі, %, аспайтын	жоқ	жоқ

1.4 Фосфордың физика-химиялық қасиеті

Химиялық формуласы – P_4 – 1073^0K (800^0) температураға дейін. 1073^0K (800^0) температурадан артық болса диссоциация басталады, молекуланың төрт атомы екі атомға айналады.



P_4 молекулалық салмақ - 123, 895.

Өндірісте технологиялық және өнімділіктің тепе-теңдігін жасау үшін және технологиялық жабдықтардың жұмысын жақсарту үшін дайын өнімнің сапасын бақылап отырады.

Байыту процесінің қандай да бір түйінінде жұмыс режимінің бұзылуы қандай болмасын дәрежеде зардабын тигізеді. Ол зардап өндірістің тоқтап тұруына алып келеді.

Кесте 1.2 - Фосфордың физикалық тұрақтылары

№	Көрсеткіштердің аты	Өлшем бірлік	Мөлшері
1	2	3	4
1	Берілген t° тығыздық: 293 К (20 $^{\circ}$ С) 318 К (44,5 $^{\circ}$ С) 333 К (60 $^{\circ}$ С) 343 К (70 $^{\circ}$ С) 353 К (80 $^{\circ}$ С)	кг/м ³ , (г/см ³) кг/м ³ , (г/см ³) кг/м ³ , (г/см ³) кг/м ³ , (г/см ³) кг/м ³ , (г/см ³)	1882 (1882) 1745 (1745) 1740 (1740) 1714 (1714) 1700 (1700)
2	Балқу температурасы	$^{\circ}$ К ($^{\circ}$ С)	317,1 (44,1)
3	Қайнау температурасы	$^{\circ}$ К ($^{\circ}$ С)	553,5 (280,5)
4	Тұтану температурасы а) ұсақ майдаланған фосфор б) тегіс беті фосфоркесектер в) соққы кезінде	$^{\circ}$ К ($^{\circ}$ С) $^{\circ}$ К ($^{\circ}$ С) $^{\circ}$ К ($^{\circ}$ С)	273 (1) 291 (1,8) 291 (1,8)
5	Балқу жылуы	Дж/кг (ккал/кг)	19678 – 22609
6	317,1 $^{\circ}$ К(44,1 $^{\circ}$ С) температурадағы булану жылуы	Дж/моль (ккал/моль)	56103 (13,4)
7	Температуралардың аралығындағы сызықты кеңейтуді термиялық коэффициенті: (273 - 317) $^{\circ}$ К (0-44) $^{\circ}$ С		$3,76 \cdot 10^{-4}$
8	Температуралардың интервалындағы меншікті жылу сыйымдылығы: (273 - 317) $^{\circ}$ К (0-44) $^{\circ}$ С (317-373) $^{\circ}$ К ((44-100) $^{\circ}$ С)	Дж/кг \cdot $^{\circ}$ К (ккал/г \cdot град)	741x10 - 33,5x10 (0,177 - 0,008) 893x10 - 89,3x10 (0,2133 - 0,213)
9	Қатты фосфордың меншікті электркедергісі: сұйық фосфордың меншікті электркедергісі:	Ом·м (Ом·см)	1,54·10 (154·10) 2,3·10 (23·10)
10	Температуралардағы меншікті электрөткізгіштік $^{\circ}$ К ($^{\circ}$ С):	Ом·м (Ом·см)	9·10 (9·10) 1,0·10 (1,0·10)

Фосфор булар түрінде пайда болады және пештен пеш газдары арқылы шығып кетеді.

Кесте 1.3 - Фосфордың дара салмағы температураларға байланысты

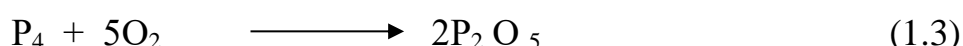
Температура °K (°C)	273 (0)	293 (20)	313 (40)	333 (60)	343 (70)	373 (100)	393 (120)
Меншікті салмақ кг/л	1,837	1,832	1,807	1,740	1,714	1,696	1,603

Техникалық сары фосфордың қалыпты температурада аморфты массасы қанық сары түстен ақшыл жасыл түске айналады, балауызды еске түсіреді. Сары фосфор ерітілмелі күйде - жылжымалы бейнелі сұйық.

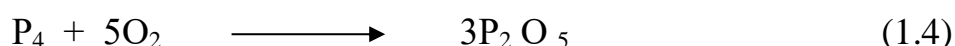
Кесте 1.4 - Еріткіштің 1 кг - іне сары фосфордың ерігіштігі

Еріткіш	Кг	Г
	Кгеріткіш	100 геріткіш
Су	$0,03 \cdot 10^{-3}$	0,003
Глицерин	$1,7 \cdot 10^{-3}$	0,17
Спирт	$2,5 \cdot 10^{-3}$	0,25
Эфир	$4,5 \cdot 10^{-3}$	0,45
Бензол	$15,0 \cdot 10^{-3}$	1,5
Күкірт көміртегі	$8,8 \cdot 10^{-3}$	880,0

Сары фосфор химиялық жолмен белсенді элемент сондықтан еркін күйде табиғатта кездеспейді. Фосфор ауаның оттегісімен белсене фосфорлы ангидрид құрастыра әрекеттеседі:



Ангидридке дейінгі сары фосфордың оттектің кемшілігінде қышқылданады:



Фосфор металлдармен қосылу қатарын береді, ең үлкен мәні фосфид деп аталатын:

- Ca₃ P₂ кальци фосфиды;
- Zn₃ P₂ цинк фосфиды;
- P F e₂ темір фосфиды.

Кесте 1.5 - Құрамында әр түрлі көміртектері бар өнімдердің негізгі мәліметтері

Атауы	Заттардың мазмұны, %					УЭС, Ом.м
	Ылғ	күл	ұшпа	көміртегі	күкр	
Нефтекокс	1,0	0,8	1,0	97,0	3,0	Белгісіз
Кокс Қызыл Жар	7,0	5,1	5,4	89,5	0,28	$21,98 \cdot 10^6$
Кокс жанғағы Жана ауыл	3,8	15,6	1,5	82,9	-	$1148 \cdot 10^6$
Коксжанғағы Караганда	0,3	18,9	3,4	77,7	2,0	$517,6 \cdot 10^6$
Антрацит Қызыл Сулин	0,4	12,8	1,9	85,3	1,8	$25,56 \cdot 10^6$
Кокс россиялық Коркино	0,5	15,4	1,4	83,7	0,5	$1291 \cdot 10^6$
Кокс жанғағы Ленинск – Кузнецкий	9,6	10,9	11,5	77,8	0,2	Тоқ нормаланбаған (өте аласа кедергі)
Күйген марканың электрод массасы						$80 \cdot 10^6$

Фосфор күкіртпен өте орнықты болатын қосулар түзеді:

- бескүкіртті фосфор – P_2S_5 ;
- біржарым күкіртті фосфор – S_3P_4 .

Негіздермен фосфорлы қосулардың жіктеуінде немесе сутегісі бар фосфордың қосулары фосфиндар құрастырады:



Сары фосфордың бірнеше аллотропты түрлендірулері болады. Фосфордың қыздыруында $553-613^{\circ}K$ ($280-340^{\circ}C$) ге дейін қызыл фосфор ауаның рұқсатынсыз пайда болады, қыздыруда $623^{\circ}K$ ($350^{\circ}C$) ге дейін ауаның рұқсатынсыз және сары фосфордың бірнеше мегапаскальдерінің қысымы қара түске өтеді.

Фосфорды өндіру кезіндегі жұмыстың жүйесін сипаттайтын негізгі технологиялық көрсеткіштермен бағаланады. Оларды өндіру кезіндегі фосфордың температурасы, фосфор құрамындағы физика-химиялық өнімдері жатады [1].

Өндірісте технологиялық және өнімділіктің тепе-теңдігін жасау үшін және технологиялық жабдықтардың жұмысын жақсарту үшін дайын өнімнің сапасын бақылап отырады.

Байыту процесінің қандай да бір түйінінде жұмыс режимінің бұзылуы қандай болмасын дәрежеде зардабын тигізеді. Ол зардап өндірістің тоқтап тұруына алып келеді.

Өндірісте сары фосфор өртке қауіпті, улы, жарылысқа қауіпсіз болып келеді.

1.5 КДЖ-80Ф-М1 пешінің құрылысы

Кентермиялық пештер сары фосфорды айдау процесінің негізгі агрегаттары болып табылады, оларда негізгі технологиялық процесс жүреді. ЖЖФЗ -да КДЖ-80Ф-М1 типті пештер пайдаланылады.

КДЖ-80Ф-М1-кентермиялық, дөңгелек, жабық, қуаты 80 Мвт/сағ, фосфор пеші, 1-ші модификация мынадай элементтерден тұратын құрылыс болып табылады:

1. КДЖ-80Ф – М1 пешінің қаптамасы

Қатты герметикалық тігіспен дәнекерленген қалыңдығы 25 миллиметрлік арнайы болаттан жасалған болат пештің корпусында қож саңылауларына арналған екі тесік және қарама-қарсы жағында феррофосфор саңылауларына арналған бір тесік бар. Төменгі бөлігінде пештің сырты пештің түбіне дәнекерленген, іргелес жерде пештің сырты дөңгелектенеді. Пеш қаптамасының негізгі мақсаты-пештің геометриялық өлшемдерін сақтау және пеш ваннасының тығыздығын қамтамасыз ету.

Пештің қаптамасына қойылатын талаптар: беріктігі, тығыздығы, коррозияға төзімділігі, жақсы жылу өткізгіштігі. КДЖ-80Ф пешінің қаптамасының конструкциясы коррозияға төзімділікті қоспағанда, осы талаптардың барлығын қанағаттандырады, бірақ коррозияға төзімді материалдарды (тот баспайтын болат) пайдалану экономикалық тұрғыдан ақталмайды. Пештің қаптамасы пеш ваннасының, пештің қақпағының және пештің қақпағында орналасқан термопаралардың, электр оқшаулауының және т.б. негізгі тірек құрылымы болып табылады. Пештің геометриялық өлшемдерін қамтамасыз ету үшін корпус қаттылық белдеуімен және қаттылық қабырғаларымен (тігінен дәнекерленген I-таврлар) нығайтылған. Пештің корпусы пештің бүкіл периметрі бойынша сумен салқындатылады, корпусты салқындату үшін "Лас" циклдің айналмалы суы қолданылады. Бұл су қабырғалардан бүкіл пештің айналасында дәнекерленген арнайы науаға ағып, ауырлық күшімен N19 цехының қыздырылған су сорғысына кіретін су жинау коллекторына түседі. Пештің подинасы (түбі) "таза" циклдің кері суымен салқындатылады, ол подинаға дәнекерленген 12 катушкадан өтеді, катушкалардың әрқайсысы төрт арнадан тұрады. Пештің тұғырын немесе қабырғаларын салқындатудың болмауы пештің қаптамасының көмір блоктарының тез тозуына әкеледі, сондықтан пештің қаптамасы мен тұғырын салқындатпай оны пайдалануға жол берілмейді. Пештің тұғыры мен қабырғаларын салқындатуды бақылау-арналардың болуы бойынша көзбен шолып қарау. Пештің қабырғалары мен подинасын салқындатуға арналған су шығыны сағатына 250 м³ кем болмауы тиіс. Пештің қаптамасын және пештің табанын салқындатудың болмауы жол берілмейді. Бұл пеш төсемінің тез тозуына, пештің корпусының немесе подинасының жарылуына әкеледі. Пештің корпусын немесе подинасын салқындату тоқтатылған жағдайда пеш өшірілуі керек, салқындату қалпына келтірілуі керек, содан кейін пешті қосуға болады [2].

2. Пешті төсеу

Пештің төсеу мақсаты-пештің қаптамасы мен пештің табанын оларға балқытылған қож мен феррофосфордың деструктивті әсерінен, жоғары температурадан және фосфорды айдау кезінде пайда болатын агрессивті заттардың химиялық әсерінен қорғау.

Пештің астыңғы бөлігінде, тұғыр бойымен және пеш тұғырының астарынан 2200 мм жоғары төсеу арнайы көмір (көміртекті) блоктардан жасалған. Жоғарғы бөлігінде төсеніш шамот (ыстыққа төзімді) кірпіштен жасалған. Қаптаманың төменгі бөлігі пештің қаптамасын отты сұйық қож мен балқытылған феррофосфордың әсерінен, ал жоғарғы бөлігі температурасы 200-ден 800 градусқа дейінгі фосфор бар пеш газының әсерінен қорғайды. Пеш ваннасының көмір төсеу блоктары ең ауыр, ауыр жағдайларда жұмыс істейді: оларға балқытылған шлак пен феррофосфор әсер етеді, температурасы 1500 - 1800 градус Цельсий, олар химиялық тұрғыдан өте агрессивті және көміртегі блоктарының көміртегімен осындай жоғары температурада олармен тікелей байланыста белсенді әрекеттеседі. Бұл өзара әрекеттесу әсіресе шлак пен феррофосфордың қарқынды қозғалатын жерлерінде - шлак пен феррофосфор саңылауларының жанында, блоктарды қорғайтын гарниссаж өте жұқа немесе жоқ жерлерде жүреді. Сондықтан пештің қаптамасының көмір блоктарының қалыпты жұмыс істеуінің негізгі шарттарының бірі - ваннаның периметрі бойынша гарниссаж пешінің болуы-қаптаманы Шлакпен және феррофосформен тікелей байланыста болудан қорғайтын толық балқытылмаған шихтаның тығыз қабаты. Пештің ваннасының қабырғасында гарнизонның құрамы өзгермейді, ал оның пештің ортасына қарайтын бөлігі үнемі өзгеріп отырады. Гарниссаждың қалыңдығы пештер жұмыс істейтін қуатқа, қождардығы фосфор құрамына, қождардың қышқылдық модуліне, қождың шамадан тыс әсер етуіне, электродтардың төменгі ұшы мен пештің төменгі ұшы арасындағы қашықтыққа, электродтардың жұмыс ұшының ұзындығына, пеш қабырғаларының салқындату қарқындылығына және салқындатқыш судың температурасына байланысты өзгереді. Егер пештің қаптамасында жылу өткізгіштігі нашар жерлер болса (демпферлік қабат жөндеу массасымен толтырылмаған болса, пештің қабырғалары мен тіректері жоқ немесе әлсіз салқындатылған болса), әсіресе пештің номиналды қуатында жұмыс істегенде, қорғаныс гарниссажы тез бұзылады және пештің төсемі Шлакпен жуылады. Жұмыс істеп тұрған пештердің табаны немесе қабырғалары салқындатылмаған кезде де солай болады.

КДЖ – 80Ф – М1 пеші ваннасының өлшемдері:

Пеш ваннасының ішкі диаметрі 10 100 мм., пеш корпусының сыртқы диаметрі – 12 400 мм. пеш ваннасының биіктігі пеш төсемінің жоғарғы жағынан пештің бетон қоймасының түбіне дейін-5 650 мм. пештің ортасында, электродтардың ыдырау диаметрі-4 900 мм [3].

3. Пеш қоймасы

Тот баспайтын болаттан жасалған арматурамен нығайтылған арнайы ыстыққа төзімді бетоннан (жоғары глиноземді цемент негізінде) жасалған. Пеш

қоймасы пештің болат қақпағын фосфорды айдау процесінде пайда болатын жоғары температура мен химиялық агрессивті газдардың әсерінен қорғауға арналған. Пеш қоймасының пішіні күмбезді, яғни ортасында пештің қабырғаларына қарағанда подина мен қойма арасындағы қашықтық үлкен. Пештің қоймасында, пештің қақпағы сияқты, тең бүйірлі үшбұрыштың шыңдарында орналасқан үш үлкен электрод саңылаулары, тиеу эструсының он саңылауы, он термопара саңылауы және пеш газдарының пештен электр сүзгілеріне шығуына арналған екі тесік бар.

4. Пештің қақпағы

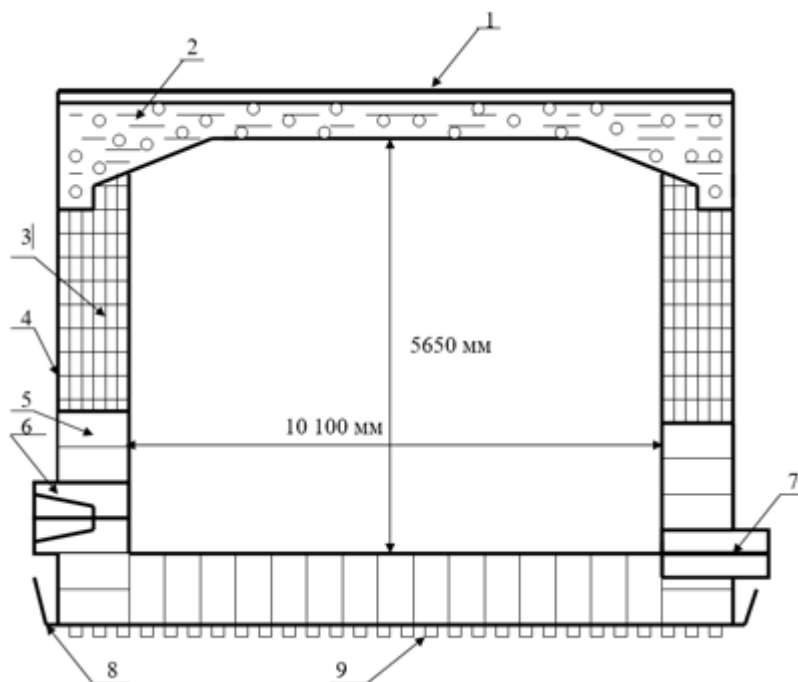
Магнитті емес тот баспайтын болаттан жасалған болат үш сектордан тұрады. Электродтар үшін тең бүйірлі үшбұрыштың шыңдарында орналасқан үш тесік, тиеу эструсының он саңылауы және пеш қоймасының астындағы температураны бақылау термопарасының он саңылауы бар. Пеш қақпағының мақсаты-пештің жоғарғы бөлігіндегі ванна кеңістігін тығыздау, ток ағуы мен қысқа тұйықталудың алдын алу үшін электрод - сектор, сектор - сектор, сектор - жер тізбектерінде электр оқшаулауын қамтамасыз ету. Секторлар арасында оқшаулау жасау үшін миканит пен асбесттен тұратын арнайы электр оқшаулағышы орнатылады, пеш қақпағының периметрі бойынша бірдей оқшаулау бар. Арнайы оқшаулау электродтар мен тиеу эструсының келте құбырларына арналған тесіктерде қарастырылған. Электродтар мен пештің қақпағы арасындағы саңылауды тығыздау үшін арнайы тығыздағыш тығыздағыш қарастырылған, ал оның астына инертті азот газы беріледі.

Пеш қақпағының мақсаты-пештің жоғарғы бөлігіндегі ванна кеңістігін тығыздау, ток ағуы мен қысқа тұйықталудың алдын алу үшін электрод - сектор, сектор - сектор, сектор - жер тізбектерінде электр оқшаулауын қамтамасыз ету.

Барлық басқа саңылауларды тығыздау үшін арнайы тығыздағыштар қарастырылған. Пеш қақпағының тығыздығы бұзылған жағдайда тығыздағыштарды тығыздау қажет. Пеш қақпағының тығыздалуының бұзылуы оқшаулаудың жоғалуына, электрлік бұзылуларға, пеш қақпағындағы қысқа тұйықталуларға және пештің жиі тоқтауына әкеледі [5].

1.2 суретте:

- магнитті емес тот баспайтын болаттан жасалған пештің қақпағы;
- пештің бетон қоймасы;
- пешті шамот кірпішпен қаптау;
- пештің қаптамасы;
- пешті көмір блоктарымен қаптау;
- қож саңылауы;
- феррофосфор өңеш;
- пештің бүйірлерінен ағып жатқан суды жинау науасы көрсетілген.



1.2 - сурет - КДЖ-80Ф-М1 пешінің құрылысы

5. Қож саңылауы

Қож саңылауы реакция кезінде пайда болған қож фосфоритінен сары фосфордың тотықсыздануын пештен шығаруға арналған. Төрт арнайы бұрғыланған көмір, графиттелген немесе басқа көміртегі бар блоктардан, үлкен шлак леткасы (фурма) салқындатқышынан және шағын шлак леткасы (дюза) салқындатқышынан тұрады. Пештің ваннасына шығатын блоктардағы тесік 500 мм биіктікте орналасқан. Фурма балқытылған Шлакпен блоктармен тікелей байланыста болудан қорғалған. Фурма жұмсартылған сумен салқындатылады және қож саңылауларының блоктарын салқындатады, осылайша олардың қож әсерінен тозуын азайтады. Блоктардан жылу алу неғұрлым көп болса, олардың тозуы соғұрлым аз болады, олардың қызмет ету мерзімі және пештің жөндеуаралық жүгірісі соғұрлым ұзақ болады. Сондықтан фурма мен қож саңылауларының блоктары арасындағы алшақтық минималды болуы керек, ал блоктардан жылу қабылдауды жақсарту үшін фурманың сыртқы беті орнату алдында сұйық шыны негізіндегі арнайы графит бар пастамен толығымен жабылуы керек. Дюза фурмаға салынған, оны фурмаға орнату үшін арнайы қону ұясы бар. Балқытылған шлак пештен тікелей дюза арқылы құйылады. Қазіргі уақытта фурмаларды қож әсерінен қорғау үшін су салқындатылатын мыс төсемдер ("шламдар") қолданылады, бұл фурмалардың ішкі бетін жөндеу немесе қойма массасымен қаптамауға және көмір шлактарының блоктарынан жылу түсіруді едәуір жақсартуға мүмкіндік береді. Фурмалардың, дюзалардың және "шлабтардың" ұзақ жұмыс істеуінің негізгі шарты-мүмкіндігінше төмен температура және салқындатқыш судың жеткілікті жоғары қысымы.

6. Феррофосфор саңылауы

Феррофосфор саңылауы фосфорды айдау кезінде пайда болған феррофосфорды пештен шығаруға арналған және диаметрі 50 мм болатын тесік болып табылады., арнайы блоктың ортасында бұрғыланған.

Қазіргі уақытта феррофосфор леткасын жасау үшін жартылай графит блоктары сатып алынады. Феррофосфор шұңқыры пештің астыңғы қабатының жоғарғы жағында орналасқан.

Жұмыс кезінде феррофосфор леткасы диаметрі біртіндеп артады, феррофосфор леткасының диаметрі 120 мм жеткенде оны жөндеу керек [6].

1.6 Электр пешінің реакциялық кеңістігінің құрылымы

Шихта пешке қоршаған орта температурасында түседі: -10-дан + 35 градусқа дейін, ал реакция өнімдері-қож, феррофосфор және пеш газы - пештен айтарлықтай жоғары температурада кетеді:

Пештен шығатын шлактың температурасы-1500 градусқа дейін,

Феррофосфордың температурасы-1800 градусқа дейін,

Пеш газының температурасы - 550 градусқа дейін (электродтардың сынуы кезінде 1100 градусқа дейін).

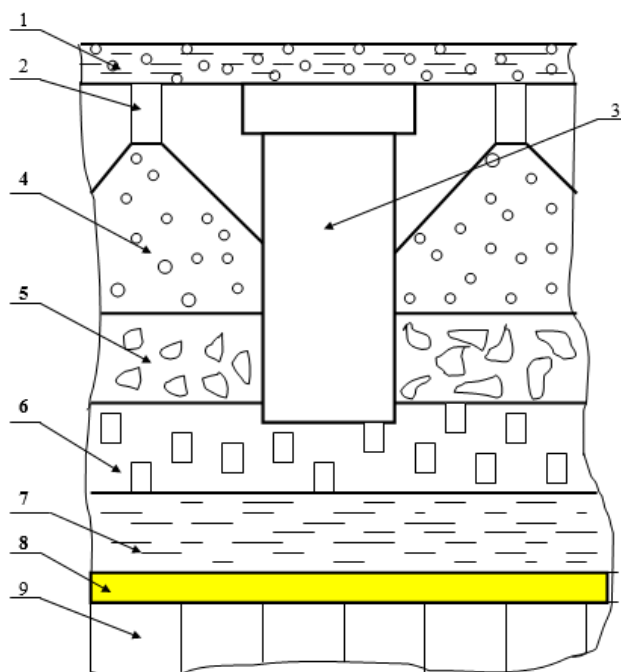
Демек, пештің ішкі бөлігінде температураның айтарлықтай гетерогенділігі бар. Электродтардың ұшына жақын жерде температура электр доғасының температурасына жетуі мүмкін-20000 градустан жоғары, тек кокс қатты күйде болуы мүмкін.

Шихта компоненттерімен жүретін процестер пештің түбіне жақындаған сайын температураның жоғарылауымен байланысты. Шартты түрде пештің кеңістігі бес аймаққа бөлінеді, олардың әрқайсысында белгілі бір реакциялар жүреді.

1.3-суретте пештегі аймақтардың орналасуы көрсетілген.

Оның құрамына:

- пештің бетон қоймасы;
- тиеу эструсының саптамасы;
- электрод;
- қатты фазалық реакция аймағы;
- балқу аймағы;
- көміртекті аймақ;
- қож аймағы;
- феррофосфор аймағы;
- пештің төменгі блоктары кіреді.



1.3 - сурет - Пештегі аймақтардың орналасуы

Бірінші аймақ - қатты фазалық реакциялар аймағы қоршаған орта температурасынан ең жеңіл балқитын компоненттердің балқу басталу температурасына дейінгі температурада орналасқан. Онда жер үсті және кристалдану суын кетіру реакциялары, ішінара декарбонизация және фазалық түрлену реакциялары жүреді. Бұл аймақтағы Шихта шығатын пеш газымен қызады, пеш газы салқындатылады. Пеш газының температурасы көбінесе қатты фазалық реакциялар аймағының биіктігімен анықталады. Шихтаның газ өткізгіштігі нашар болған кезде пеш газы арналар арқылы қозғалады, газдың жылдамдығы күрт артады, газдан шихтаға жылу беру төмендейді, газдың шығу температурасы артады. Бұл агломераттағы ұсақ заттардың мөлшері жоғарылаған кезде пайда болады.

Екінші аймақта - балқу аймағында-шихтаның минералды бөлігі ериді, көміртекті аймаққа төмен қарай ағып жатқан фосфат-кремнийлі сұйық фаза түзіледі. Балқу температура жоғарылаған сайын жүреді – алдымен ең жеңіл балқитын компоненттер ериді, содан кейін отқа төзімді компоненттер ериді.

Үшінші аймақта – көміртекті – негізгі химиялық реакциялар жүреді, сондықтан бұл аймақ реакциялық деп те аталады. Көміртекті аймақ аталған, өйткені бұл аймақта көміртегі мөлшері шихтаға қарағанда едәуір жоғары. Сұйық фосфат-кремний балқымасы құрамында көміртегі бар материал (кокс, антрацит, нефтекокс) арқылы сүзіліп, онымен әрекеттеседі. Бұл аймақтың электр өткізгіштігі көміртекті материалдың жоғары болуына байланысты барлық аймақтардың ішіндегі ең жоғары болып табылады. Электродтардың пештегі орны көміртегі аймағының биіктігіне байланысты, өйткені электродтардың төменгі ұшы көміртегі аймағының басында орналасқан. Электр энергиясының негізгі жылу энергиясына айналуы көміртегі аймағында жүреді [3].

Төртінші - қож және бесінші - феррофосфор аймақтары-тұндыру аймақтары, оларда негізгі реакция іс жүзінде жүрмейді, жағымсыз реакциялар жүреді: сілтілі металл қосылыстарының булануы, кремний оксиді, қож мен металдың өзара әрекеттесуі. Сондықтан феррофосфордың химиялық құрамы шлақтың құрамына байланысты. Қождағы P_2O_5 мөлшері төмен болған кезде кремнийдің тотықсыздану реакциясы дамиды және феррофосфордағы фосфор мөлшері азаяды. Феррофосфордың химиялық құрамы бойынша пештің ваннасы қайта кокстелген немесе жоқ екендігі және оны "жуу" қажеттілігі туралы айтуға болады.

2 Арнайы бөлім

2.1 Фосфорды өндіру процесін автоматты басқару

Электрлі фосфорды балқыту пеші тиісті күш беретін электр жабдығы бар қуатты үш фазалық агрегат болып табылады. Жоғары температуралы доғалар керек температураға дейін шихтаның балқуы және ваннаның қыздыруларын қамтамасыз етеді. Әрбір балқыту үш негізгі мерзімдерге бөлінеді:

- қатты шихтаның пеште балқуы;
- сұйық ваннаның балқуы(қайнауы);
- ваннаның қышқылдық ыдырауы.

Балқудың кезеңдері процесстердің өтуінің ерекшеліктері мен физика-химиялық және автоматты бақылау жүйесінің есептерінің айырмашылықтарын анықтайды.

Доғалы пештегі балқу процесімен басқару төмендегілер болып табылады:

- электрлік қуат;
- қоректендіруші ток кернеуі(доға ұзындығы);
- шихтаның құрамы, қоспалардың саны және құрамы;
- ваннаның электромагнитті араластыруы.

Қоздырушы әсерлерді екі топқа бөлшектеуге болады:

- электр режимінің қозулары;
- технологиялық және теплотехникалық.

Электр режимінің қозулары балқу кезінде шихтаның құлаулары әсерінен, фосфордың сұйық ваннамен балқу периодында, электродтардың күйлері, балқу нәтижесінде металлдың деңгейінің жоғарылауы, доғалы кедергілердің аралық тербелістердің, доғалы разрядтың аймағында температуралық шарттардың әсерінен болған өзгерістердің әсерінен пайда болатыны анық.

Технологиялық және теплотехникалық сипатты кезінде қозулар шихтаның құрамының тұрақсыздығымен, ваннадағы физико-химиялық реакциялардың біртексіз өтуіне, қоспалардың қосылуына, қаланған бөліктердің тозуына, газдардың пешке сорылуы мен соғылуына байланысты болып келеді. Төменгі деңгейде технологиялық ақпараттардың орныққан сигналдардың құрылғысы арқылы және КИП пешінің құралдары арқылы қалыптасуы қамтамасыз етіледі. РКЗ-80Ф-ші түріндегі пеште фосфорқұрамдас шикізатты өндіріп алуда фосфорды айдауы үшін жабулы үш фазалық кентермикалық пеште жүзеге асады. Жоғары температуралық процесстің жүргізуі шарттарындағы фосфорлы пештердің түйіндерінің нормалы жұмысқа қабілеттілігінің қамтамасыз етулері үшін, сонымен бірге ток өткізетін элементтердегі электр жоғалтуларын қысқартуы, сумен салқындату ескерілген [7].

2.2 Пештегі балқыту процесі

Пештегі балқыту процесін басқарудағы негізгі міндеттеріне төмендегілерді жатқызуға болады:

- технологиялық процестің белгіленген параметрлерден ауытқуларды сигнализациямен және тіркеуімен орталықтандырылған бақылау;
- фосфор балқыту процестерін басқару;
- бастапқы жоспарлар мен қолдабар шикізаттың көлеміне байланысты шихтаның оптималды құрамын есептеу;
- шихтаның құрамына байланысты пештің жүктелуін басқару;
- технологиялық мерзімдерінің аяқталу моментін болжау температура және металлдың химиялық құрамының нақты мәндерін қамтамасыз етеді [9].

2.1 - кесте - КЖЗ-80Ф-М1 пешінің электр жабдығы ($x=1,6$ МОм)

Р а МВт	R МОм	I эл кА	Q МВ, А	S МВ, А	Cos	U л В	N ст	б э А/см ²	tg
30,0	2,88	58,9	16,7	34,3	0,875	336,5	28	2,59	0,553
	3,28	55,2	14,6	33,4	0,898	349,0	27	2,43	0,489
40,0	2,83	68,6	22,6	45,9	0,871	386,5	24	3,02	0,561
	3,20	64,5	20,0	44,7	0,894	399,0	21	2,84	0,501
50,0	3,24	71,7	24,7	55,8	0,896	449,0	17	3,16	0,496
	3,54	68,6	22,6	54,8	0,912	461,5	16	3,02	0,450
60,0	3,12	80,1	30,8	67,4	0,890	486,5	14	3,53	0,512
	3,40	76,7	28,2	66,3	0,905	499,0	13	3,38	0,470
65,0	2,97	85,4	35,0	73,8	0,881	499,0	13	3,76	0,537
	3,49	78,8	29,8	71,5	0,909	524,0	11	3,47	0,459
72,0	3,44	83,5	33,5	79,4	0,907	549,0	9	3,68	0,464
	3,68	80,8	31,3	78,5	0,917	561,5	8	3,56	0,435

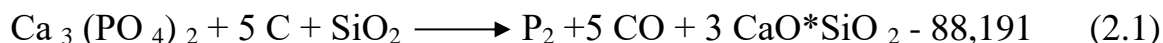
- N ст – пеш трансформаторының ауысу реті;
- Q - пеш күшінің қуаты;
- S – пештің толық күші;
- б – электродтағы ток тығыздығы;
- cos – пеш күшінің коэффициенті;
- Р а – пеш қысымының әзірлігі;
- U л – трансформатордың сызықтық ауысуы;
- R – кедергі;
- I эл – электродтағы ток;
- tg пеш күшінің коэффициенті.

Электрлік режиммен басқаруды қамтамасыз ететіндер:

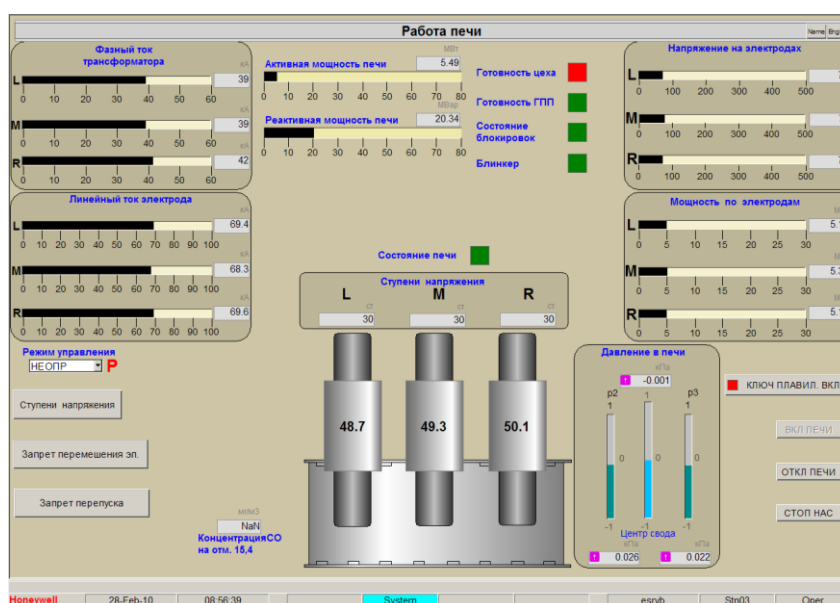
- басқа жылу көздерімен енгізілетін энергия мен пештің жылулық күйін есепке ала отырып электр энергиясын енгізу;
- пеш қуатын мейлінше қолдану;
- энерготасушылардың минималды меншікті шығындары;
- электрлік және басқа да пештердің дұрыс пайдалануы;
- қосалқы операцияларды басқару(сынамаларды алу, температураны өлшеу және т.б.);
- шихта материалдарының шығындарының тіркеуі, электр энергиясы, оттегі және басқа да энерготасушыларды, балқыту хаттамаларын басып шығару сияқты қажетті құжаттарды құру мен информацияны жинақтау мен өңдеу;
- құрылғылардың жұмысын бақылау және сигнализация арқылы ақауларды тіркеу [7].

2.3 Фосфорды электр пешіне айдау

Фосфорды қалпына келтіру процесі – эндотермиялық болып табылады, 1623-1773⁰К (1350-1500⁰С) температураның жанында жүреді. Кен термиялық пештердегі кремнезем қатысуымен фосфат көміртегін қалпына келтіру, сары фосфорды алу басты мақсат болып саналады. Процестің өнімдері: пеш газы, күйінді және феррофосфор алынады. Процестің негізгі тендеуі, Дж/моль:



Айдау процесі кезінде фосфат шикізатындағы қоспалардың қосымша реакциялар мерзімді болуына байланысты.



2.1 – сурет - Фосфорды электр пешіне айдау кезіндегі пештің жұмысы

Феррофосфорды тузу кезінде кремнилі шикізатындағы, коктегі агломераттағы болатын тотықтар қарапайым темірге дейін жұп фосфорды жалғастыра құрастырады және қалпына келтіреді:

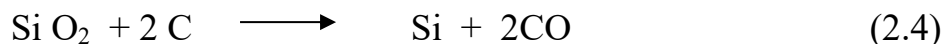


Карбонаттар көміртектің тотығына дейін екі тотығына өтеді, көміртек жартылай қалпына келеді:

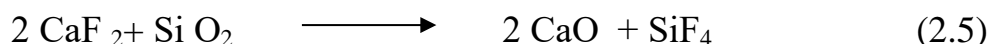


CO_2 және CO пеш газдарына өтеді.

Кремнийдегі екі тотықтың бір бөлігі қарапайым кремнийге дейін қалпына келеді және феррофосфорға өтеді:



Негізінде фосфоритте болатын фтор қосылған бөлігі қалған күйінділерге өтеді, пеш газдарымен жүретін кремни төрт деңгейлі кремнидің екі тотығымен сезіне құрастырылады:



Шихтада болатын судың бір бөлігі пеш газдарымен кететін PH_3 фосфинды фосформен жартылай сезіне құрастырған сутегіге дейін қалпына келтіріледі:



Сутегінің бір бөлігі, сонымен бірге пеш газына өтетін күкірт сутегісі күкіртпен сезіне құрастырылады.

Фосфорлы пештен берілетін шихта компоненттерінің үлкен дымқылдылығы пеш газдарында фосфордың жоғалтуларына, пеш газдарының көлемінің үлкеюі және электр энергиясының қосымша шығынына ұшырауына алып келеді.

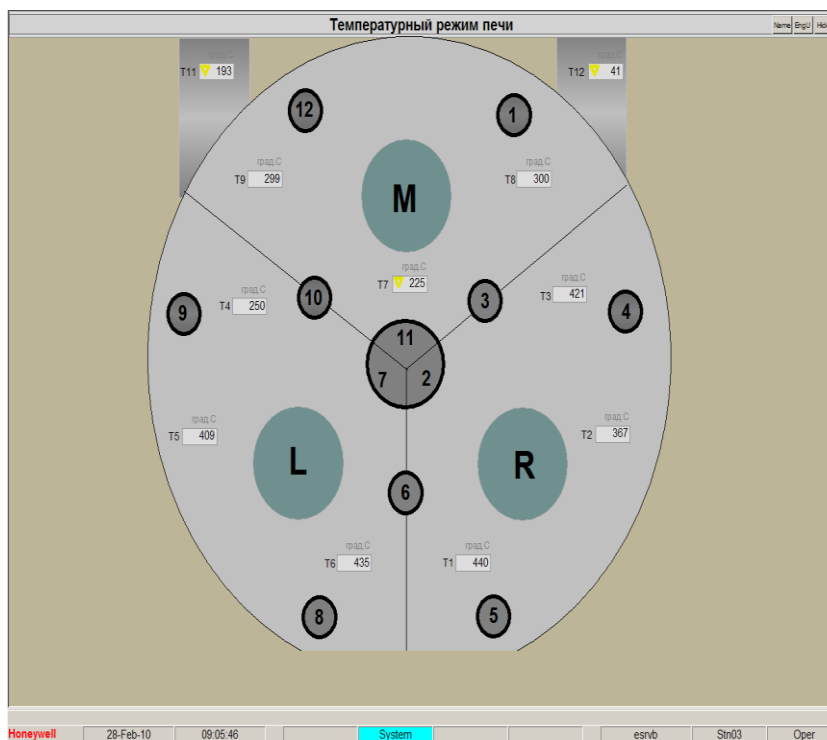
Сонымен бірге пеш газында процесс температурасының жанында буға айналдыратын сілтілік металл тотықтардың бір бөлігінен өтеді. Бұл 0,85-ші, 0,95-ші салыстырмалы балку температурасына ие болатын қышқылдықтардың модулы бар негізгі күйінділер жұмысымен қамтамасыз етіледі.

Фосфор булар түрінде пайда болады және пештен пеш газдары арқылы шығып кетеді.

Пештен шығатын газы көміртектің 5-7 %, фосфордың 85% шақты тотығы, газ тектес CO_2 , SiF_4 , PH_3 , H_2S , N_2 қоспалардан, шаңнан тұрады [9].

2.4 Электр пешінде фосфорды алу

КДЖ-80Ф-ші түріндегі пеште фосфорқұрамдас шикізатты өндіріп алуда фосфорды айдауы үшін жабулы үш фазалық кентермикалық пеште жүзеге асады. Фосфорлы пеште қабырғалық блоктерімен және жер асты көмір блоктерімен, пеш қабының жоғарғы бөлігін блоктермен графиттеліп айнала футерлеген. Шеңбер сегментінің түрі шамот кірпішімен футерлеген, құрыштан жасалған қап болады [10].



2.2 – сурет - Пештің температуралық көрсетілімі

Ішкі футерлеу пештің балқу кеңістігіндегі балқытуға шек қояды. Балқыту кеңістігінің өлшемі: диаметрі 10,1 м (10100 мм), биіктігі 5,65 м (5650 мм). Ванна құрыштан жасалған, темір, төбесінен жабулы, магнитсіз. Қақпағы ыстыққа табанды, темір бетон істелінген. Қақпақтың тоғысқан жерлерінде электр изоляциясы бар үш секцияларынан жиналады. Ванналар астында күйінділер үшін екі ағынөзен орналастырған. Күйінді биіктігі 0,5м (500 мм) деңгейде болады, яғни феррофосфор жинақталу деңгейі жоғары. Пеш төбесінде электродтардың өтуі үшін үш саңылауы болады. Тең қабырғалы үшбұрыштың ұштарында орналасқан, екі саңылау фосфоры бар газдар өтуі үшін және он саңылау жүктеуші түтіктер үшін - әрбір электродтың айнала үш саңылауы болады және ортасында бір саңылау болады.

Жүктеуші саңылаулардың мұндай орналастырылуы пеш шихтасының бір қалыпты жүктеуін қамтамасыз етеді.

Кеңістікпен және күйінді балқытпасының аралығында шихтаның жігі болады, пеш газы шихтаны жылыта өз температурасын төмендетеді.

Жүктеуші түтіктер ағынының ұзындығы күйлеудің ішкі беткі қабатын құрауы тиіс: орталық және электрод аралық түтіктер үшін - 0,9 м (900 мм), перифериялық үшін - 1,3 м (1300 мм). Күйлеуді уақытында жөндеу керек, олардың күйі және төменгі бөліктің ұзындығының қысқартуын болдыртпау керек.

Электрод ұстағыш қысқа желіден электродқа электр тоғинің берілуі үшін арналған. Қақпақ арқылы электродты электрод ұстағыштардың герметизациялы өтулері үшін оған қақпақпен шеттетілген құрғақасбест сальниктер бекітіледі. Электрод ұстағыштың негізгі бөлігі: электрод ұстағыштың басы, тоқ бөлетін сақина және траверса болып табылады. Электрод ұстағышының басы 12 пружиналы гидравликалық қысулары бар соңғы электродтымыс түйіскен беттерінен тұрады. Электрод ұстағыштың ұштарының түйіскен түйіні цилиндр тәріздес, су тоңдырттырылатын қабы магнитсіз стальден жасалған.

Электрод ұстағыштың құрлысы электр пешінің төбесіне түйіскен беттерді электродтың жұмыс аяғының ұзындығын қысқарта батыруға мүмкіндік береді.

Электр пеші тәртібімен басқару электродтардың тік ауыстыруы жолымен іске асады. Электродпен электрод ұстағыштың орын ауыстыруы гидравликалық көтергіштер көмегімен өндіріліп алады. Электродтың жұмыс жүрісі - 1,0 м (1000 мм). Арнайы кронштейндегі электродтың жүрісінің шектеулері үшін жоғарғы және төменгі түпкі сөндіргіштер құрастырған.

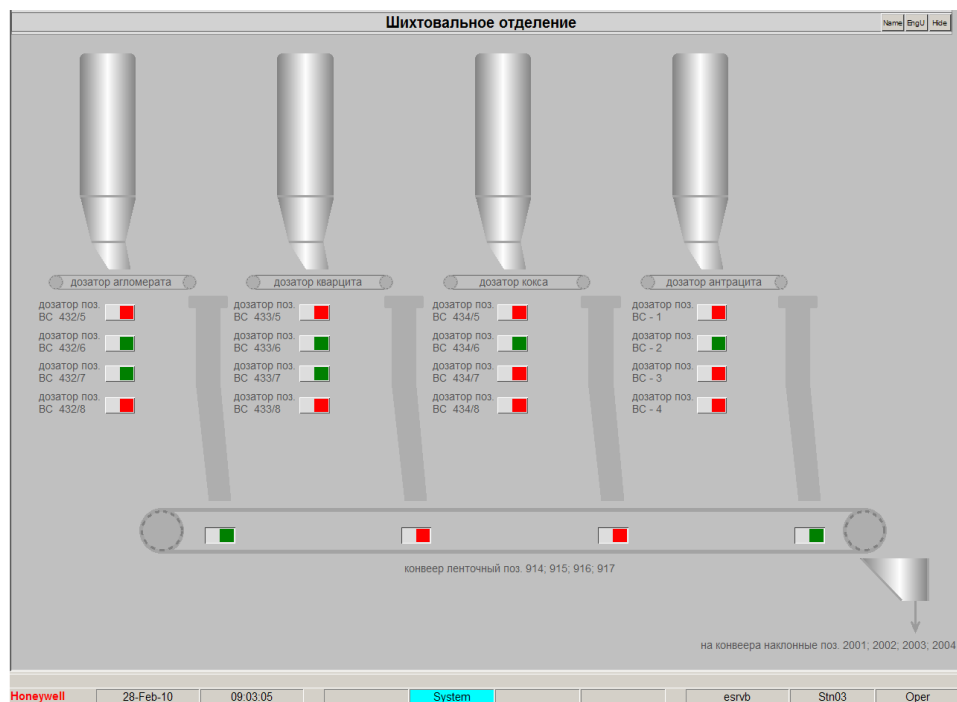
Жоғары температуралық процесстің жүргізуі шарттарындағы фосфорлы пештердің түйіндерінің нормалы жұмысқа қабілеттілігінің қамтамасыз етулері үшін, сонымен бірге ток өткізетін элементтердегі электр жоғалтуларын қысқартуы, сумен салқындату ескерілген.

Фосфорлы пештің су тоңдырттырылатын түйіндері болып табылады: бүйірлеу қабырғалар және пеш астары, күйінді ағын өзендері, қысқа желі, электрод ұстағыш, пеш трансформаторларының төмен вольтті қорытындылары.

Бүйірлеу қабырғалар лас циклдың сырт суларымен тоңдырылады. №5, 6, 7-ші пештерінде таза циклдың сырт суымен тоңдырылады. №8-ші пешке ауамен тоңдырылады. Су жоғарыда көрсетілген барлық мұздатқыш элементтерге арналған, тұйықталған циклде айналады және “Жұмсарған су” деп аталады. Жұмсарған суды қолдану тоңдырттырылатын бөлшектердің ішкібетінің тазалығын және олардың жақсы жылу өткізгіштігін қамтамасыз етеді. Әрбір пеш үшін дербес айналым жүйесінде жұмсарған су қолданылады [11].

2.5 Фосфорлы пеште шихтаның құрастырылуы және оның жүктелуі

Шихта фосфорды айдау үшін кремнийлі шикізаттың агломерациясынан құралады. Агломерация цехында кремнилі шикізатпен коксті кептіру және ұсақталу бөлімшелері арқылы әзірлеуден өтеді.



2.3 – сурет - Шихта бөлімі

Фосфордың электрайдауы үшін шихтаның құрамына келесі компоненттер кіреді:

- агломерат - агломерациялық машиналарда ұсақ фосфориттің дайын болуы үшін және шихталы пештің негізгі компоненті болып табылады, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ түрінде фосфордың болуы;

- кокс - пеш шихтасының құрамында 0,003-0,016 м (3-16 мм) ірілікпен тас көмірлі кокс қолданылады, 1 %тен көп емес дымқылдыққа дейін құрғатылады. Кокс кемінде 83 % көміртектен тұрады және электрайдау процесі кезінде фосфорды қалпына келтіреді.

Шихтадағы флюстың артық немесе кемшілігі шлақтың еруіндегі температураның артуына алып келеді. Пеш электр энергиясының меншікті шығынының үлкеюге және пеш өнімділігінің төмендетуіне алып келеді.

Шихта құрамының түзетілуі шлак анализдері бойынша жүргізіледі. Ол компоненттердің химиялық өзгерістерін есепке ала отырып іске асады. Тіпті пеш қалпына келтірілуінің стехиометриялық мөлшерлеуі кезінде жүйелі түрде кокс жинақталады, толығымен агломераттың қалпына келтіруіне алып келеді.

Кокстің алынып тастаулары үшін, шихтадағы кокс нормасының төмендеуі үшін пеш "жуулары" периодты жолымен өндіріліп алынады. "Жуулардың" күйінде P_2O_5 тің мазмұны 4 % ке дейін жоғарылайды, регламент нормалары үшін ол жағдайлар 0,0-2,0 %, қалған жағдайларда үлкен мәнді пеш процестерінің нормалы жүргізуі үшін шихтаның компоненттерінің гранулометриялық құрамы болады [12].

Агломераттың ірілігі 0,006-0,12м (6-120мм), кремнийлі шикізаты 0,005-0,07м (5-70мм), кокстің 0,003-0,016м (3-16мм) болуы керек.

Агломераттың құрамы үшін төменгі шектен кем емес, ал ірілігі 12 % тен көп емес, кварцит үшін 15 %тен көп емес, кокс үшін 3-4 %тен көп емес (қыстыгүні Көксу цехы бойынша үлкен кокстің дымқылдылығын есепке ала отырып №1 елеуіштер бойынша 0-0,003м пропорционалдық ауытқулар рұқсат етіледі) кылып ұсату.

Негізінен шихтаның теріс құрастырылуы фосфорлы пештің нормалары технологиялық жұмыс тәртібінің бұзылуы, көрсеткіштердің техника-экономикалық футерлеуі мезгілсіз тозуға, сапасыз фосфордың алуына, өндірістің қуатының төмендеуіне және нашарлауға алып келеді [15].

2.6 Пештегі электр сүзгілері арқылы газдың тазартылуы

Пеште шаңның пайда болуларының негізгі себептеріне келесілерді санауға болады:

- булану және кремнеземнің қалпына келтірлуі, балқытпадан ұшпа компоненттерінің бөлінуі;
- әр түрлі тотықтырғыштары бар фосфорлардың (оттек, көміртектің екі тотығы, су т.б) пешке шихта немесе инертті газбен (азотпен) келіп түсуі;
- шихталы газ жүйедегі жылу алмасудың қанағаттанарлықсыз шарттары;
- шихтаның майда дисперсиялық бөлшектерінің механикалық тасымалдануы.

Электрлі тазартудың негізінде пеш газының шаңнан тазартуына келесі қағида жатады:

Электр деңгейінің әсерінен пеш газдың молекуласының тәждерін иондайды. Газдарда болатын шаң бөлшектері бұл иондарды адсорбциялайды және зарядтайды. Электр өріспен қоршалған бұл зарядталған бөлшектер (тұнбалы) тиісті электродтарға бағыт бойынша жылжиды. Жоғары электрлі потенциалдары бар электродтар арасындағы, және тұнбалы, нөлге тең болатын потенциалдар арқылы тұрақты бағыттағы жоғары кернеулікті біртекті емес электр өрісі пайда болады.

Электр деңгейінің жоғарғы бетінде өзгерістері анықталған үлкен потенциалдар өрісі мен электродтар арасында ұшқынды разрядтар пайда болады. Біртекті емес өріс кезінде электродтар тәжінің жойылуы болғанда кернеу төмендейді, бұл электр аралық кеңістікке таралмай, электрод тәжінің айналасын тұрақтандырады.

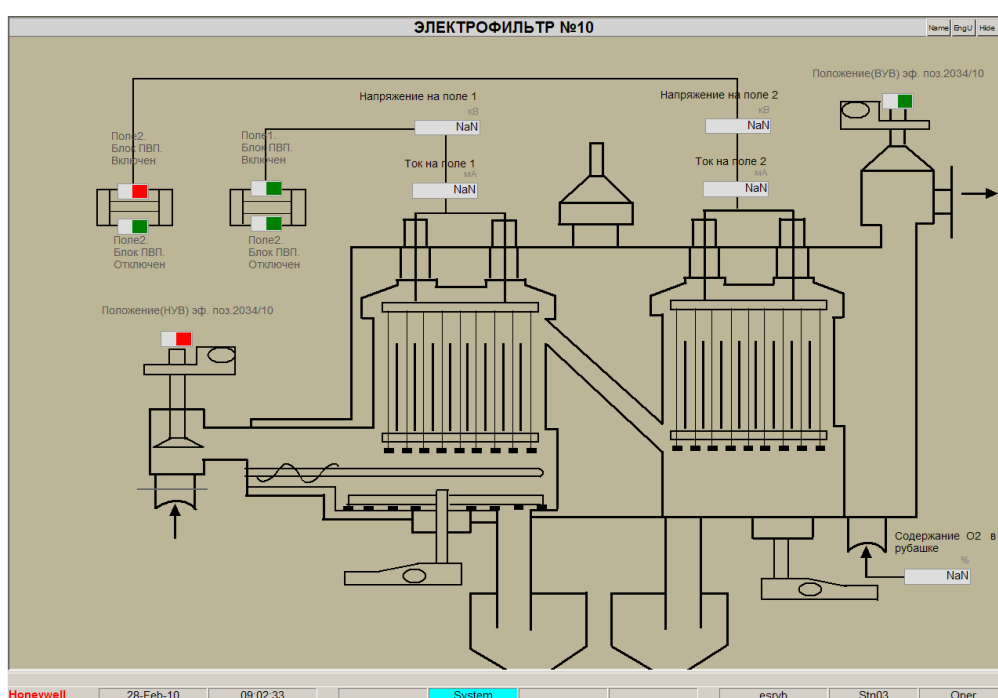
Сыртқы белгілеріне қарағанда бұл айнала электрод тәжінің айналасындағы "тәж" сәулелерінің пайда болуы болып табылады. Электрод тәжіне теріс полярлы тоқ беріледі, сондықтан тәждің аймағында пайда болған оң иондарэлектрод тәжінің беткі қабаттарына бағытталады, ал теріс иондар электростатикалық өріс күштерінің әсерлерімен электрод аралық кеңістік арқылы тұнбалы электродтарға бағыт бойынша жылжиды [13].

Электр өрісіндегі сүзгінің әртүрлі белгідегі иондарын үйлестіру, бөлшектердің басым түскен массасы электродтың аттас полярлығының заряды

алады, яғни, осындай теріс, олардың арқасында тұнбаға электродтарынан ауысады.

Оң заряд алған бөлшектердің шамалы бөлігі электродтардың тәжіне қарай бағытталады, электродтардың беткі қабаттарына жеткен соң бөлшек зарядтарын жоғалта отырып сол араға тұнады, ал шаңнан босатылған газдар конденсацияға түседі.

Электр сүзгідегі ұсталатын шаңдар, коттрельді шоғал деп аталатын сулы суспензия түрінде жойылады. Коттрельді шоғалдың тығыздығы 1,2-26 т/м³. Жоғары температуралық процесстің жүргізуі шарттарындағы фосфорлы пештердің түйіндерінің нормалы жұмысқа қабілеттілігінің қамтамасыз етулері үшін, сонымен бірге ток өткізетін элементтердегі электр жоғалтуларын қысқартуы, сумен салқындату ескерілген.



2.4 - сурет - Электр сүзгі арқылы газдың тазартылуы

Пештен келетін құрамында фосфоры бар газ екі параллель электр сүзгісі орнатылған ЭФ2033 және ЭФ2034 шаңнан тазарту жүйесіне келіп түседі.

Технологиялық желісі бар пештің КДЖ–80Ф–И1 құрамында электр сүзгісі орнатылған. Әрбір электросүзгілер газ өтетінмен және жылытатын жабдықталған ортақ корпусқа алынған бірлескен жүйелі түрде орналасқан екі өрістен тұрады. Бірінші өріс – газ өтетін фосфорлы пешпен байланысқан, екінші өріс – газ өтетін K2040 конденсациясына орнатылған. Газ өтетін пеші бар электросүзгі жалғастыратын, оның шаңды ұстап қалу үшін шнекпен жабдықтаған. Электр сүзгінің пештен ажыратылуы және конденсацияның орнатылуы бітеуіштер мен кесіп тастаушылар арқылы жүргізіліп отырады. Фосфорлы пештен шығатын, құрамында фосфоры бар газ бастапқы да шаңның көп бөлігін ұстап қалатын жерде бірінші өрістің активті аймағына келіп түседі.

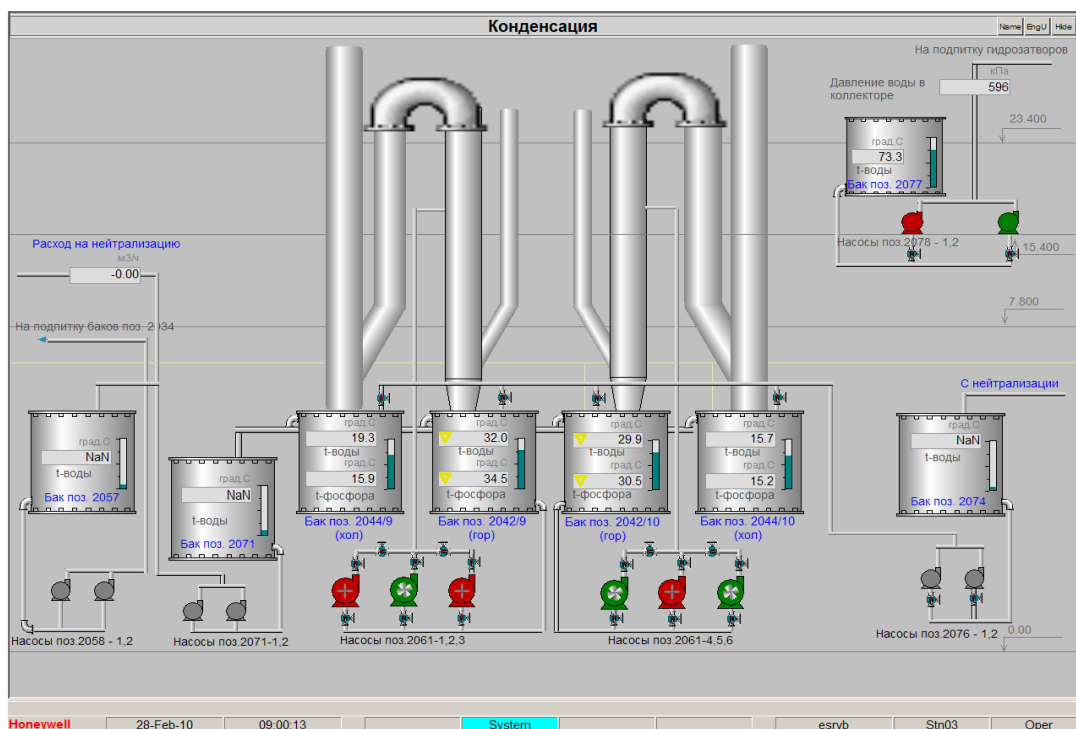
Содан кейін газдың өтуі бойынша электр сүзгіден шыққан және конденсацияға келіп түскен шаңның үлкен бөлігі екінші өріске келіп түседі. Электр сүзгідегі газ тазалаудың дәрежесі 98-99 % ін бастапқы шаң басқандықтан $0,08\text{кг/м}^3$ (80г/м^3) тең. Электр сүзгінің белсенді қимасының ауданы ЭВТ–2–2,5–20Ф–01 20м^2 тең. Бұл сүзгі S - тәж бейнелі шаңдар және тұнбалы электродтар тәрізді болып келеді. Тәжді электродтардың жүйесі қақпақта орналасқан электр сүзгі және төрт жоғары вольтты изолятор тіреуіш құрылымға ілінген. Аспалы құбыр өтуінің тығыз бекітілулері үшін, астында фосфоры бар заттарының конденсацияның сақтап қалуы үшін, фосфорлы заттардың конденсациясының алдын алу үшін азот $553-623^{\circ}\text{C}$ ($280-3500$) ге дейін қыздырылады. Электрокалорифердегі азоттың қыздыру режимін басқаруда РНА – 1 азотты қыздыру режимін автоматты жүйеде реттеп отыруға негізделген.

Электрсүзгінің белсенді бөлігіне тұнбалы және тәж жасағыш электродтар жүйесі болып табылады. Тәж жасағыш электродтарға (корпуста шеттетілген) түзеткіш агрегаттардан жоғарғы кернеуді тіктелген тоқтар жүргізіледі. Тұнбалы электродтар жерге корпус арқылы тұйықталған. Электродтармен шаңды алып тастау үшін тәж жасағыш электродтардың қағыну механизмі болады. Шаңның қағынуы кезінде электр сүзгі аймағы шаңға оранады.

Электр сүзгіде пайда болған шаңдар (коттрельді шаң) қырғышты механизмдердің көмегімен үзіліссіз вертикальды шахталар арқылы коттрельді шоғалдар бағында жүктеледі. Коттрельді шоғалдың дайындау процесі периодты. Коттрельді шоғалдың дайын үлесін айдаудан кейін бак сумен толтырылады. Суспензияның қосымша алмасуы Н2035 насостарының үздіксіз циркуляцияның көмегімен жүзеге асады. Бакқа келіп түскен, араластырушымен құрастырылған бак суымен араласады. Әрбір екі бакқа бір электр сүзгіге 3 насос, олардың екі жұмыс және бір резервтегі орнатылған (бойынша әрбір бакқа бір насостан). Коттрельді шоғалды даярлау барысында тығыздықтың өлшемі үшін сынақ мерзімді іріктеледі. Коттрельді шоғалды дайындау барысында периодты түрде тығыздықты анықтау үшін сынама алынады. Тығыздықтардың таралуы кезінде насосты дайын коттрельді шоғал және циркуляция тоқтатылады $1, 20-1.26\text{ т/м}^3$ ($1.20-1.26\text{ кг/л}$). Әрбір электр сүзгіде 980 П (100мм) жоғары қысымда жарамсыз болған гидравликалық ысырмалы сақтандырғыштар орнатылған. Гидроысырмадағы судың деңгейі тұрақты ауыстыруларды қолдайды. Судың берілуі Н2078 және насосты Е2077 жинақтар арқылы жүргізіледі. Қысымның жоғарылауы гидроысырма арқылы тасталған газ шамдары арқылы шығарылады. Цехтың атмосферасына пеш газының түсуін шығару үшін, сонымен бірге тоқ өткізгіштің түйінінің қорғауы үшін электр сүзгіге азот түседі. Периодты түрде орнатылған график бойынша екі фосфорлы пеште тоқтайды [14].

2.7 Пеш газындағы сары фосфордың конденсациясы

Өндірісте сары фосфордың сұйық газ тәрізді күйінен фосфорға ауысуы конденсатор құрамындағы скруббер арқылы жүзеге асады.



2.5 - сурет - Пеш газындағы сары фосфордың конденсациясы

Конденсациядағы электр сүзгіні шаңнан тазартудан кейін түскен пеш газының 5-7% бу тәрізді газ, 85% дейін көміртек, 10-15% азот болады. Олардың негізгісі SiF_4 , PH_3 , H_2 , H_2S , CO_2 , H_2O болып табылады. Сонымен қатар электр сүзгіде ұсталынбаған қалдық шаңдар жатады.

Фосфордың конденсациясы үшін қажетті пеш газдың сууы ашылып тазартылған су арқасында жартылай булану әсері болады.

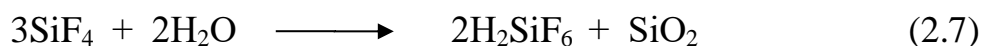
Конденсациялаған сұйық фосфор сумен араластырылып ағып қабылдағыштарда жиналады.

Пеш газында ыстық газ өтетін және (конденсацияның бірінші сатысы) ыстық конденсатордың $323\text{-}333^\circ\text{K}$ ($50\text{-}60^\circ\text{C}$) температурасына дейін салқындатылады және пеш газында болатын 98-99% фосфор тұтылады.

Пеш газы (конденсацияның екінші сатысы) суық конденсаторда 303°K аспайтын температурада салқындатылады, оны фосфордан $0,2\text{г/м}^3$ дейін тазаруды қамтамасыз етеді.

Фосфордың конденсациясы бір уақытта шихтаның компоненттерінің айдауларын конденсациялайды. Нәтижесінде қышқылдар түзілетін қышқыл тотықтарының гидратациясы және гидролиздер болады.

Конденсатордағы су айналымы пеш газын шаңын жұтады және еритін заттармен қанығады. Пеш газдағы қышқыл және сілтілік компоненттердің молдығынан айналымдағы суға PH ға тәуелді болады, ал PH қа байланысты кремнийдің төрт фторлы гидролизі түзіледі. Гидролиз қышқылды ортада реакция бойынша жүреді:



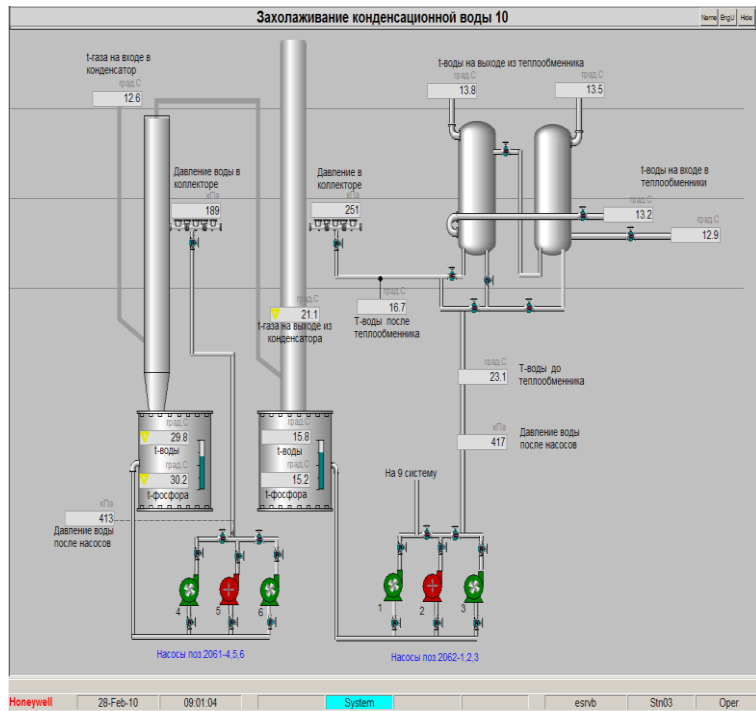
Бейтараптық немесе сілтідегі формуласы:



Бірінші жағдайында еритін сутекті кремний фторлы қышқыл ағынды суда құрастырады, екінші жағдайында - металдардың фторидтары құрастырады. Екі жағдайларға кремнийдің сілікпе тәрізді түйіртпектерді құрастыртуға қабілетті гидратталған екі тотығы түсіп қалады. Ұйымасымен кремнийдің екі тотығының полимерден тұратын кеңістіктің сұлбесі фосформен және сумен толтырылады, бөлуге қиын келетін фосфорлы шламдар эмульсия орнықты құрастыра толтырылады. Демек, кремнийдің гидратталған екі тотығының мөлшері және конденсациясының ортасының РН сы, конденсаторлардың қабылдағыштарының түбінде қабыршақтанатын фосфорлардың арасындағы ойлап-пішілген басқа қоспалар мен фосфорлы шламмен және конденсатор айналымдағы үлестірілуіне тәуелді болады [17].

Конденсацияға тазартудан кейін түсетін пеш газы 5-7% бу тәрізді газ, 85% дейін көміртек, 10-15% азот. Олардың негізгісі болып, PH_3 , H_2S , және т.б болып табылады, сонымен қатар электр сүзгіде ұсталынбаған қалдық шандар жатады. Әрбір фосфорлы пештің екі шаң тазалайтын параллельді тізбегі болады, және екі тізбек түйіндеріне ортақ шығарылған пеш газының жойылу конденсациясы болады. Конденсацияның технологиялық тізбегіне «ыстық» газ өтетін, «салқын» фосфор қабылдағыштары бар конденсаторлары, сораптармен, бактермен және құбырлардың жүйесі кіреді. Электр сүзгіден ЭФ2033, ЭФ 2034 пеш газы ыстық газоходпен Х2040 (конденсацияның I сатысы) К2041 ыстық конденсаторларға түседі. Ыстық конденсатор табандарында ілінген қуысты скрубберде еркін болады. Тарылған соңғы конденсатор Е2042 фосфордың қабылдағышына түсіріледі. Тығыз бекітілген 0,5м (500 мм) сақиналық бату тереңдігі бар гидрозатворларымен қамтамасыз етіледі [16].

Ыстық газоходта К2040 4 форсунк орнатылған, ал К2041 ыстық конденсаторда 5 форсунок, әрбір $26\text{м}^2/\text{сағ}$ өнімділік орнатылған. Бұл аппараттар суды шашырату үшін орнатылған. Ыстық газоходтың тығыздығы $57\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сағ}$, ыстық конденсатор – $22,7 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{сағ}$. Қосымша салқындату үшін, температуралық режимнің бұзылуы жағдайында ыстық конденсаторлар үшін «лас» циклдардың сырт суларымен сыртқы суландыруы болады. Салқындатқыш су сақиналық перфорацияланған құбырлар конденсаторлардың биіктігі бойынша орналасқан және қабыршақпен оның тараптары бойынша, «лас» сыртқы цикл қайтарылатын сақиналық поддондарда жинала отырып беріледі. Ыстық газоходта газ және су түзу ток қағидасы бойынша, ыстық конденсаторда - тоққа қарсы қағидасы бойынша жылжиды.



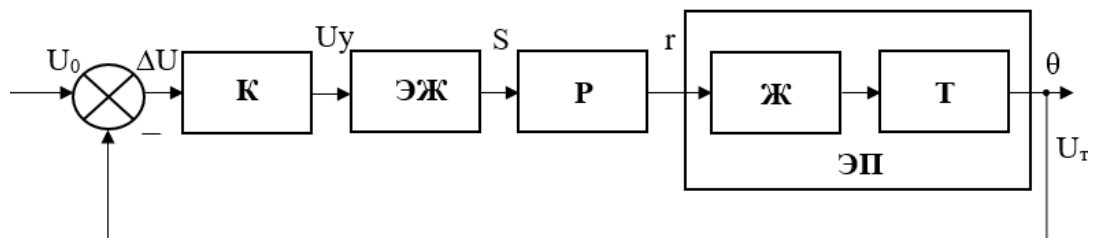
2.6 - сурет - Конденсацияланған судың салқындатылуы

Конденсациялаған сұйықтық фосфорлы сумен араласа отырып E2042 фосфордың қабылдағышына жиналады.

2.8 Сары фосфорды балқытуға арналған пештің АБЖ ТП моделін қалыптастыру, салу және талдау

Сары фосфорды электрмен балқыту процесі арнайы электр пештерінде жүзеге асырылады, онда фосфор сұйық күйге өтуге мүмкіндік беретін жоғары температураға дейін қызады. Сары фосфорды электрмен балқыту процесі жоғары температураға, фосфордың химиялық белсенділігіне байланысты ерекше күтімді және қауіпсіздікті қажет етеді.

2.7 – суретте электр пешінің функционалды схемасы көрсетілген.



2.7 – сурет - Электр пешін басқару жүйесінің функционалды схемасы

Берілген жүйе берілген U_0 кернеуін U_T кернеуімен салыстыру арқылы электр пешіндегі температураны реттейді, бұл пештің ішіндегі өлшенген температураға пропорционалды θ . Бұл кернеулер арасындағы айырмашылық, $\Delta U = U_0 - U_T$, сәйкессіздік немесе қате сигналы болып табылады. Берілген ΔU айырмасы күшейткішпен күшейтіледі және қарсылықты өзгертетін, демек, θ температурасын реттейтін реостат сырғытпасының қозғалыс жетегін басқару үшін қолданылады. Бұл жүйеде сезімтал элемент температураны өлшейтін және кері байланыс арқылы ΔU қате сигналын жасайтын термопара болып табылады. r сигналының мәні жоғарылаған кезде реостат қарсылықты арттырады, бұл ток пен температураның төмендеуіне әкеледі. r сигналының мәні төмендеген кезде реостат кедергіні төмендетеді, бұл ток пен температураны жоғарылатады θ .

Кесте 2.1 - Функционалдык схема элементтері

Қысқартулар	Атауы
К	Күшейткіш
ЭЖ	Электр жетегі
Р	Реостат
Ж	Жылытқыш
Т	Термопара
ЭП	Электр пеші

Модельдер дифференциалдық теңдеулер түрінде ұсынылған және келесідей:

Күшейткіш:

$$T_K \frac{dU_y}{dt} + U_y = K_K \Delta U \quad (2.9)$$

Электр жетегі:

$$T_{ЭЖ} \frac{d^2 S}{dt^2} + \frac{dS}{dt} = K_{ЭЖ} U_y \quad (2.10)$$

Реостат:

$$S = K_P r \quad (2.11)$$

Электр пеші (термопарамен):

$$T_{ЭП} \frac{d\theta}{dt} + \theta = K_{ЭП} r \quad (2.12)$$

мұнда θ – электр пешінің температурасы;
 U_0 – берілген кернеу;

ΔU – кернеудің ауытқуы;
 U_y – шығыс күшейтілген кернеу;
 U_T – термопараның шығыс кернеуі;
 S – жетегіш жылжыту;
 r – реостат сырғытпасын жылжыту.

Кесте 2.2 - Бастапқы деректер

K_K	T_K	$K_{ЭЖ}$	$T_{ЭЖ}$	K_P	$K_{ЭП}$	$T_{ЭП}$
16.22	0.03	0.4	0.34	0.02	6.82	1.34

Модельдерді беру функциясына түрлендіру және 2.2 – кестеден деректерді пайдалану арқылы біз белгілі бір коэффициенттері бар беру функциясын аламыз. Күшейткіш (1-ші ретті апериодтық байланыс):

$$G_K(s) = \frac{K_K}{T_K s + 1} = \frac{16.22}{0.03s + 1} \quad (2.13)$$

Электр жетегі (баяулататын интегралды байланыс):

$$G_{ЭЖ}(s) = \frac{K_{ЭЖ}}{T_{ЭЖ} s^2 + s} = \frac{0.4}{0.34s^2 + s} \quad (2.14)$$

Реостат (пропорционалды байланыс):

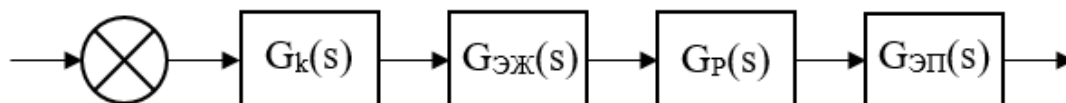
$$G_P(s) = K_P = 0.02 \quad (2.15)$$

Электр пеші (1-ші ретті апериодтық байланыс):

$$G_{ЭП}(s) = \frac{K_{ЭП}}{T_{ЭП} s + 1} = \frac{6.82}{1.34s + 1} \quad (2.16)$$

Беріліс функцияларын анықтағаннан кейін ашық және жабық жүйенің құрылымдық схемаларын құруға, сондай-ақ олардың тұрақтылығын зерттеуге көшеміз. Ляпунов әдісі тұрақтылықты зерттеу үшін қолданылады.

Жабық жүйеде кері байланыс бір арқылы жүзеге асырылады, ал ашық жүйеде кері байланыс жоқ.



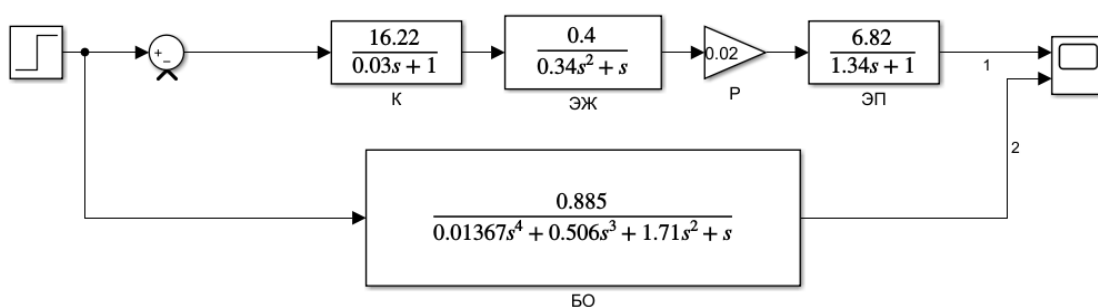
2.8 - сурет - Ашық құрылымдық схема

2.8 – суретте көрсетілген құрылымдық схеманы және беріліс функцияларын (2.13-2.16) қолдана отырып, ашық жүйенің математикалық моделін жасаймыз.

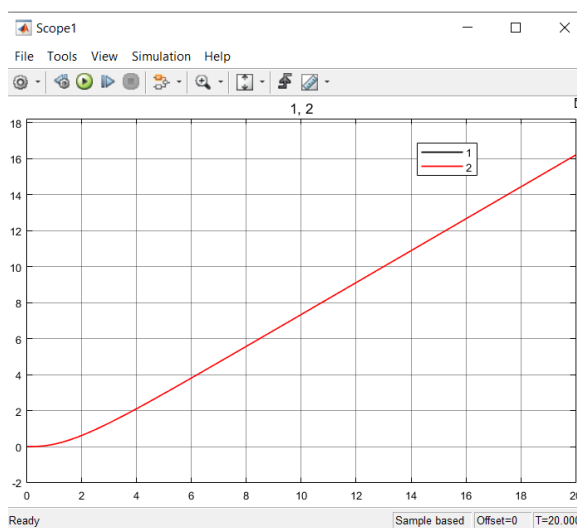
2.8 – суретке қарап, ашық жүйенің жалпы беріліс функциясы күшейткіштің, электр жетектің, реостаттың және электр пешінің тізбектелген беріліс функцияларынан тұратындығын байқауға болады, сәйкесінше оларды эквивалентті беріліс функциясымен ауыстырамыз:

$$G_A(s) = G_K(s) \cdot G_{ЭЖ}(s) \cdot G_P(s) \cdot G_{ЭП}(s) = \frac{16.22}{0.03s + 1} \cdot \frac{0.4}{0.34s^2 + s} \cdot 0.02 \cdot \frac{6.82}{1.34s + 1},$$

$$G_A(s) = \frac{0.885}{0.01367s^4 + 0.506s^3 + 1.71s^2 + s} \quad (2.17)$$



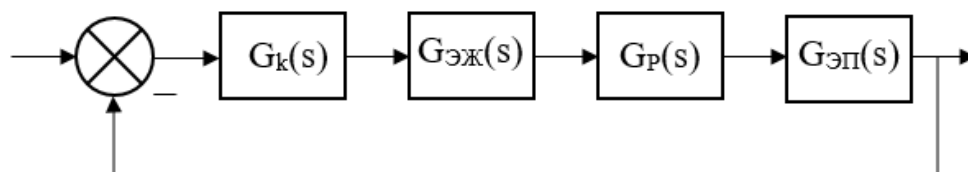
2.9 - сурет – Ашық жүйенің моделі



2.10 – сурет - Ашық жүйенің өтпелі процесі

2.10 – суретке қарап, температураның монотонды және пропорционалды өсуін байқаймыз, өтпелі процестің бұл әрекеті тұрақтылық шекарасындағы жүйеге тән.

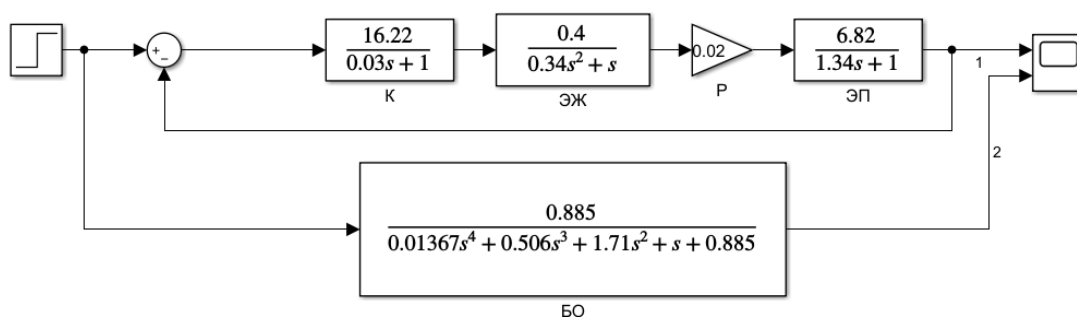
Әрі қарай, біз жабық жүйенің құрылымдық схемасын жасаймыз, ол үшін ашық жүйені бір кері байланыспен жабамыз.



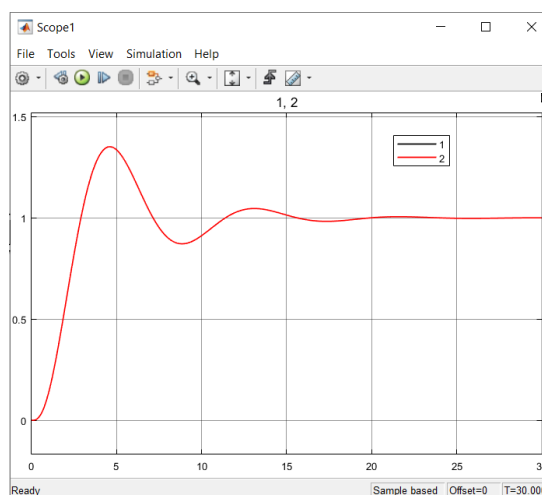
2.11 - сурет - Жабық құрылымдық схема

Содан кейін жабық жүйенің математикалық моделін жасаймыз. 2.11 – суретте көрсетілгендей, тұйық жүйені алу үшін біз бірлік кері байланыс арқылы ашық жүйені жабамыз, бұл келесі жалпы тұйық жүйеге әкеледі:

$$G_{Ж}(s) = \frac{G_A(s)}{1 + G_A(s) \cdot 1} = \frac{0.885}{0.01367s^4 + 0.506s^3 + 1.71s^2 + s + 0.885} \quad (2.18)$$



2.12 – сурет - Жабық жүйенің моделі



2.13 – сурет - Жабық жүйенің өтпелі процесі

2.13 – суретке, яғни тұйық жүйенің өтпелі кезеңіне қарап, жүйе берілген мәнге жетеді деп айтуға болады ($r(t) = 1$). Осыдан біз Ляпуновтың бірінші әдісіне сәйкес жүйе тұрақты деп қорытынды жасаймыз. Сондай-ақ, жүйенің тұрақты мәнге қатысты ауытқуы мен қайта реттелуі бар екенін атап өткен жөн.

2.8.1 Ашық және жабық жүйенің орнықтылығын анықтау

Жүйенің орнықтылығын талдау үшін біз Ляпуновтың бірінші әдісін қолданамыз. Ляпунов ережесіне сәйкес, егер сипаттама теңдеуінің түбірлерінде теріс нақты бөліктер болса, жүйе тұрақты болып саналады.

Ашық жүйенің беріліс функциясы келесідей:

$$G_A(s) = \frac{0.885}{0.01367s^4 + 0.506s^3 + 1.71s^2 + s} \quad (2.19)$$

Сипаттамалық теңдеу:

$$0.01367s^4 + 0.506s^3 + 1.71s^2 + s = 0 \quad (2.20)$$

Сипаттамалық теңдеудің 4 дәрежесі бар болғандықтан, бағдарламаны қолдана отырып, біз түбірлерін табамыз.

Түбірлерін табу үшін біз MATLAB бағдарламасын қолданамыз. Бағдарламаға сәйкес бізде келесі түбірлер бар:

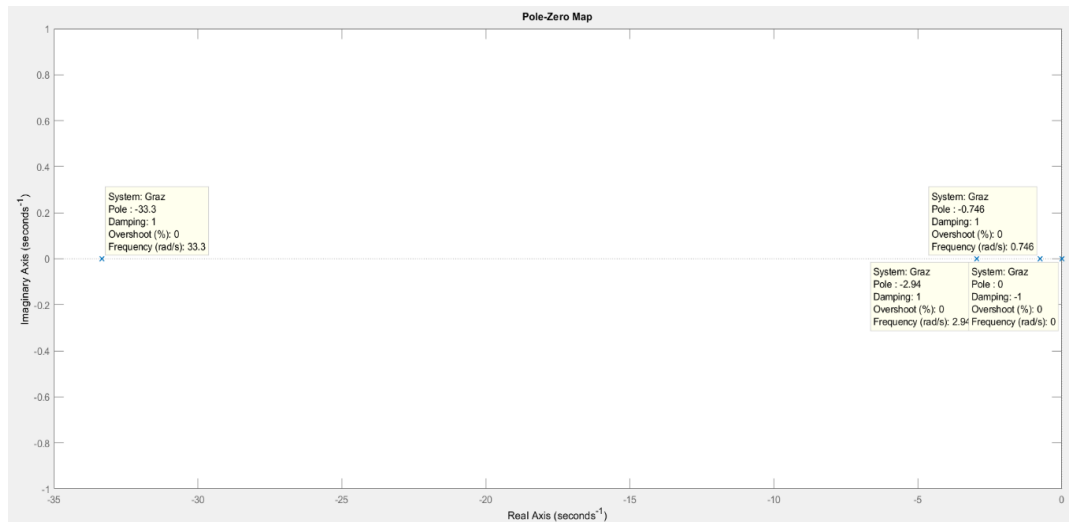
```
>> roots([0.01367 0.506 1.71 1 0])
```

```
ans =
```

```
0  
-33.3279  
-2.9412  
-0.7463
```

MATLAB бағдарламасының нәтижелеріне сүйене отырып, қалған полюстердің нақты бөліктері теріс болған кезде бір нөлдік полюс бар деп айта аламыз, содан кейін Ляпуновтың бірінші әдісіне сәйкес ашық жүйе орнықтылықтың бейтарап шекарасында болады.

2.14 – суретте ашық жүйенің нөлдері мен полюстері көрсетілген.



2.14 – сурет - Нөлдер мен полюстерді көрсетуге арналған ашық жүйенің комплекссті аймағы

2.14 – суретте көрсетілгендей, жүйенің бір нөлдік полюсінен басқа барлық полюстер комплекссті аймақтың сол жағында орналасқан. Осыдан жүйенің теріс нақты бөлігі және бір нөлдік түбірі бар екендігі шығады, сондықтан ашық жүйе Ляпуновтың бірінші критерийі бойынша орнықтылықтың бейтарап шекарасында деп есептеледі.

Әрі қарай, жабық жүйенің түбірлері қарастырылады. Жабық жүйенің беріліс функциясы келесідей:

$$G_{ж}(s) = \frac{0.885}{0.01367s^4 + 0.506s^3 + 1.71s^2 + s + 0.885} \quad (2.21)$$

Сипаттамалық теңдеу:

$$0.01367s^4 + 0.506s^3 + 1.71s^2 + s + 0.885 = 0 \quad (2.22)$$

Бағдарламаға сүйене отырып Matlab жабық жүйенің келесі түбірлеріне ие:

```
>> roots([0.01367 0.506 1.71 1 0.885])
```

ans =

-33.3259 + 0.0000i

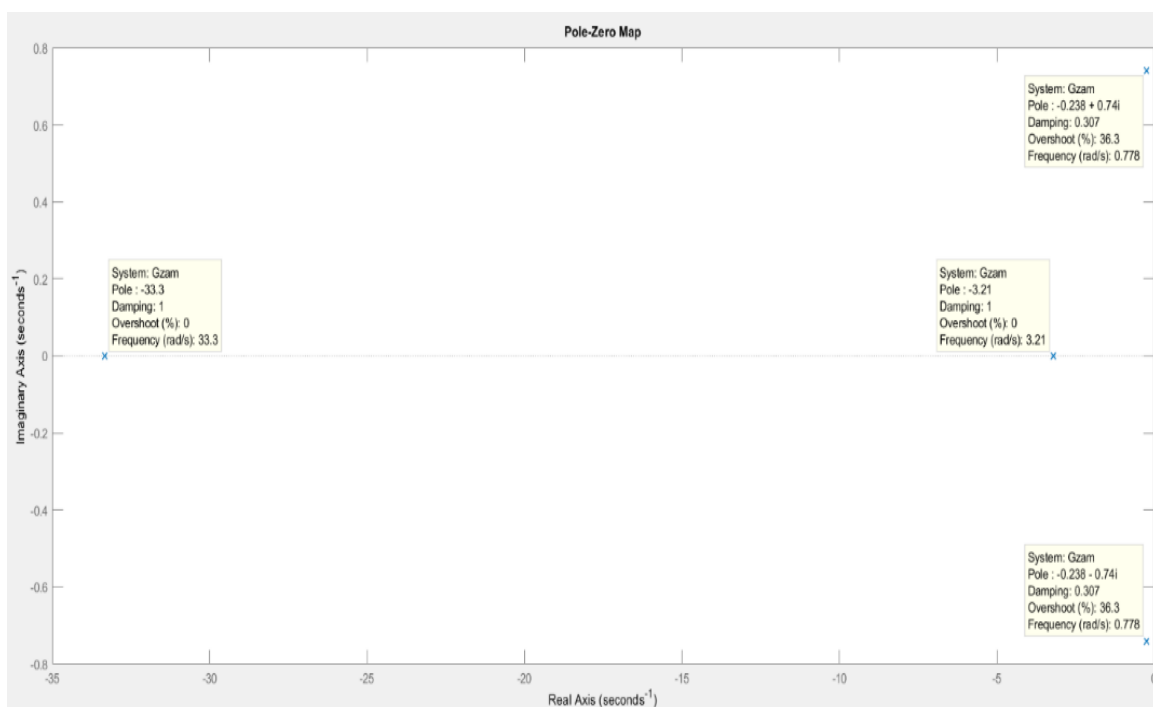
-3.2126 + 0.0000i

-0.2385 + 0.7402i

-0.2385 - 0.7402i

Бағдарлама нәтижелерінен жабық жүйенің барлық түбірлері теріс нақты бөліктері бар екенін байқай аламыз, осыдан тұйық жүйе Ляпуновтың бірінші критерийі бойынша орнықты болып табылады.

2.15 – суретте тұйық жүйенің нөлдері мен полюстері көрсетілген.



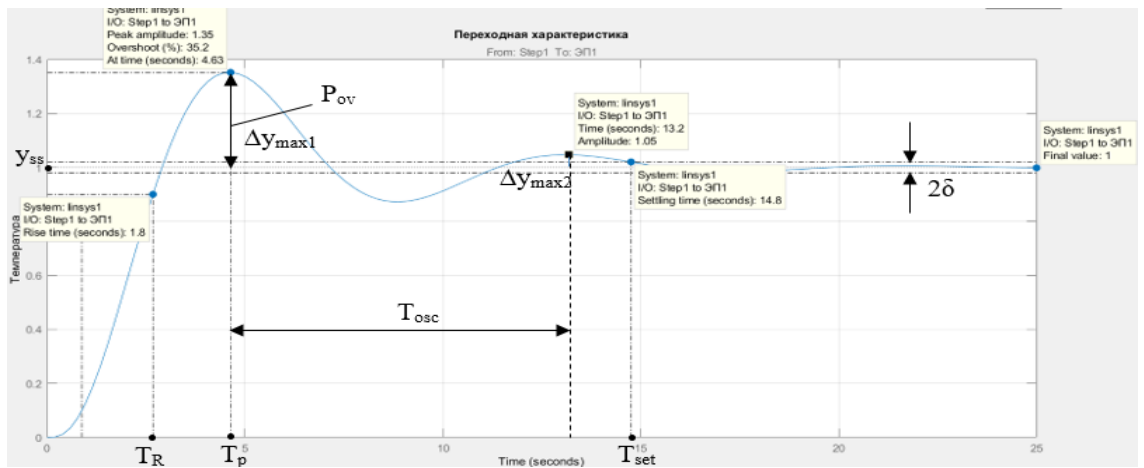
2.15 Сурет – Нөлдер мен полюстерді көрсетуге арналған жабық жүйенің комплекссті аймағы

2.15 – суреттен көріп отырғанымыздай, жүйенің барлық полюстері комплекссті аймақтың сол жағында орналасқан. Бұдан жабық жүйенің барлық түбірлерінің теріс нақты бөліктері бар екенін атап өтуге болады, сондықтан жүйе Ляпуновқа сәйкес орнықты.

2.8.2 Басқару жүйесінің сапа көрсеткіштерін бағалау

Басқару жүйесінің сапасын бағалаудың екі түрі бар: тікелей бағалау және жанама бағалау. Тікелей сапаны бағалауды қарастырылады. Олар оңай алынады, өйткені оларды анықтау үшін жүйенің өтпелі сипаттамасына ие болу жеткілікті.

MATLAB бағдарламасында тікелей сапа бағаларын алу ыңғайлы, өйткені «ltiview» пакетінде 4 тікелей сапа бағасын алуға мүмкіндік беретін функционал бар. Бұған реттеу уақыты, өсу уақыты, бірінші максимумға жету уақыты және қайта реттеу кіреді.



2.16 – сурет - Жүйенің сапасын тікелей бағалауға арналған өтпелі сипаттама

2.16 – суретке сүйене отырып, бізде келесі сапа бағалары бар.

№1 баға. Реттеу уақыты (settling time), T_{set} – бұл жүйеге тұрақты мәнге жету үшін қажет уақыт, яғни y_{ss} . Ол тең:

$$T_{set} = 14.8c \quad (2.23)$$

№2 баға. Қайта реттеу (overshooting), P_{ov} – бұл қажетті мәннен пайызбен асып кетудің максималды дәрежесін көрсететін бағалау. Ол тең:

$$P_{ov} = \frac{y_{max1} - y_{ss}}{y_{ss}} \cdot 100 = \frac{1.352 - 1}{1} \cdot 100 = 35.2\% \quad (2.24)$$

№3 баға. Тербелістер саны, $M = T_{set} / T_{osc}$ реттеу уақытындағы өтпелі тербелістер саны. 2.16 – суреттен жүйенің 2 тербелісі бар екенін көруге болады. Сондай-ақ, тербеліс санын төменде көрсетілген формула арқылы табуға болады.

$$M = \frac{T_{set}}{T_{osc}} = \frac{14.8}{8.57} = 1.727 \approx 2 \quad (2.25)$$

№4 баға. Тербеліс, μ – жүйеде тербелістердің төмендеу дәрежесін пайызбен сипаттайтын бағалау. Ол тең:

$$\mu = \frac{\Delta y_{max2}}{\Delta y_{max1}} \cdot 100 = \frac{|y_{max2} - y_{ss}|}{|y_{max1} - y_{ss}|} \cdot 100 = \frac{|1.05 - 1|}{|1.35 - 1|} \cdot 100 = 14.3\% \quad (2.26)$$

№5 баға. T_{osc} тербеліс кезеңі және ω_{osc} тербеліс жиілігі графикалық түрде анықталады. Тербеліс кезеңі-көршілес шыңдар арасындағы ең аз қашықтық. Ол тең:

$$T_{osc} = 13.2 - 4.63 = 8.57c \quad (2.27)$$

Тербеліс жиілігі:

$$\omega_{osc} = \frac{2\pi}{T_{osc}} = \frac{2\pi}{8.57} = 0.733 \text{ рад/с} \quad (2.28)$$

№6 баға. Тұрақты қате, e_{ss} – шексіздікке ұмтылған t уақытындағы $e(t)$ динамикалық қатесінің шегіне сандық түрде тең балл. Жүйенің кірісіне бір сатылы сигнал берілгеніне сүйене отырып, тұрақты қате:

$$e_{ss} = r(t) - y_{ss} = 1 - 1 = 0 \quad (2.29)$$

№7 баға. Бірінші максимумға жету уақыты, T_p – процесс өзінің ең жоғары мәніне жететін уақыт. 2.16 – суреттен оның мәнін көруге болады:

$$T_p = 4.63c \quad (2.30)$$

№8 баға. Өсу уақыты (rise time), T_R – өтпелі процестің белгіленген шығыс мәнін кесіп өтуі үшін қажет уақыт. 2.16 – суретте, ол тең:

$$T_R = 1.8c \quad (2.31)$$

№9 баға. Демпферлік азаю, χ – екі іргелес қайта реттеу модульдерінің қатынасы. Ол тең:

$$\chi = \frac{|y_{\max 1} - y_{ss}|}{|y_{\max 2} - y_{ss}|} = \frac{|1.35 - 1|}{|1.05 - 1|} = 7 \quad (2.32)$$

2.4 – кестеде жүйе сапасының барлық тікелей бағалары көрсетіледі.

Кесте 2.4 - Жүйенің тікелей сапа көрсеткіштері

№	Сапа көрсеткіші	Белгілеу	Мәні	Норма
1	Реттеу уақыты	T_{set}	14.8с	–
2	Қайта реттеу	P_{ov}	35.2%	10-30%
3	Тербелістер саны	M	2	1-2
4	Тербеліс	μ	14.3%	–
5	Тербеліс жиілігі	ω_{osc}	0.733рад/с	–
6	Тұрақты қате	e_{ss}	0	0
7	Бірінші максимумға жету уақыты	T_p	4.63с	–
8	Өсу уақыты	T_R	1,8с	–
9	Демпферлік азаю	χ	7	–

2.4 – кестедегі мәліметтерге сүйене отырып, жүйені қайта реттеу 35.2% құрайды, бұл нормаға сәйкес келмейді, реттеу уақыты 14.8с. Тағы бір кемшілігі тербелістер саны, ол 2-ге тең, бірақ ол нормаға сәйкес келсе де, бұл көрсеткішті төмендету керек. Бір жақсысы, 0-ге тең жүйенің қателігін атап өткен жөн.

2.8.3 Басқару жүйесіне арналған реттегіш синтезі

Жүйенің сапасын жақсарту үшін үш компоненттен тұратын PID реттеуіштері қолданылады: пропорционалды, интегралды және дифференциалды компоненттер. PID-реттегішінің жұмыс заңы келесі формуламен сипатталады:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.33)$$

Бұл теңдеуде K_p, K_i, K_d -пропорционалды-интегралды-дифференциалды компоненттердің коэффициенттері.

PID-реттегіші келесі компоненттерге бөлінеді:

– пропорционалды – компонент кіріс сигналы мен кері байланыс сигналының айырмашылығына пропорционалды, сигналдың көрінісі мен жылдамдығын қамтамасыз етеді;

– интегралдық – сәйкессіздік сигналының интегралының құрамдас бөлігі, есс-ті жояды, яғни жүйенің дәлдігін қамтамасыз етеді;

– дифференциалдық – сәйкессіздік сигналының туындысы, әдетте тербелістерді сөндіреді.

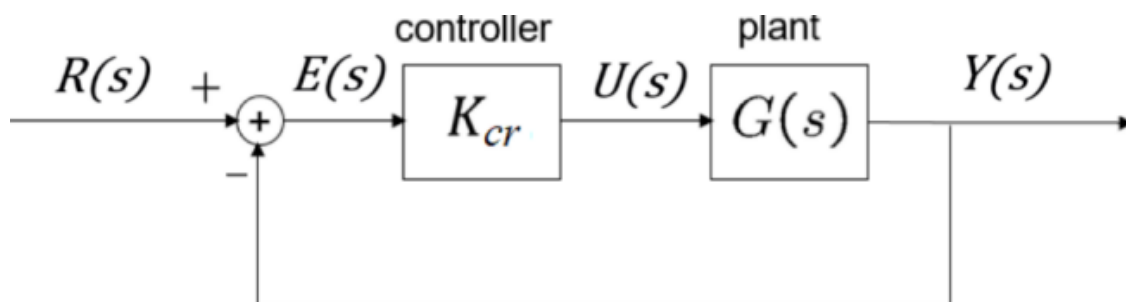
Біздің жүйеге сәйкес, тербелістер санын азайту, қайта реттеу, сонымен қатар жүйенің реттеу жылдамдығын арттыру қажет, яғни реттеу уақытын азайту қажет, жүйенің тұрақты қатесі 0-ге тең болғандықтан, интегралды компонентті қосу артық. Сондықтан PD-реттегішін синтездеу орынды болады.

Бұл реттегіштің компоненттері реттеу жылдамдықты арттыруға, сондай-ақ жүйенің тербелісін азайтуға мүмкіндік береді.

PD-реттегішін басқару заңы төменде келтірілген:

$$u(t) = K_p e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.34)$$

Зиглер-Никольс №2 әдісі. ZN № 2 әдісімен PD-реттегішті синтездеу үшін орнықтылықтың тербелмелі шекарасына сәйкес келетін шекті коэффициентті алу үшін K_{cr} коэффициенті белгісіз P-реттегішті тізбекке қосу қажет.



2.17- сурет - P-реттегіші бар жүйенің схемасы

Бұл коэффициентті Гурвиц немесе Михайлов критерийін қолдана отырып есептеу әдісімен табуға болады, бірақ жүйені тербелмелі шекараға апаратын коэффициентті қолмен таңдайдап табуға да болады. Гурвиц критерийі арқылы коэффициентті табамыз.

2.17 – суреттегі схемадан біз жабық жүйенің беріліс функциясын аламыз:

$$T(s) = \frac{G(s) \cdot C(s)}{1 + G(s) \cdot C(s)} = \frac{\frac{0.885K_{cr}}{0.01367s^4 + 0.506s^3 + 1.71s^2 + s}}{1 + \frac{0.885K_{cr}}{0.01367s^4 + 0.506s^3 + 1.71s^2 + s}}, \quad (2.35)$$

$$T(s) = \frac{0.885K_{cr}}{0.01367s^4 + 0.506s^3 + 1.71s^2 + s + 0.885K_{cr}} \quad (2.36)$$

Әрі қарай, Гурвиц критерийіне сәйкес K_{cr} мәнін анықтаймыз. Сипаттамалық теңдеу:

$$(n = 4) \quad 0.01367 s^4 + 0.506s^3 + 1.71s^2 + s + 0.885K_{cr} = 0 \quad (2.37)$$

Теңдеу параметрлері:

$$a_0 = 0.01367, \quad a_1 = 0.506, \quad a_2 = 1.71, \quad a_3 = 1, \quad a_4 = 0.885K_{cr} \quad (2.38)$$

Гурвиц матрицасы:

$$H_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} a_1 & a_3 & 0 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.506 & 1 & 0 & 0 \\ 0.01367 & 1.71 & 0.885K_{cr} & 0 \\ 0 & 0.506 & 1 & 0 \\ 0 & 0.01367 & 1.71 & 0.885K_{cr} \end{bmatrix} \quad (2.39)$$

Негізгі диагональ бойынша минор детерминанттары:

$$\Delta_{11} = 0.506, \quad (2.40)$$

$$\Delta_{22} = \begin{vmatrix} 0.506 & 1 \\ 0.01367 & 1.71 \end{vmatrix} = 0.85159, \quad (2.41)$$

$$\Delta_{33} = \begin{vmatrix} 0.506 & 1 & 0 \\ 0.01367 & 1.71 & 0.885K_{cr} \\ 0 & 0.506 & 1 \end{vmatrix} = 0.8516 - 0.2266K_{cr}, \quad (2.42)$$

$$\Delta_{44} = \begin{vmatrix} 0.506 & 1 & 0 & 0 \\ 0.01367 & 1.71 & 0.885K_{cr} & 0 \\ 0 & 0.506 & 1 & 0 \\ 0 & 0.01367 & 1.71 & 0.885K_{cr} \end{vmatrix} = -0.2005K_{cr}^2 + 0.7537K_{cr} \quad (2.43)$$

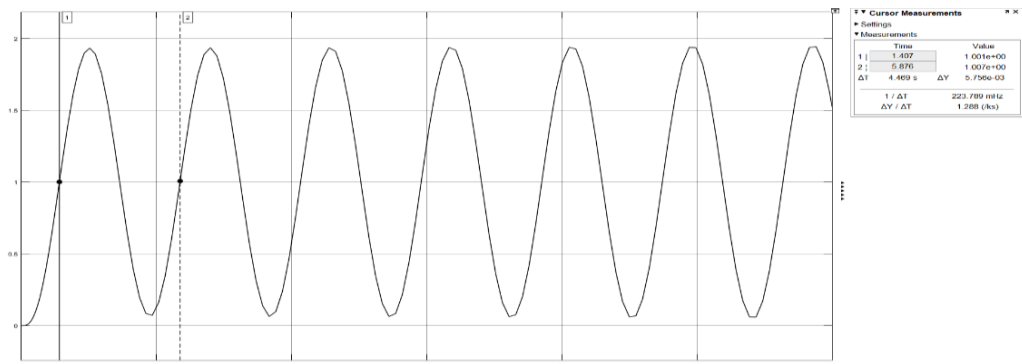
Жүйенің тұрақтылығы үшін Гурвиц критерийін қолдана отырып, K_{cr} коэффициентінің шекті шекараларын табамыз. Сонымен, шекара:

$$\begin{cases} 0.885K_{cr} > 0 \\ 0.8516 - 0.2266K_{cr} > 0 \\ -0.2005K_{cr}^2 + 0.7537K_{cr} > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} K_{cr} > 0 \\ 0.2266K_{cr} < 0.8516 \\ -K_{cr}(0.2005K_{cr} - 0.7537) > 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} K_{cr} > 0 \\ K_{cr} < 3.7582 \\ K_{cr} > 0, K_{cr} < 3.7582 \end{cases}$$

Осылайша, төменгі шегі 0, ал жоғарғы шегі 3.7582. Зиглер-Никольс 2 әдісі бойынша K_{cr} ретінде орнықтылықтың тербелмелі шекарасына сәйкес келетін кірістің жоғарғы шегін таңдау керек. Осыған сәйкес K_{cr} мәні:

$$K_{cr} = 3.7582 \quad (2.44)$$

Әрі қарай, T_{cr} жүйесінің тербеліс кезеңін табу керек. Ол үшін K_{cr} коэффициентімен өтпелі процесті құрамыз. 2.18 – суретте осы коэффициенті бар өтпелі процесс көрсетілген.



2.18 – сурет - Тұрақты амплитудасы мен жиілігі бар жүйенің өтпелі процесі

2.18 – суретке сүйене отырып, тербеліс кезеңі:

$$T_{cr} = 5.876 - 1.407 = 4.469 \quad (2.45)$$

Эмпирикалық әдіске сәйкес PD-реттегіштің коэффициенттерін есептеу келесі 2.5 – кесте бойынша жүргізіледі.

2.5 Кесте - ZN №2 реттегішінің параметрлері

Реттегіш түрі	K_p	K_d
PD	$0.8 \cdot K_{cr}$	$K_p \cdot (0.12 \cdot T_{cr})$

Сонымен, келесіні аламыз:

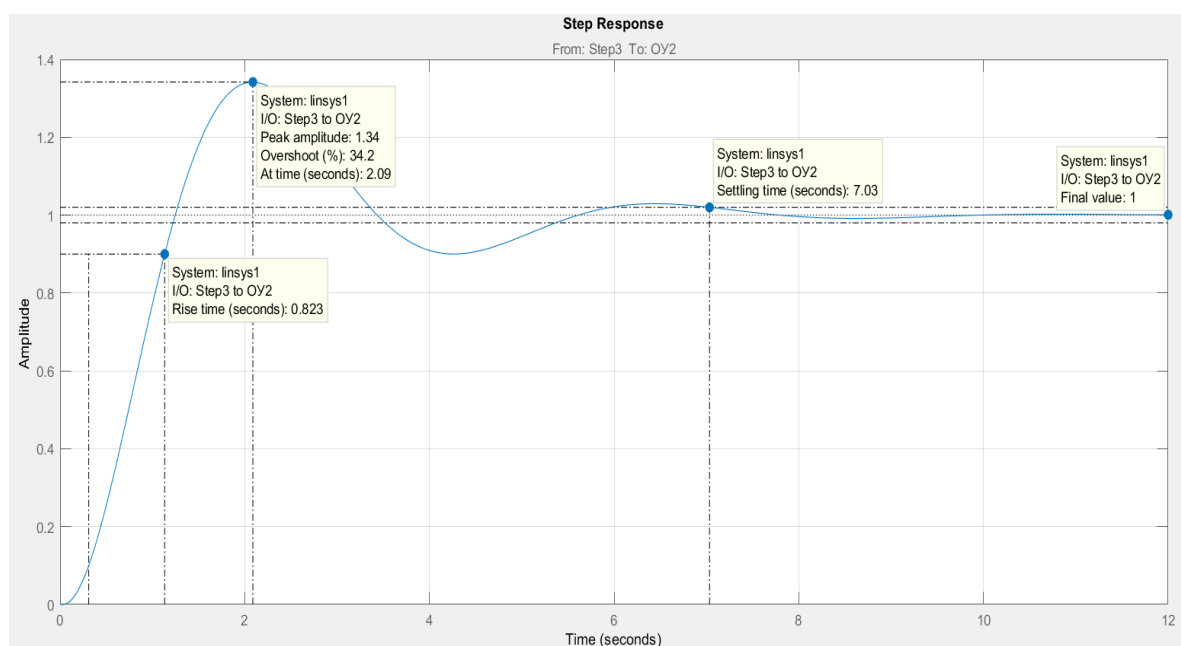
$$K_p = 0.8 \cdot K_{cr} = 0.8 \cdot 3.7582 = 3.0066, \quad (2.46)$$

$$K_d = K_p \cdot (0.12 \cdot T_{cr}) = 3.0066 \cdot (0.12 \cdot 4.469) = 1.6124 \quad (2.47)$$

Біздің жүйеге арналған басқару заңы ZN №2 әдісі бойынша келесідей болады:

$$u(t) = 3.0066e(t) + 1.6124 \frac{de(t)}{dt} \quad (2.48)$$

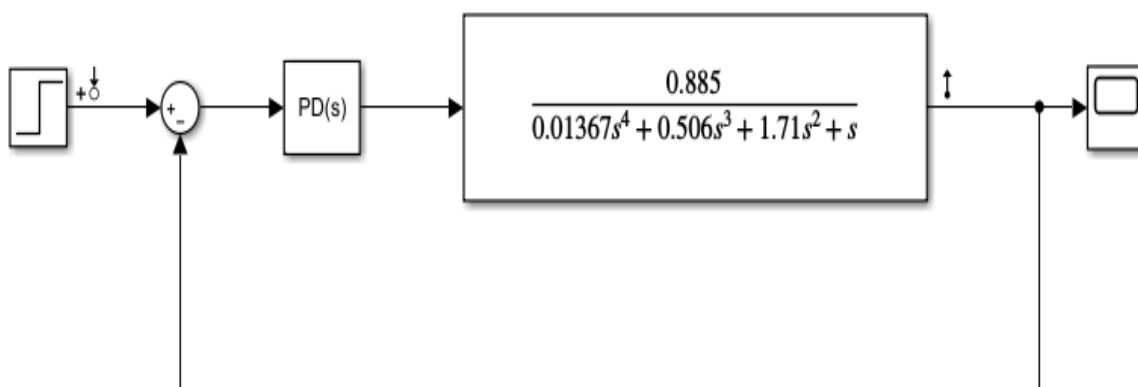
PD-реттегіші бар жүйенің өтпелі процесі 2.19 – суретте көрсетілген.



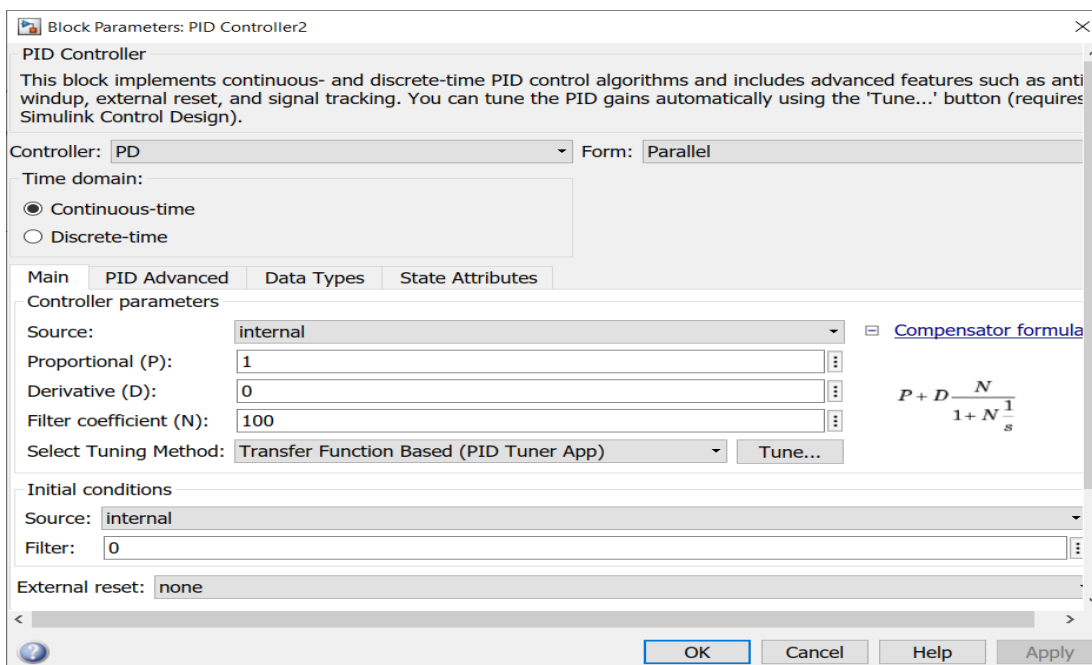
2.19 – сурет - Реттегіші бар жүйенің өтпелі сипаттамасы

2.19 – суретке қарап, PD-реттегіші жүйенің жылдамдығын арттырды, жүйенің тербелісін азайтты, шамадан тыс қайта реттеу сапасын азайтты деп айтуға болады.

MATLAB «Auto-tune» көмегімен PD реттегішін баптау. «Auto-tune» – бұл реттегішті конфигурациялау әдісі, онда бағдарлама автоматты түрде реттегіштің оңтайлы коэффициенттерін таңдайды. Бұл әдіс жүйенің сапа көрсеткіштерін жақсарту және Зиглер-Никольс №2 әдісімен салыстыру үшін қолданылады. Бағдарламаны пайдаланып орнатуды орындау үшін, біз реттегішті схемаға қосамыз және реттегішті конфигурациялау панелін ашамыз. Содан кейін біз «Tune» опциясын қолданамыз.

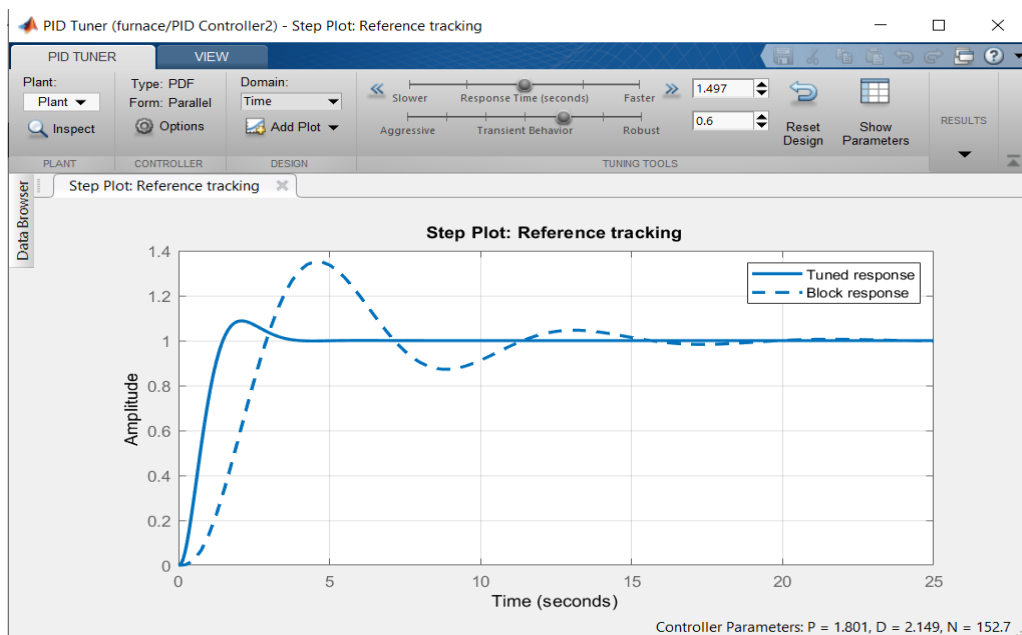


2.20 – сурет - PD-реттегіші бар жүйенің схемасы



2.21- сурет - PD-реттегішін конфигурациялау панелі

2.22 – суретте «Auto-tune» опциясы арқылы реттегішті конфигурациялау көрсетілген.

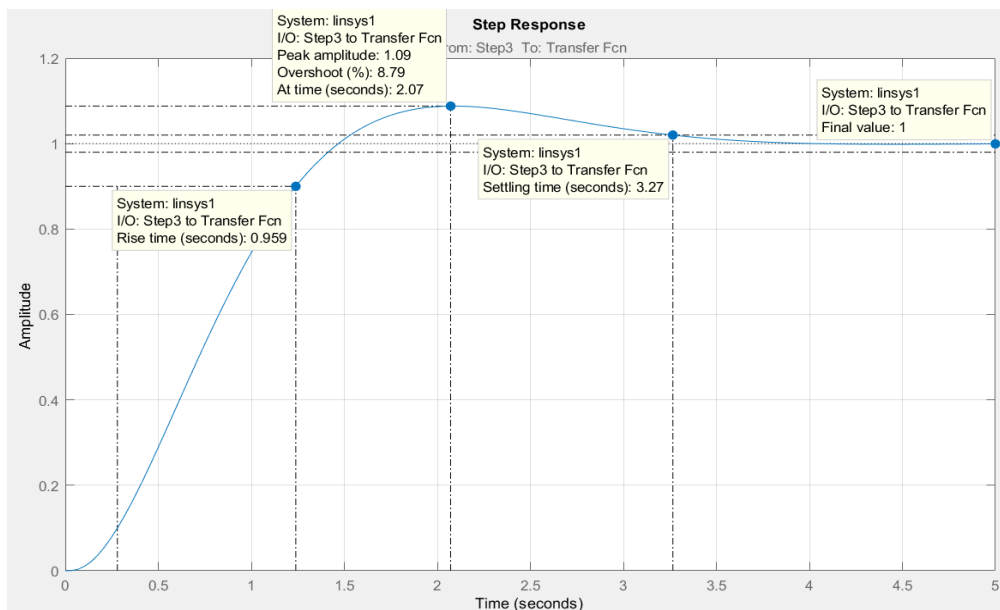


2.22 – сурет - PD-реттегішін орнату панелі

Баптау нәтижелеріне сүйене отырып келесі реттегіш коэффициенттері алынды:

$$\begin{cases} K_p = 1.801 \\ K_d = 2.149 \end{cases} \quad (2.49)$$

Енді алдыңғы әдістерге ұқсас, біз тікелей сапа көрсеткіштерін аламыз. Тікелей сапа көрсеткіштері бар өтпелі процесс 2.23 – суретте көрсетілген.

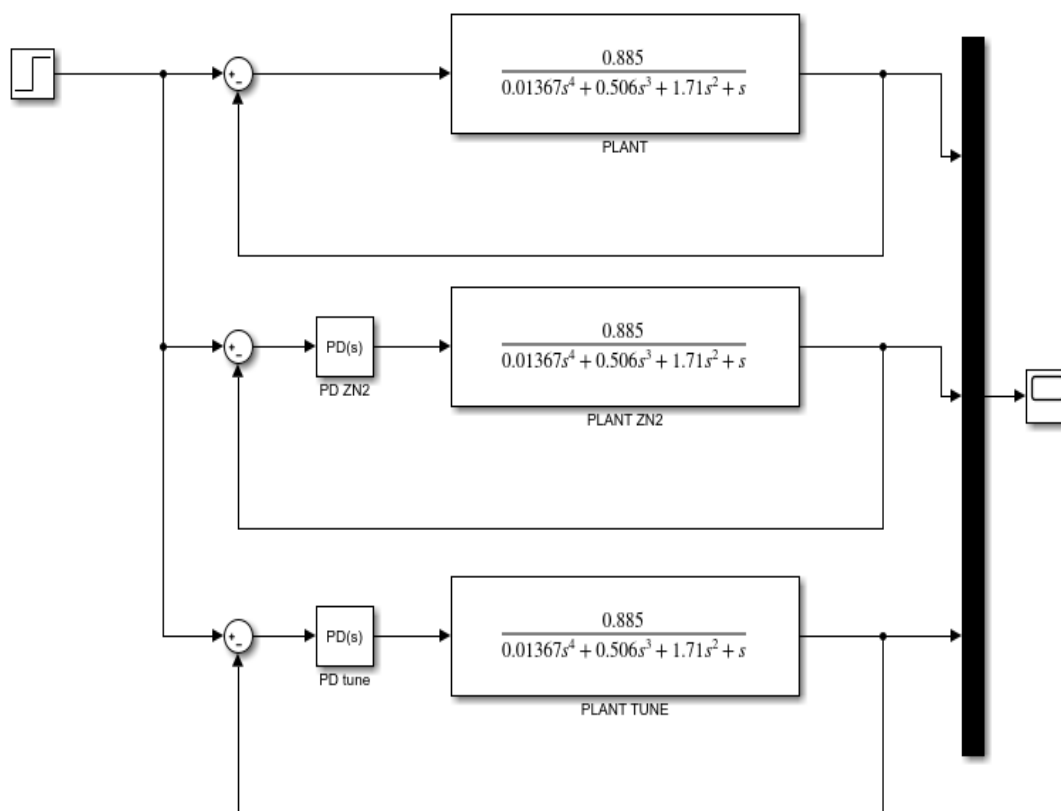


2.23 – сурет - Реттегіші бар жүйенің өтпелі сипаттамасы

2.23 – суретке қарап, PD-реттегіші жүйенің жылдамдығын бірнеше есе арттырды, реттеу уақыты 3.27с, ауытқу тербелістері жоқ, қайта реттеу азайды деп айта аламыз.

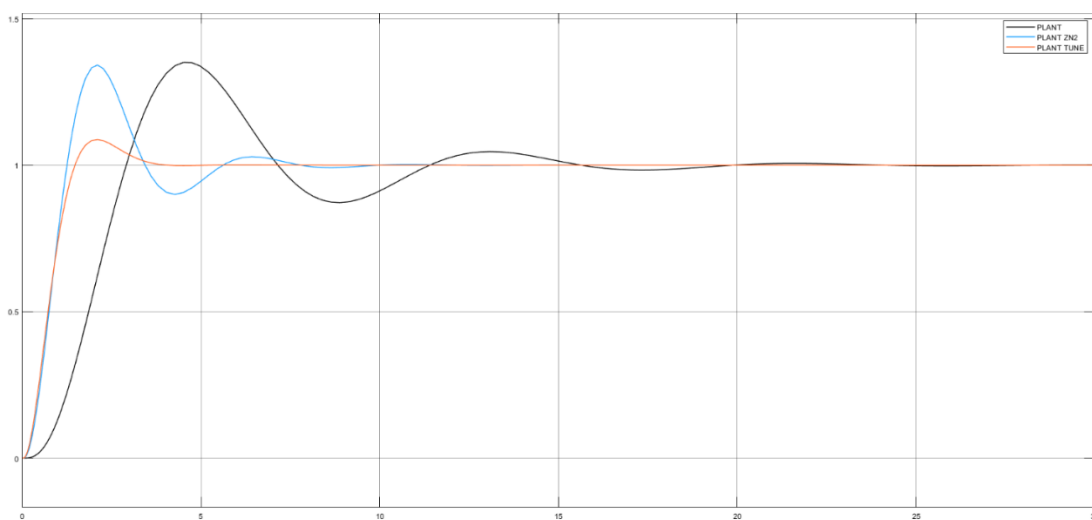
2.8.4 Синтез әдістерін салыстырмалы талдау

Біздің жүйені реттеудің ең оңтайлы коэффициенттерін анықтау үшін, біз реттегіштерді жасау әдістерін салыстырамыз. Салыстыру жүйенің өтпелі сипаттамаларын және оның сапа көрсеткіштерін талдауға негізделеді. 5.1 – суретте екі әдісті реттегіші жоқ жүйемен салыстырудың жалпы схемасы көрсетілген.



2.24 - сурет - Реттегішті баптау әдістерін салыстыруға арналған схема

Әдістерді салыстыру үшін біз жүйелердің өтпелі кезеңдерін аламыз. 2.25 – суретте реттегіштері бар жүйелерімен, реттегіші жоқ жүйенің өтпелі сипаттамалары көрсетілген.



2.25 - сурет - Өтпелі процестердің салыстырмалы графигі

2.25 - суреттен ең жақсы нәтижелерді «Auto-tune» әдісімен синтезделген реттегіш көрсетеді, мұнда «Auto-tune» әдісінің өтпелі процессін ZN №2 әдісімен салыстырғанда монотонды, қайта реттеу аз, тербеліс жоқ, сонымен қатар T_{set} жүйесін реттеу уақытында артықшылығы бар.

Толығырақ салыстыру үшін 2.6 – кестеге, жүйелердің тікелей сапа көрсеткіштері енгізілді.

Кесте 2.6 - Реттегіштерді баптау әдістерінің салыстырмалы кестесі

№	Сапа көрсеткіші		Реттегішсіз жүйе	ZN №2	Auto-tune
1	Реттеу уақыты	T_{set}	14.8с	7.03с	3.27с
2	Қайта реттеу	P_{ov}	35.2%	34.2%	8.79%
3	Тұрақты қате	e_{ss}	0	0	0
4	Өсу уақыты	T_R	1,8с	0.823	0.959с
5	Бірінші максимумға жету уақыты	T_p	4.63с	2.09с	2.07с
6	Тербелістер саны	M	2	2	0

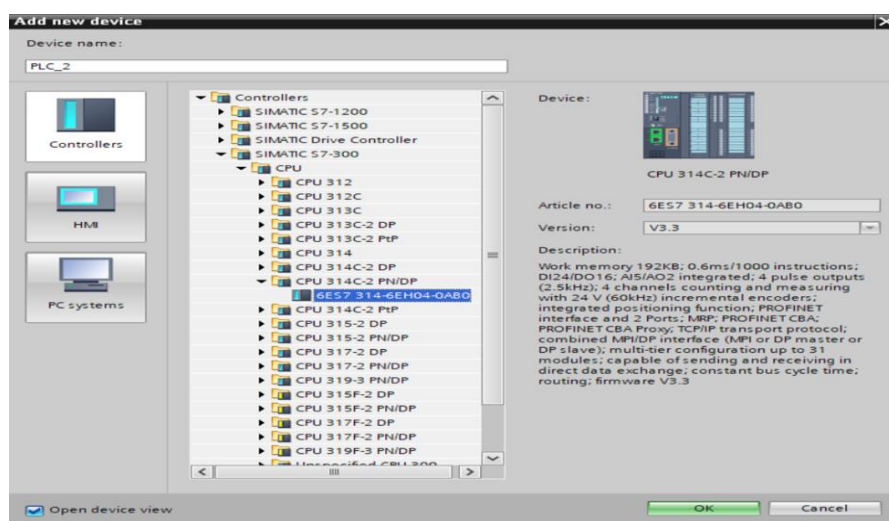
Сипаттамаларға қарап, реттегіш жүйенің көрсеткіштерін жақсартатыны анық. Егер біз реттегішті орнатудың екі әдісін бір-бірімен салыстыратын болсақ, онда нәтижелер бойынша ZN №2-ден «Auto-tune» әдісінің айқын артықшылығы көрінеді.

«Auto-tune» әдісінің реттегіші ең оңтайлы болып табылатындығын көруге болады, өйткені ол жылдамдықты бірнеше есе арттырды, реттеу уақыты 3.27с, қайта реттеуді 35.2%-дан 8.79%-ға дейін азайтты, тербелістер саны 0-ге айналды.

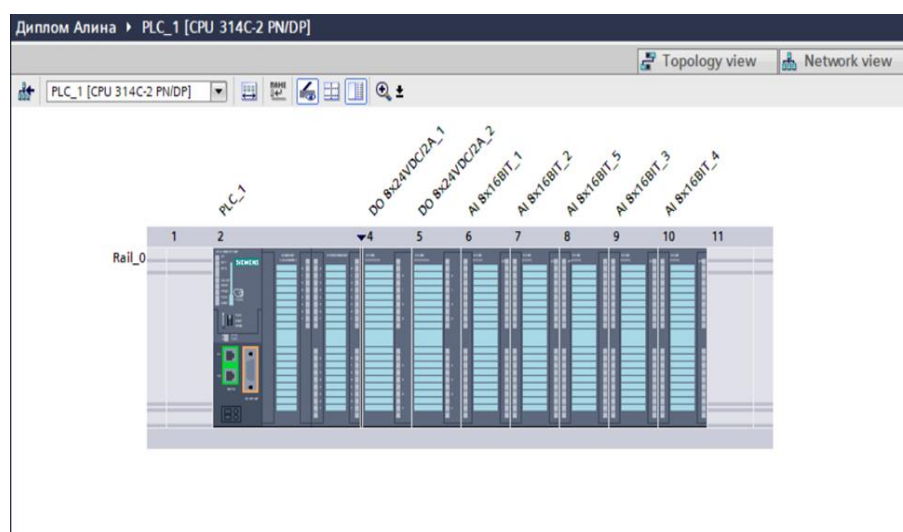
Осылайша, сары фосфорды электр балқыту процесіне «Auto-tune» әдісімен конфигурацияланған PD-реттегішін қолданған жөн.

2.9 TIA Portal бағдарламалау кешенінде визуализацияны жүзеге асыру

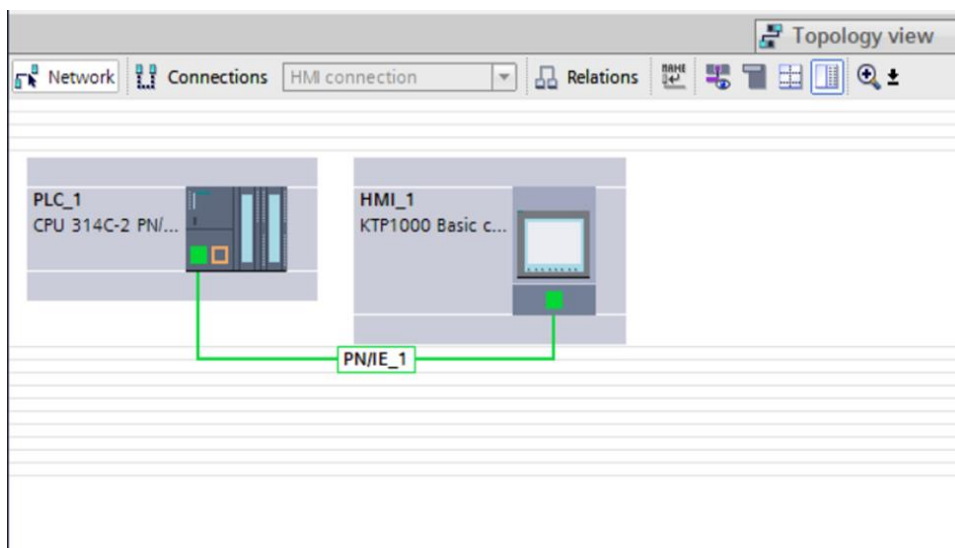
Сары фосфорды электрмен балқыту процесін автоматтандыру үшін Siemens компаниясының TIA Portal бағдарламалау ортасында бағдарламалық жасақтама жасалды. Бағдарламаланатын логикалық контроллер (PLC) ретінде Siemens S7-314C2 PN/PD контроллері таңдалды, бұл контроллер ішкі жадының үлкен көлеміне, кіріктірілген дискретті және аналогты енгізу/шығару арналарына және жоғары өнімділікке ие, осы сериядағы PLC көптеген жылдар бойы өндірістік қолданыста өзін жоғары сенімділік контроллері ретінде көрсетті. Сондай-ақ, S7-314 PLC-де көптеген кіріс/шығыс кеңейту блоктарын (аналогтық және дискретті) қосу мүмкіндігі бар және кеңінен қолданылатын өнеркәсіптік байланыс протоколдары: Profibus, Profinet, MPI бойынша ақпаратты оқу және жазу үшін қосымша жабдықты қосу мүмкіндігі бар.



2.26 – сурет- Контроллерді таңдау



2.27- сурет- CPU – 314C-2 орталық бақылаушы

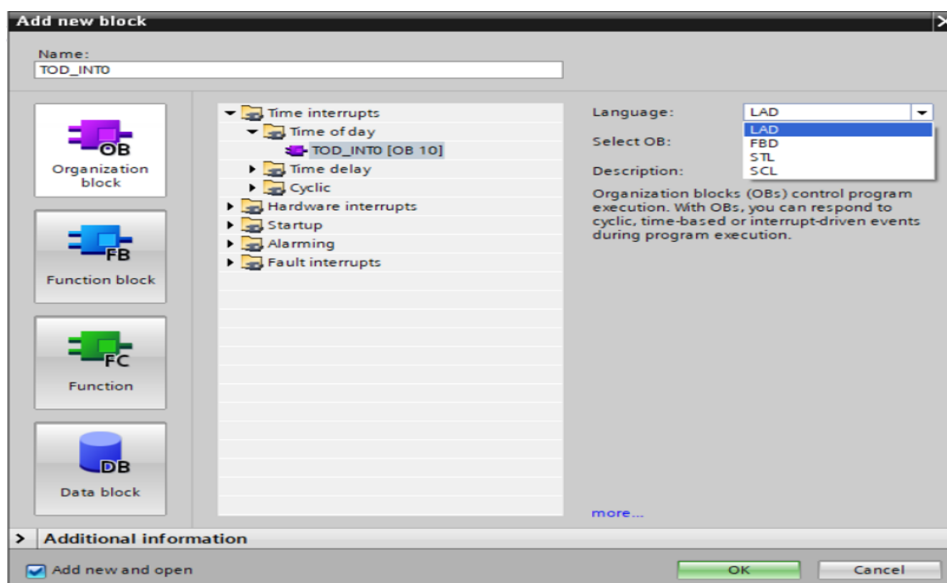


2.28- сурет - PLC-мен HMI арасындағы байланысы

Сары фосфорды электрмен балқыту аппаратының функционалдық схемасына сәйкес процесті автоматтандыру үшін қажетті дискретті және аналогтық кірістер/шығыстардың саны есептелді және PLC үшін келесі кеңейту модульдері таңдалды:

- дискретті шығыс модулі: DO 8 24VDC 2A 6ES7 322-1BF01-0AA0,
- аналогтық кіріс модулі: AI8X16BIT 6ES7 331-7NF00-0AB0.

Өндіріс процесін визуализациялау үшін және оператордың басқару пульті ретінде таңдалған PLC-мен толық үйлесімді HMI Siemens ktp1000 basic операторлық тақтасы таңдалды.



2.29- сурет- LAD тілін таңдау

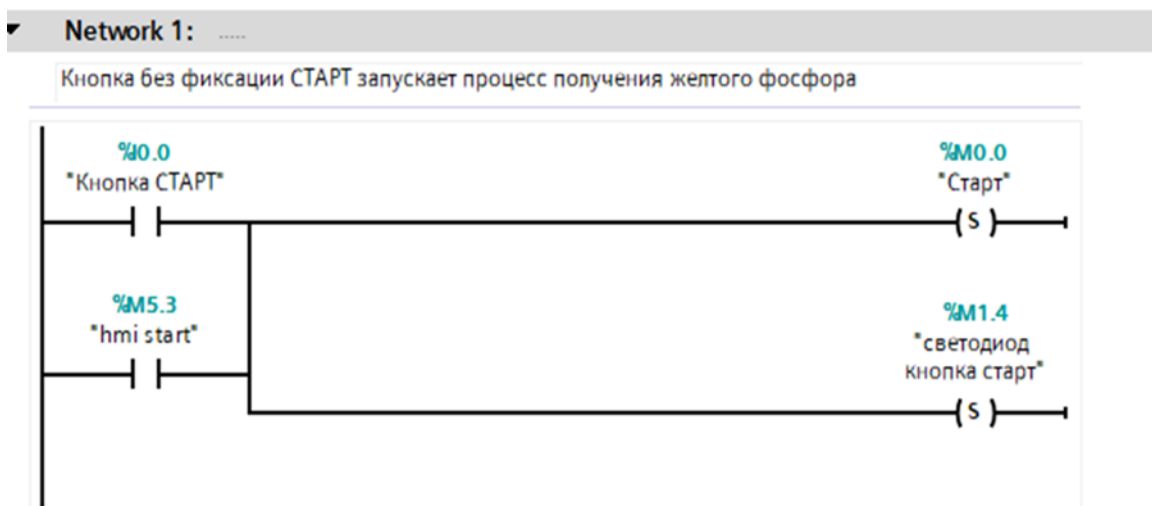
Сары фосфорды электрмен балқыту процесін басқару бағдарламасы LAD бағдарламалау тілінде жүзеге асырылады және бағдарламаны циклдік түрде

орындайтын OB1 негізгі ұйымдастыру блогынан және Сенсорлардан келетін аналогтық сигналдарды өңдейтін және масштабтайтын 14 функционалды FC блоктарынан тұрады, оларды нақты өлшенетін физикалық шамаға сәйкес келетін мәнге әкеледі.

Ұйымдастыру блогына оператордың белгілі бір әрекеттерінен немесе датчиктерден сигналдардан кейін бағдарламаны орындау бойынша бірқатар бағдарламалық нұсқаулар кіреді.

Name	Data type	Address	Retain	Access	Visible	Comment
Кнопка СТАРТ	Bool	%I 0.0				
СТУП	Bool	%I 0.1				
Датчик заттың бейнесі Буки...	Bool	%I 0.2				
TD1(1)	Int	%I008				
TD 2	Int	%I090				
TD 3	Int	%I092				
TD 4	Int	%I094				
QD 1	Int	%I096				
QD 2	Int	%I098				
QD 3	Int	%I000				
QD 4	Int	%I002				
td6	Int	%I800				
td5	Int	%I802				
LE1	Int	%I804				
LE2	Int	%I806				
TD7	Int	%I808				
Светодиод нн.Старт	Bool	%Q0.0				
Кнопка инвертированного газа для бу...	Bool	%Q0.1				
кнопка электрофильтра 9-10	Bool	%Q0.2				
кнопка для летки 4	Bool	%Q0.3				
кнопка для летки 5	Bool	%Q0.4				
кнопка перед конденсатор 13	Bool	%Q0.5				
кнопка воды для конденсатора	Bool	%Q0.6				
пульты электронки	Bool	%Q0.7				
Сигнал светодиодный о затоп.	Bool	%Q2.1				
пульты 1 (электрофильтр)	Bool	%Q2.2				
пульты 2 шим 11	Bool	%Q2.3				
пульты 3 шим 12	Bool	%Q2.4				
пульты 4 выключатель для о...	Bool	%Q2.5				
пульты 5 ящика 1	Bool	%Q4.5				

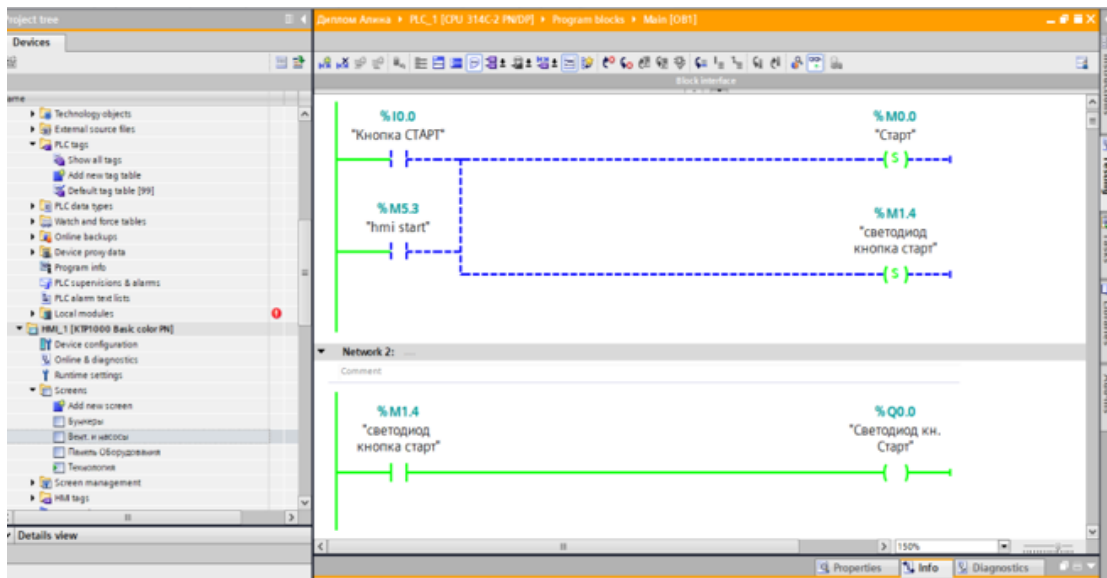
2.30- сурет- Өзара байланыс орнатуға қолданылатын символдар кестесі



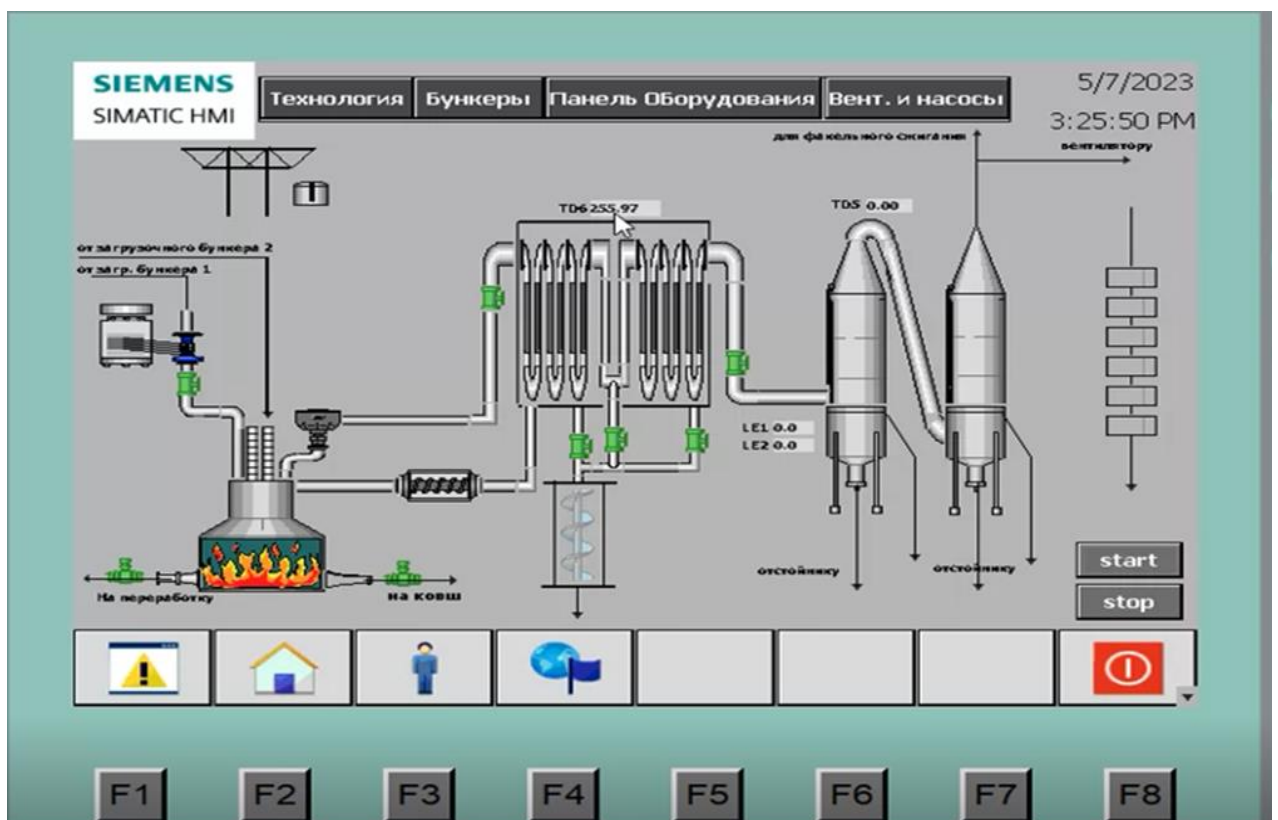
2.31 - сурет – LAD тіліндегі программа

Бағдарламаның басталуы, оператор бастау батырмасын басқаннан кейін немесе виртуалды Бастау батырмасын басқаннан кейін бағдарламадағы панельде

M0.0 және M1.4 биттері орнатылады ("0" бастапқы логикалық күйінен олар "1" күйіне өтеді) – жұмысты бастауға рұқсат беру сигналы.



2.32 - сурет – LAD тіліндегі программа



2.33- сурет – Сары фосфорды электрлі балқыту процесінің визуализациясы

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобада сары фосфор кен өндірісінің технологиясы ең қиын процестердің бірі болып табылатынын байқаймыз.

Бірінші тарауда шығарылатын сары фосфордың және өндірістің ортақ мінездемесі, фосфорды балқыту кентермиялық пешінің құрылысы, фосфордың физика-химиялық қасиеті қарастырылды.

Екінші тарауда пештегі балқыту процесі, сары фосфордың өндірілуі сонымен қатар сары фосфорды балқытуға арналған пештің АБЖ ТП моделін қалыптастыру қарастырылды. Нәтижесінде, ашық және жабық жүйенің Ляпуновтың бірінші әдісі бойынша, тұрақтылық анықталды. Ашық және жабық жүйенің орнықтылығын анықтау нәтижесінде, ашық жүйе орнықтылықтың бейтарап шекарасында болады, себебі жүйенің бір нөлдік полюсінен басқа барлық полюстер комплексті аймақтың сол жағында орналасқан. Осыдан жүйенің теріс нақты бөлігі және бір нөлдік түбірі бар екендігі шығады, сондықтан ашық жүйе Ляпуновтың бірінші критерийі бойынша орнықтылықтың бейтарап шекарасында деп есептеледі, ал жабық жүйенің барлық полюстері комплексті аймақтың сол жағында орналасқан. Бұдан жабық жүйенің барлық түбірлерінің теріс нақты бөліктері бар екенін атап өтуге болады, сондықтан жүйе Ляпуновқа сәйкес орнықты болып табылды.

Модельдеу нәтижесінде басқару жүйесінің сапа көрсеткіштерін бағалары алынды. Реттеу уақыты, өсу уақыты, бірінші максимумға жету уақыты және қайта реттеу нормаға сәйкес келмиді, сол себепті басқару жүйесіне арналған PD реттегіш синтезі қолданылды. Бұл реттегіштің компоненттері реттеу жылдамдықты арттыруға, сондай-ақ жүйенің тербелісін азайтуға мүмкіндік береді. MATLAB «Auto-tune» көмегімен PD реттегішін баптау әдісі жүйенің сапа көрсеткіштерін жақсарту және Зиглер-Никольс №2 әдісімен салыстыру үшін қолданылды. Әдістерді салыстыру реттегіштері бар жүйелерімен, реттегіші жоқ жүйенің өтпелі сипаттамалары және оның сапа көрсеткіштерін талдауға негізделген. Auto-tune» әдісінің реттегіші ең оңтайлы болып табылды, өйткені ол жылдамдықты бірнеше есе арттырды, ауытқу тербелістері жоқ, қайта реттеуді азайтты, тербелістер саны 0-ге айналды.

Осылайша, сары фосфорды электр балқыту процесіне «Auto-tune» әдісімен конфигурацияланған PD-реттегішін қолданған жөн.

Сары фосфордың технологиялық үрдісінің визуализациясы TIA Portal бағдарламалау ортасында бағдарламалық жасақтама жасалынды. Бағдарлама STEP 7 программасының LAD тілінде жасалды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Язиков В.Г., Забазнов В.Л., Петров Н.Н. Физические константы фосфора. Джамбул 2001.
- 2 Характеристика фосфорных печей “РКЗ-80Ф” ВНИИЭТО, Москва.
- 3 Эксплуатационно-технический паспорт электропечи РКЗ-80Ф-М1.
- 4 Технология фосфора. Под ред. В.А.Ершова, В.Н.Белова. Л. Химия. 1979
- 5 Электротермия фосфора. Под ред. В.А.Ершова, С.Д. Пименова. С-П. Химия. 1996.
- 6 Электротермические процессы химической технологии. Под ред. В.А. Ершова. Л. Химия. 1994.
- 7 Электротермия неорганических материалов. Гасик М.И. Киев. 1990.
- 8 Романчик А.Л., Рудакова Л.Н., Автоматизация технологических процессов. Учебное пособие, часть 2;/ АИЭС/ Алматы, 1995. - 72с.
- 9 Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике: учебник для студентов вузов – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 352 с
- 10 Калицун В.И., Бровин К.Г. Получения фосфора в электро печи. Москва 1986
- 11 Теория систем автоматического управления. – СПб: Издательство «Профессия», Бесекерский В.А., Попов Е.П. 2004. – 752 с
- 12 Ключева А.С. Настройка средств автоматизации и автоматических систем регулирования. М.: Энергоатомиздат, 1996
- 13 Справочник базовых цен на разработку технической документации на автоматизированные системы управления технологическими процессами. – М., 2002.
- 14 Черенков В.В. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник – Л.Ленинградское отделение, 1993 г. – 847 стр.
- 15 Рудакова Л.Н., Романчик А.Л. Автоматизация и автоматических систем регулирования. М.: Энергоатомиздат, 2007
- 16 Boulent Bate. PID – Einstellregeln Spezialgebiete der Steuer-und Regelungstechnik WS 2008/2009. Dortmund Schriftliche Ausarbeitung, 2009. – P. 23.
- 17 Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – 4-е изд., перераб. и доп.– С-П.: «Профессия», 2004. – 752 с.

ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР ТІЗІМІ

ЖШС	- Жауапкершілігі шектеулі серіктестік
ТМД	- Тәуелсіз Мемлекеттер Достастығы
ҚДЖ	- Кен термиялық дөңгелек жабық
КТП	- Кен термиялық пеші
ҰКҰ	- Ұсақ конустық ұсатқыш
КСҰ	- Конустық ұсатқыш
ТПҰ	- Тұрғын үй пайдалану ұйымы
ТП АБЖ	- Технологиялық процесстермен автоматтандырылған басқару жүйесі
ПИД	- Пропорционалды-интегралды-дифференциалды
ПД	- Пропорционалды-дифференциалды
ЗН	- Зиглер-Никольс

Бакалаврлық диплом жобасына

ШКІР

Асан Алина Нұржанқызы

6B07103 – Автоматтандыру және роботтандыру

Тақырыбы: Сары фосфорды электрлі балқыту процесін автоматтандыру

Бұл дипломдық жобада балқытудың электр және жоғары сапалы сары фосфор концентратының өнімділігін жоғарлату жобаның тәсілдерін зерттеу болып табылады.

Дипломдық жобада технологиялық өндірістің сегіз шихта жасайтын станциялардан және фосфорды алудың төрт технологиялық жолдарынан тұрады. Фосфорды алудың әрбір технологиялық жолы, фосфорлы электр пеші және пеш газының екі қарама-қарсы тазарту жүйелерінен тұрды. Технологиялық процестерді автоматтандыру жүйесінде орталықтанған аппаратты программалық комплекс болып табылатын компьютермен басқару жүйелері. Осы жүйені жасаудың мақсаты технологиялық процестерді автоматты бақылау және басқару, технологиялық режимдердің істен шығу себептерін анықтау, технологиялық құрылғыларды қауіпсіз және ұзақ мерзім пайдалану жолдары зерттелді.

Дипломдық жобада арнайы фосфорды өндіріу процесін автоматты басқару, сары фосфордың өндірілуі, MATLAB бағдарламасында сары фосфорды балқытуға арналған пештің АБЖ ТП моделі құрылды.

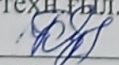
Дипломдық жоба Қазақстан Республикасының жоғарғы оқу орындарына қойылатын талаптарды қанағаттандырады.

Дипломдық жобаны орындау барысында Асан А.Н. автоматтандыру үрдісі бойынша толықтай өз білімін көрсетіп, алдына қойылған тапсырмаларды уақытында орындап, оларды шеше білді.

Жалпы дипломдық жобаны толық деп бағалап, оны орындаушы Асан Алина Нұржанқызы 6B07103- «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығы бойынша дипломдық жобаны қорғауға, техника және технология саласының бакалавры біліктілігін алуға лайықты деп санаймын.

Ғылыми жетекші:

«Автоматтандыру және басқару»
кафедрасының аға оқытушысы,
техн. ғыл. магистрі

 – Г.Е. Куандықова
«12» 06 2023 ж.

Бакалаврлық диплом жобасына

РЕЦЕНЗИЯ

Асан Алина Нұржанқызы

6B07103 – Автоматтандыру және роботтандыру

Тақырыбы: Сары фосфорды электрлі балқыту процесін автоматтандыру

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 2 парак
- б) түсініктеме 60 бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Бұл дипломдық жобада балқытудың электр және жоғары сапалы сары фосфор концентратының өнімділігін жоғарлату жобаның тәсілдерін зерттеу болып табылады.

Дипломдық жобада технологиялық өндірістің сегіз шихта жасайтын станциялардан және фосфорды алудың төрт технологиялық жолдарынан тұрады. Фосфорды алудың әрбір технологиялық жолы, фосфорлы электр пеші және пеш газының екі қарама-қарсы тазарту жүйелерінен тұрды. Технологиялық процестерді автоматтандыру жүйесінде орталықтанған аппаратты программалық комплекс болып табылатын компьютермен басқару жүйелері. Осы жүйені жасаудың мақсаты технологиялық процестерді автоматты бақылау және басқару, технологиялық режимдердің істен шығу себептерін анықтау, технологиялық құрылғыларды қауіпсіз және ұзақ мерзім пайдалану жолдары зерттелді.

Дипломдық жобада арнайы фосфорды өндіріу процесін автоматты басқару, сары фосфордың өндірілуі, MATLAB бағдарламасында сары фосфорды балқытуға арналған пештің АБЖ ТП моделі құрылды.

Дипломдық жоба Қазақстан Республикасының жоғарғы оқу орындарына қойылатын талаптарды қанағаттандырады.

Дипломдық жобада әдебиеттерге сілтеме аз жасалған.


ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы дипломдық жобаны «отлично» (98) және толық деп бағалап, оны орындаушы Асан Алина Нұржанқызы 6B07103- «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығы бойынша дипломдық жобаны қорғауға және техника және технология саласының бакалавры біліктілігін алуға лайықты деп санаймын.

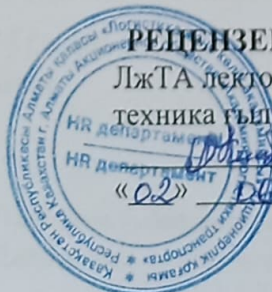
РЕЦЕНЗЕНТ

ЛжТА лекторы,

техника ғылымдарының магистрі

 Л.С. Кунтунова

«02» 02 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: Асан Алина Нұржанқызы

Название: Сары фосфорды электрлі балқыту процесін автоматтандыру

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 0.61%

Коэффициент подобия 2: 0.34%

Замена букв: 51

Интервалы: 0

Микропробелы: 19


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: 0.61% и Коэффициент подобия 2: 0.34%. 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 202 3 г.
Дата



Подпись заведующего кафедрой /
начальника структурного подразделения

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

«31» мая 202 3 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: Асан Алина Нұржанқызы

Название: Сары фосфорды электрлі балқыту процесін автоматтандыру

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 0.61%

Коэффициент подобия 2: 0.34%

Замена букв: 51

Интервалы: 0

Микропробелы: 19

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 1:0.61% и Коэффициент подобия 2:0.34% . 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

