

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Ақжігіт Дидара Асқарқызы

«Көзілдірік линзаларын жабуға арналған аппараттың параметрлерін автоматты
түрде реттеу әдістерін әзірлеу»

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07107 – Робототехника және мехатроника

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

ӘОЖ 665.622.43.046.6-52 (043)

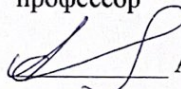
Қолжазба құқығында

Ақжігіт Дидара Асқарқызы

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ (ЖОБА)

Диссертацияның атауы Көзілдірік линзаларын жабуға арналған аппараттың
Дайындау бағыты параметрлерін автоматты түрде реттеу әдістерін әзірлеу
7M07107 – Робототехника және мехатроника

Ғылыми жетекші
PhD, қауымдастырылған
профессор

 Алимбаев Ч.А.

«11» 06 2025 ж.

Рецензент
Техника ғылымының кандидаты,
қауымдастырылған профессор

 Сейдилдаева А. К.
«06» 06 2025 ж.

Норма бақылаушы
Тех. ғылым. маг., оқытушы,

 Игембай Е. А.
«11» 06 2025 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі РТЖАТҚ
Техника ғылымының кандидаты,
профессор

 Қ.Ө. Өжікенов
«12» 06 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

7M07107 – Робототехника және мехатроника

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі РТЖАТҚ
Техника ғылымының кандидаты,
профессор

Қ.Ә. Өжікенов

«12» 06 2025 ж.

Магистрлік диссертацияны орындауға арналған ТАПСЫРМА

Магистрант Ақжігіт Дидара Асқарқызы

Тақырыбы Көзілдірік линзаларын жабуға арналған аппараттың параметрлерін автоматты түрде реттеу әдістерін әзірлеу

Университет ректорының 2022 ж. « 25 » 03 № 430 - М бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі « 02 » маусым 2025 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері:

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Әлемде қолданыста келе жатқан көзәйнек жабын жабу процессінің түрлеріне және технологиялық басқару жүйелерінің түрлеріне шолу жасау

б) Жасалынған анализдерге байланысты роботты кешенді жобалау

в) Жобаланған роботты кешен элементтеріне ғылыми түрлегі негіздеме жасау

г) Роботты кешен элементтерін автоматты басқару алгоритмдерін ойластыру

Графикалық материалдың тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайтарда 20 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 10 әдебиеттер тізімі және 2 қосымша

**Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Көзәйнек жабындары мен оларды басқару технологияларына әлемдік шолу.	16.01-12.02.2025ж	Орындалды
Жасалынған анализдерге байланысты роботты кешенді жобалау	12.02-20.04.2025ж	Орындалды
Жобаланған роботты кешен элементтеріне ғылыми түрлегі негіздеме жасау.	20.03-17.04.2025ж	Орындалды
Роботты кешен элементтерін автоматты басқару алгоритмдерін ойластыру.	17.04-15.05.2025ж	Орындалды
Қорытынды бөлім	16.05-19.05.2025ж	Орындалды

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қытысты бөлімдердегі
диссертациялар кеңесшілері мен қалып бақылаушының
қолдары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Еңбекті қорғау бөлімі	Аймуханбетов Е.А., техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы.	11.06.25	
Норма бақылаушы	Игембай Е.А, техника ғылымдарының магистрі, оқытушы	11.06.25	

Ғылыми жетекшісі

Алимбаев Ч.А.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Ақжігіт Д.А.

Күні

«11» 06

2025 ж.

АҢДАТПА

Бұл магистрлік диссертация көзілдірік линзаларына жабын қабатын автоматты түрде жағуға арналған жаңа робототехникалық кешенді жасауға бағытталған. Жұмыс аясында жабын жағу сапасын жақсарту және процесті басқаруды оңтайландыру мақсатында жаңадан инженерлік шешімдер әзірленіп, ерекше құрылым ұсынылды.

Жүйенің жұмысы математикалық модельдеу арқылы зерттеліп, MATLAB Simulink бағдарламалық ортасында жүзеге асырылды. Басқару алгоритмі Siemens маркалы өнеркәсіптік контроллер негізінде құрастырылып, процестерді нақты реттеу үшін PID-регуляторлар енгізілді.

Диссертацияда роботтың құрылымдық және функционалдық сызбалары, негізгі техникалық сипаттамалары, үшөлшемді модельдері және басқару жүйесінің жұмыс принципі жан-жақты сипатталған. Жүргізілген модельдеу нәтижелері өтпелі процестердің графиктері және есептік деректермен дәлелденген.

Кілт сөздер: автоматтандыру, жабын жағу, көзәйнек линзасы, робототехникалық жүйе, PID-регулятор, датчиктер, математикалық модельдеу, 3D-модельдеу, Siemens контроллері, Simulink.

АННОТАЦИЯ

Целью данной магистерской диссертации является разработка инновационного робототехнического комплекса, предназначенного для автоматического нанесения покрытий на линзы очков. В процессе работы была предложена оригинальная конструкция, способствующая повышению стабильности технологического процесса и улучшению качества готовой продукции.

Математическая модель системы была построена в программной среде MATLAB Simulink. Алгоритмы управления реализованы на базе контроллера Siemens с применением ПИД-регулирования для обеспечения высокой точности отклика системы.

В работе представлены структурные и функциональные схемы комплекса, описаны основные технические характеристики, трёхмерные модели оборудования и схемы управления. Эффективность системы подтверждается результатами моделирования, представленными в виде графиков переходных процессов и аналитических расчётов.

Ключевые слова: автоматизация, робототехника, покрытие линз, ПИД-регулятор, сенсоры, Siemens, Simulink, моделирование, трёхосевой робот, управление процессами.

ABSTRACT

This master's thesis focuses on the development of an innovative robotic complex for the automated coating of eyeglass lenses. A novel mechanical design has been proposed to enhance the stability and precision of the coating process, along with custom solutions in both hardware and control systems.

A dynamic mathematical model of the system was implemented in the MATLAB Simulink environment. The control logic was based on Siemens industrial controllers, incorporating PID controllers to ensure precise parameter regulation and system responsiveness.

The thesis provides detailed structural and functional diagrams of the robotic setup, outlines its technical specifications, and presents 3D models of the system. Simulation outcomes are validated through plots of transient responses and analytical computations, demonstrating the performance of the proposed approach.

Keywords: automation, robotic complex, lens coating, PID control, sensors, Siemens controller, Simulink, mathematical modeling, 3-axis robot, 3D design.

ҚЫСҚАРТЫЛҒАН ТЕРМИНДЕР ТІЗІМІ

PLC	Бағдарламаланатын логикалық контроллер	Programmable Logic Controller
OPC UA	Бірыңғай ашық коммуникация архитектурасы	Open Platform Communications Unified Architecture
PROFINET	Өнеркәсіптік Ethernet желілік хаттамасы	Process Field Net (Industrial Ethernet)
SCADA	Диспетчерлік басқару және деректерді жинау жүйесі	Supervisory Control and Data Acquisition
HMI	Адам-машина интерфейсі	Human-Machine Interface
MES-360 / MES	Өндірісті атқару жүйесі (Satisloh MES-360)	Manufacturing Execution System
ERP	Кәсіпорын ресурстарын жоспарлау	Enterprise Resource Planning
PID	Пропорционалды-интегралды-дифференциалды реттегіш	Proportional-Integral-Derivative Controller
MATLAB	Матрицалық зертханалық бағдарламалық орта	MATrix LABoratory
Simulink	MATLAB ортасындағы динамикалық модельдеу құралы	Simulink (Simulation & Link)
PVD	Физикалық бу арқылы жабын жағу технологиясы	Physical Vapor Deposition
SCARA	Таңдамалы сәйкестік буын-буын робот	Selective Compliance Assembly/Articulated Robot Arm
S7-300/1500	Siemens S7 сериялы PLC-контроллерлері	Siemens S7-300/1500 PLC Series

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	6
1 Теориялық негіздер	8
1.1 Көзілдірік линзаларына жабын жағу процессінің роботты кешендеріне шолу	8
1.2 Линзаларға жабын жабу процессінде қолданылатын сезгіштер	18
1.3 Линзаларға жабын жабу роботтарына және олардың сипаттамаларына жалпы шолу	22
2 Робот кешенінің құрылымдық-әдіснамалық негіздері	30
2.1 Роботты кешенді жобалау	30
2.2 Робототехникалық кешенге таңдалынған компоненттер	34
2.3 Робототехникалық кешендегі басқару процесстері	39
3 Жүйені модельдеу, алгоритмдеу және іске асыру	44
3.1 Роботты кешен компоненттерінің математикалық модельдері	44
3.2 Роботты кешенді автоматты түрде басқару алгоритмдерін құру	57
Қорытынды	
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	
Қосымша А	
Қосымшасы Б	

КІРІСПЕ

Қазіргі кезеңде әлем экранизациялық құрылғылар әр-түрлі гаджеттер ойластырылып қолданысқа кіруде. Адам өміріндегі барлық жұмыстар компьютерге тығыз байланысты орын алуда. Осы гаджеттерден және компьютер экранынан түскен сәулелер адам көзіне кері әсерін тигізетіні сөзсіз. Сол себепті осы сәулелер және тағы басқада фактарлармен туындайтын көз ауруларына қарсы көзәйнектер жасалыну үстінде. Қазіргі кезде көзәйнек жасау технологиясы өте жедел түрде дамуда және көзәйнектердің алуан түрлері өндірісте шығуда. Осыларды жасау технологиясы ішінде кең тарағаны ол шыны әйнектен жасалған көзәйнектер болып табылады. Көзәйнектерді жасау технологиясының өзі өте күрделі болып келеді. Күрделілігі соншалықты оны басқару үшін арнайы роботты кешендер, автоматтандырылған немесе жартылай автоматтандырылған жүйелер, роботтық қысып ұстап тұру механизмдері қолданылады. Технологияның ішіндегі күрделісі ол осы шыныдан жасалған көзәйнектерге жабын жабу процессі болып табылады. Жабын жабу процессі үлкен технологиялық кезеңдерді қамтиды. Диссертациялық жұмыста осы жабын жабу процессінің көп түрлігі мен автоматты түрде басқару аспектілері сараланып қарастырылады. Негізгі мәселелер ретінде қарастырылатын технологиялық тарау бұл жерде көзәйнек жабынын жасайтын роботтық кешен элементтеріне линзалардың химиялық арнайы қоспалармен байытылған ванналарға түсуіне байланысты болмақ. Ванналарды арнайы қыздырып ұстайтын қыздарғыш элементтері және кешенде қызмет көрсететін робот типтеріне байланысты болмақ. Роботты кешеннің элементтеріне талдау жасалынып олардың автоматты түрде басқару жүйесін реттеу болып табылады. Жалпы әлемде бұндай кешендерді жасау роботтар типіне жабын түрлеріне байланысты болып келеді. Жабын түрлері бір типті болатын болса онда тек қана бір ванналы қорытпа қолданылуы мүмкін. Егер көп қабатты жабындар болатын болса онда кем дегенде технологиялық циклдер көп ванналы соның ішінде әр түрлі температураны қамтамасыз ете алатын түсінікте орын алады. Бұндай роботты кешендер технологиясы белгілі болғанымен, оларды басқару және жұмыс объектісі ретінде жұмыс жасайтын роботтардың типтері технологиялық процесстің кейбір мәліметтері құпия болып келеді. Сол себепті осы типті роботты кешендерді жасау еліміздегі осы көзәйнектерге жабын жасау процессінің тез дамуына жол ашады. Жалпы көзәйнектер немесе басқада типті роботты кешендерде қандай роботтар жұмыс жасайтыны белгілі. Олар жалпылай робот манипуляторлар, декартты роботтар, дельта роботтар және тағы басқа роботтар болуы мүмкін. Бірақ жалпы өндірісте осы роботтар жұмыс жасайды. Жасау еліне байланысты әр-түрлі типтерге бөлінеді. Есептік параметрлік көрсеткіштеріне байланыстыда көптеген типтерге жіктелінеді. Сипаттамалары ішінде олардың жүк көтерімділігі және қысу механизмдері және ұстайтын жетектеріне байланысты орын алады. Жұмыс осы роботтар модельдеріне типтеріне түрлеріне шолу жасалынып динамикалық және кинематикалық түрдегі есептеу жұмыстары жасалынады.

Диссертациялық жұмысқа қойылатын негізгі тапсырма:

1. Әлемде қолданыста келе жатқан көзәйнек жабын жабу процессінің түрлеріне және технологиялық басқару жүйлерінің түрлеріне шолу жасау.
2. Технологиялық процесс кезінде қолданылатын роботтар немесе механизмдер түрлеріне шолу жасау.
3. Жасалынған анализдерге байланысты роботты кешенді жобалау.
4. Жобаланған роботты кешен элементтеріне ғылыми түрлегі негіздеме жасау.
5. Роботты кешен элементтерін автоматты басқару алгоритмдерін ойластыру.
6. Кешен элементтерінің математикалық модельдерін құру.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты және өзектілігі: Еліміздегі көзәйнектер шығару процессін жеделдету және көзәйнектерге жабын жабу процессінің роботты кешендері және технологиялық процесстері және басқару процесстері құпия болғандықтан жабын жабу процессінің роботты кешендерін жобалау және процесстердің басқару жүйесін ойластыру.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы: Көзәйнектерге жабын жабу процессінің роботты кешендерін модельдеу және анализ бойынша сараланған роботарды кешендегі басқару жүйесін жасау. Жалпы процесстің математикалық моделінің алгоритмдерін ойластыру.

1 Теориялық негіздер

1.1 Көзілдірік линзаларына жабын жағу процессінің роботты кешендеріне шолу

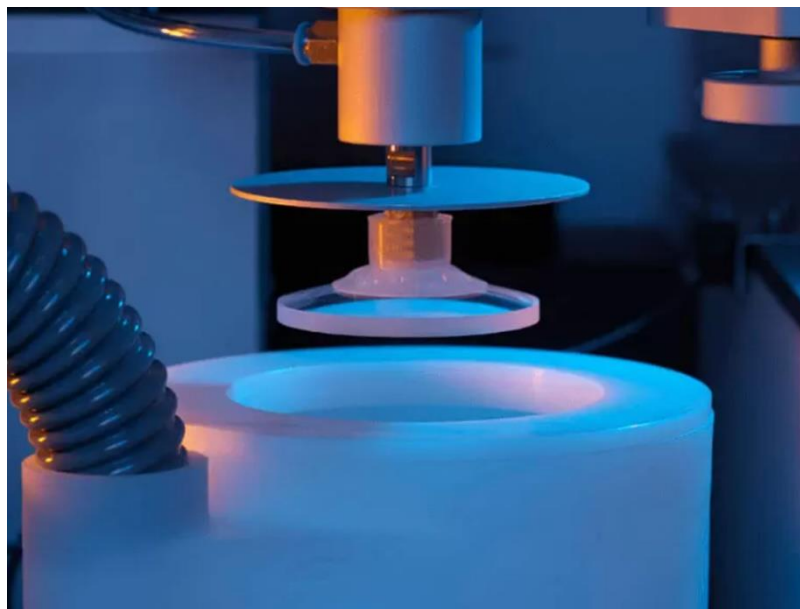
Қазіргі кезде офтальмологиялық көзәйнектер жасау процессі кеңінен дамыған. Көптеген елдерде линзаларды жасау және жабын ойластыру роботты техникалық жоғары автоматтандырылған жүйелерді қолданылады. Алдыңғы қатардағы өндірушілер жабын жабу линзаны жасаудың озық үлгідегі технологиясын ұсынады. Соның ішінде оптикалық және қатты жабындарды жабуға кешендерді ұсынып әр-түрлі технологияларды әсіресе PVD, спин арқылы жабу, дип арқылы жабу немесе УФ-арқылы лактау технологияларын роботтандырылған кешендерге беру жүйелерін конвейерлік автоматтандыру негізіне біріктіре алады. Төменде негізгі өндірушілер мен олардың роботтық кешендері және соның роботтың түрлері олардың қызмет ету аясы, техникалық көрсеткіштері, жабын жағу технологиясы сондай-ақ артықшылықтары мен кемшіл тұстары көрсетілген. [1]

Satisloh роботты техникалық кешеннің өнімдері. Жалпы бұл өндіріс орны Швейцарияда орналасқан. Алдыңғы қатардағы линзаларды жасау және линза жабын жабу бойынша озық үлгідегі технологиямен қамтамасыз етілген. Бұл өндіруші линзаға жабын жасауға арналған роботты кешендердің толық түрдегі роботтарын немесе тек белгілі бір жабын жабу процессін жасайтын жекелеген роботтар тізбегін береді. Бұл жердегі машина типтері олар Magna-Spin, Magna-Spin-Auto, оған қоса CDC/CDS көпбілікті машиналық агрегаттармен қосалқы жүйеде қамтамасыз етілген. Одан басқа тазалау, филтрден өткізу сияқты автоматтандыру модульдері бар және бұл модульдер MES-360 басқару жүйесімен басқарылады.



1.1-сурет – Satisloh компаниясының Magna-Spin роботтық кешені

Magna-Spin роботтық кешені бұл компанияның автоматандырылған өнімі болып табылады. Бұл кешендегі негізгі робот элементі ретінде SCARA типті роботтық манипулятор қолданылады. Роботтық манипулятор пневматикалық сорғы арқылы линзаларды қысып ұстап тұру механизмдерімен жабдықталған. SCARA роботында жалпы сезгіштер олар соңғы түрдегі механизмнің жүріс жолын анықтайтын және линзаларда жабын процессін тексеріп отыратын роботты көру жүйелерімен қамтамасыз етілген.

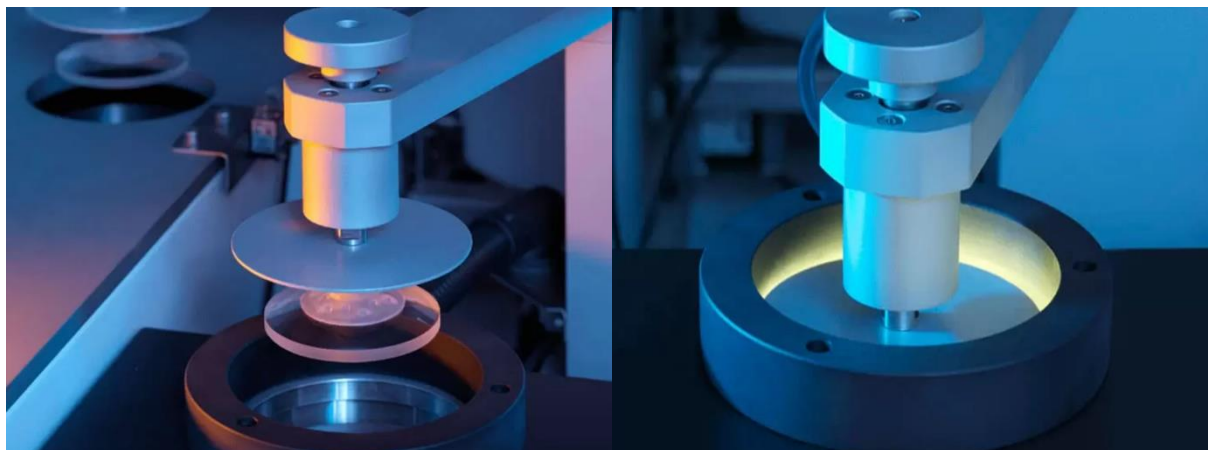


1.2-сурет – Magna-Spin роботтық кешеніндегі пневматикалық сорғы арқылы линзаларды қысып ұстап тұру механизмдері

Жалпы бұл роботтық жүйені басқару жүйесі ретінде MES-360 ақпараттық басқару жүйелері орналастырылған. MES-360 жүйесі — бұл *Satisloh* компаниясының арнайы әзірлеген өндірісті басқару жүйесі, ол нақты уақытта линзалар өндірісінің барлық сатыларын: генерация, полировка, тазалау, жабын жағу, тексеру және логистика процестерін біріктіреді. Бұл жүйе негізінен әдетте келесі типтегі PLC (бағдарламаланатын логикалық контроллерлерді) қолданады. Бұл контроллер жұмыс жасау жерлеріне байланысты әр-түрлі топтамаларға бөлінеді соның ішінде Siemens S7-300 немесе S7-1500 контроллері өндірістік мақсатта, Beckhoff немесе B&R Automation контроллерін тек кейбір жабдықтарда, Omron немесе Allen-Bradley контроллерін зертханалық мақсаттарда осы контроллерді қолданады. Жалпы бұл жүйе логикалық басқарылатын контроллермен тікелей жұмыс жасамайды. Олармен OPC UA немесе Profinet арқылы байланысады. Ал өндірісте болып жатқан процесстер бойынша жоғары санаттағы роботтар жүйелерді SCADA немесе HMI жүйесі арқылы жинап, реттілікке келтіреді. Одан кейін алынған мәліметтер негізгі MES-серверіне мәліметтерді жібереді. MES-360 жүйесі неліктен контроллерге сүйенетін бірнеше себепті бар олар:

1. Температура, қысым және қышықылдықты ұстау уақытын нақты басқару үшін;

2. Линзаларды робот арқылы аса дәлдікпен және реттілікпен беру тексеру процесстерін дұрыс жеткізу үшін;
3. Әр сезгіштің жабдықтардың жағдайын толық бақылау;
4. Жабдықтың жай-күйін ақаулармен логикасына қарсы әрекет сипаттамасын бақылап реттеу үшін пайдаланылады.



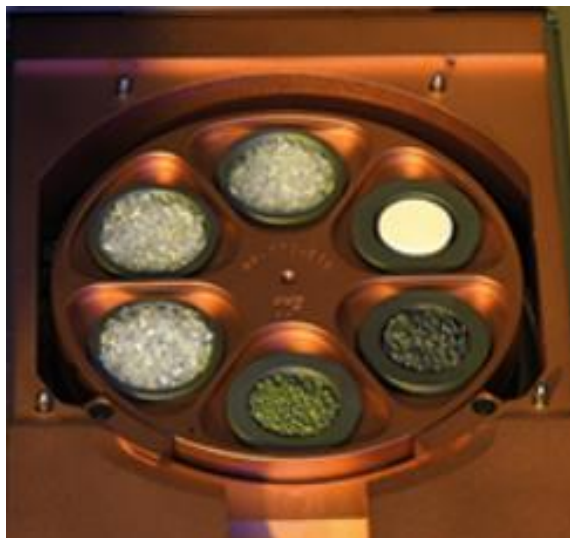
1.3-сурет – Magna-Spin роботтық кешеніндегі SCARA типтік роботы арқылы линзаларға қатты және УФ-лактау процессі.

Жалпы Magna-Spin роботтық кешенінің техникалық сипаттамаларына келетін болсақ:

- Кешеннің максималды өнімділігі сағатына 90-100 линзаларға жабын жаба алады. Бірақ бұл жерде линза диаметрі 75 мм ден аспауы қажет;
- Линза материалы органикалық әйнек немесе минералды әйнек болуы мүмкін;
- Негізгі өлшемдегі сипаттамалары 956 x 1100 x 1800 мм / 38 x 43 x 71 дюймді құрайды;
- Кешеннің массасы қосымша қосылатын бағыттауыштарынсыз 400кг құрайды.

Келесі роботтық кешен Satisloh компаниясының 900-TLX роботтық кешені болып табылады. Басқару жүйесі Magna-Spin роботтық кешенімен бірдей архитектурада жұмыс жасайды. Бірақта бұл жердегі жабын жасау формасы арнайы сұйықтықтық элементтерін аса дәлдікпен бүркеу процессі арқылы жүзеге асырылады. Бүркеу процессіндегі элементтер әр-түрлілігіне байланысты бөлінеді. Бұл дегеніміз бүркеуге арналған ұяшықтар санына байланысты болып келеді. Егер ұяшық саны немесе ұяшықтағы бүркеуге кететін элементтер саны көп болса онда көп түрлендірілген жабындарды алуға мүмкіндік бере алады. Жалпы кешеннің материалдық конструкциялық элементтеріне келетін болсақ конструкциялық элементтері көбіне тот баспайтын, химиялық коррозияға төзімді элементтерден жасалынады. Композитті материалдардыда қолдануға болады. Композитті материалдар көбіне су өткізбейтін және коррозияға өте төзімді болып келеді. Сол себепті осы материалдар қолданылады. Бұл роботтық кешенде ұяшық сандарын

ауыстырып немесе көбейтіп отыруға болады. Ол өз кезегінде өнімділікті арттыруға себеп бола алады. Өнімділік процесстері тікелей кешеннің бір минутта неше линза жабын алуына тәуелді функциялық қатынаста жүзеге асырылады (5-сурет).



1.4-сурет – Satisloh компаниясының 900-TLX роботтық кешеніндегі жабын материалдары салынатын ұяшықтар.

Жұмыс жасау принципі бойынша алдымен бұл кешенде жабын материалдары ұяшықтарға салынынады одан кейін линзалар куполды конструкцияға арнайы қысқыштар арқылы орнатылады. Орнатылған қысқыштарға линзалар бекітіледі (5-сурет). Одан кейін кешен есігі жабылып температуралық қыздыру орындала бастайды. Температуралық қыздыру кезінде алдымен ұяшықтардағы элементтер қызып балқу температурасына жақындаған кезде арнайы купол айналады. Ауа үрлегіштер арқылы ауа массасы сыртқа шығарылады. Осы арқылы жабын жабу процессі орындалады.



1.5-сурет – 900-TLX роботтық кешеніндегі линзалар салынатын ұяшықтар.

Ескере кететін конструкция бойынша бұл элементтер яғни куполдар әртүрлі болып келуі мүмкін және саныда өзгеріске ұшырайды. Келесі ретте осы роботтық кешеннің техникалық сипаттамаларына тоқталатын болсақ олар көбіне басқару жүйелеріне сипаттамаларына және оған қоса ақпараттық негіздемесіне байланысты болады.

Техникалық сипаттамасы:

Сыйымдылығы: 3 қабатты сыйымдылықтағы куполдарда диаметрі 70 мм болатын, 84 линза ал егер диаметрлі 65 мм болатын болса онда 90 линза сыйдыруға болады.

Келесідегідей материалды линзалық жабын жасауға болады: поликорбанат, трайвекс, акрил материалы және барлық әйнекті минералды элементтер.

Роботты кешеннің өлшемі келесідей: биіктігі-2304мм, ұзындығы-2585мм, ені-1824мм.

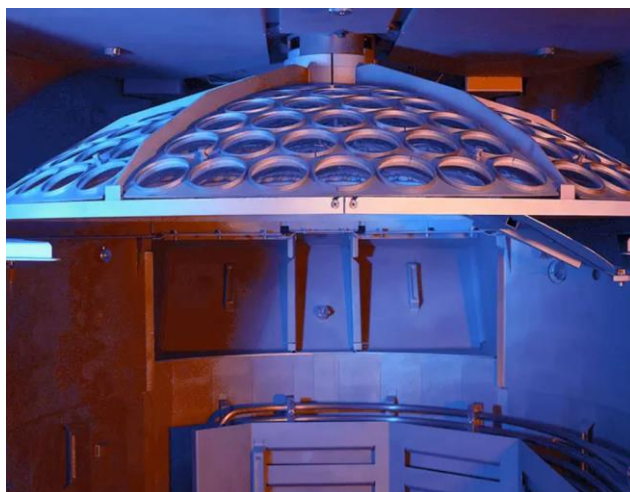
Массасы: 2675кг құрайды.

Бұл роботты кешен жалпы басқару жүйесі ретінде MES-360 жүйесін қолданғанымен деректер алмасу және интеграциялық қозғалыс деңгейіне PVD (Physical Vapor Deposition) технологиясы қолданылады және ол толық автоматтандырылған басқару жүйесімен жабдықталған.

Деректер алмасу және интеграция тізбегі келесідей орын алады: PLC ↔ SCADA ↔ MES-360

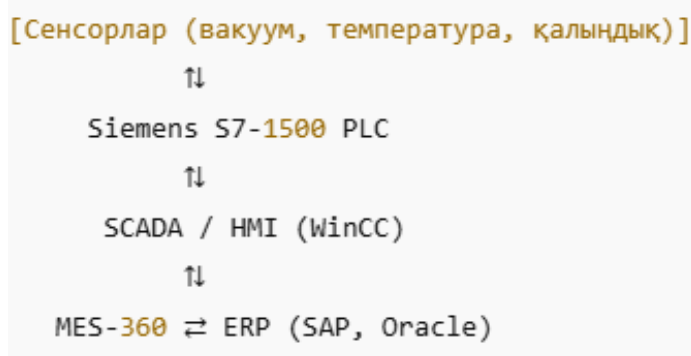
Вакуумдық жағдайды жеделдету және орнату күйі, рецепт бойынша толық орналасқан жабын параметрлерінің характеристикалары және өндірістік логтық сигналдардың жиынтығы алдымен MES-360 жүйесіне жіберіледі. Одан кейін PLC ↔ Сенсорлар (Pirani, термopapa, ток/кернеу сенсорлары) орын алады. Ол бізге процесс күйін ыңғайлы және дұрыс таңдау үшін мүмкіндік береді. Келесі сатыда MES ↔ ERP қондырғыдағы өндірістік есептер мен өнімділік статистикасын жоғары жүйеге жібереді.

Келесі қондырғы ретінде 1200-DLX-2 роботтық кешені қарастырылады. Бұл кешеннің басқа кешендерден артықшылығы жалпы өндірістік күшінде болып отыр, өндірістік күші көп болса массалық көлемі энергия тұтынуы көп болады. Қондырғы вакуумды аймақта жұмыс жасайды және қатты айналатын цетрфуга әсер етеді. Осы процесстер арқылы жабын жабу процессі орын алады.(6-сурет)



1.6-сурет –1200-DLX-2 роботтық кешені

Бұл қондырғыларда вакуумды күйде процесстер жүргеннен кейін қауіпсіздік деңгейлері жоғары деңгейде қарастырылған. Бұл арада егер вакуумды камерада есіктер ашылып немесе саңылау болып қалған жағдайда – интерлоктар іске қосылады. Төтенше жағдай орын алған кезде бірден – автоматты ажырату іске қосылады. Барлық жағдайлар бағдарламаланатын логикалық контроллерде және MES жүйесінде тіркеліп отырады (7-сурет).



1.7-сурет – Роботтық кешеннің жалпы архитектуралық байланыс көрінісі

Бұл кешенде басқарылатын негізгі параметрлер ретінде алдымен вакуум деңгейінің көрсеткіші өз кезегінде вакуум датчиктері арқылы, ал қыздыру элементтерінің температурасы PID-регуляторлар арқылы PLC жұмыс жасауының негізінде, жабын жабудың интенсивтігі берілетін қуат көздері арқылы, платформа куполдың айналу жылдамдығы сервомоторлар мен энкодерлер арқылы жүзеге асырылады. Роботты линияларға автоматтандырылған линза тасымалдау жүйелері ендірілген. HS-200 мобильді роботтандырылған орталықтарында 4 лотогымен бір айналымда 425 линзалар қозғалысын дәлдікпен ($\pm 0,1$ мм) тасымалдауға қабілетті. Бұл жүйе вакуумды ұстағыштар мен бұрылмалы механизмдер арқылы жабын камераларына материалды жоғары жылдамдықпен (≥ 250 мм/с) жеткізуді қамтамасыз етеді.

Роботтандырылған желіде:

- 4 немесе 6 осьті манипуляторлар;
- автоматты ленталық конвейерлер.

Келесі роботтық кешен ретінде толық түрдегі жабын жабу процессертері өтетін роботтық кешенге талдау жасалынады. CDS 2000 атымен белгілі жоғарыда көрсетілген өндірушілер шығаратын роботтық конвейерлік типтегі кешен болып табылады. Бұл кешеннің ерекшелігі ретінде жабын жабу процессінің технологиясын атап өтуге болады. Бұл жердегі жабын жабу процессі химиялық қосылыстардан тұратын сұйықтыққа линзаларды батыру арқылы жабын жасау процессін айтады. Бұл кешенде сонымен қатар жабын жабу процессінің барлық кезеңдері қарастырылған олар алдымен қатты жабын жағу процессі келесі жұқа жабын яғни қарапайым линзаның сәулелерден шағылысуынан қорғайды. Келесі процесс линзаларды кептіру процессі қарастырылады. Кептіру процессі өз кезегінде бірнеше этаптар артынан қайталануы мүмкін процесстер қатарына жатады. Одан кейін кешенде жоғары деңгейдегі сүзгілер орнатылған. Ол ауа айналыма жауап береді.



1.8-сурет – CDS 2000 роботтық кешенінің жалпы көрінісі

Бұл кешеннің техникалық сипатамаларына тоқталатын болсақ алдымен бұл кешеннің еңбек өнімділігін ескерген жөн. Жалпы роботтық желі декартты роботтар тізбектерімен қамтамасыз етілген. Декартты роботтар өз кезегінде арнайы датчиктермен қамтамасыз етілген сол датчиктердің бірі концевиктер болып табылады. Бұл концевиктер ПИД-регуляторлар арқылы басқарылады. Жалпы кешеннің техникалық сипаттамалары ішінде кешен сағатына 350-384 линзаға жабын жасап кептіру зонасынан өткізіп қолданысқа дайын түрде дайындап бере алады. Ал линзалардың өлшемдері 15-84 мм арасында орныға алады. Ұстау механизмдері осы өлшемге байланысты реттелінген. Линза қалыңдығы болса 50мм дейінгі қалыңдықты қамтамасыз ете алады. Жалпы ваннадағы температура 70-130 градус аралығында жүре алады.

Кешеннің габаритті өлшемдері 9860 x 1850 x 2700 мм-ді құрайды. Конструкция элементтері тот баспайтын металдық элементтерден (9-сурет) және композитті материалдар пластикті қоспалардан дайындалған. Басқару контроллері ретінде өндірістік логикалық басқару жүйесі ретінде Siemens контроллері қолданылады.



1.9-сурет – Линзаларды арнайы ұстау механизмдері арқылы ұстап сұйықтыққа батыру процессі

Жалпы оптикалық линзаларды жабу өндірісінде бағдарламалық және логикалық бағдарламаланатын контроллерлер кеңінен пайдаланылады. Жоғары дәлдіктегі жабын жабу процесін қамтамасыз ету үшін Siemens S7, ал Allen-Bradley сияқты PLC-контроллерлер пайдаланылады.

SCHNEIDER Optical Machines өндірушісінің роботты кешендеріне шолу, бұл жабын жабу кешендері өздерінің вакуумды ортада жұмыс жасауға белсенді PVD-жүйелерімен танымал болып келеді. Көбіне антишағылу және айна тәрізді жабын жасауға болады. Ендігі кезекте осы модульдердің бірі EBC 1400 кешеніне тоқталсақ. Жалпы кешен өте ыңғайлы компакты болып келеді. Конструкциясында тасымалдауға ыңғайлы етіп жасалынған. Бұл жердегі жабын жасау технологиясы ол вакуумды ортада шашырату арқылы жүзеге асырылады.



1.10-сурет – SCHNEIDER Optical Machines өндірушісінің EBC 1400 роботты кешені

Барлық SCHNEIDER машиналарын өндірісте сигнал беруі үшін Ethernet желісіне жалғанған. Температураны бақылау үшін Pt100 температуралық сезгіштерімен және реактордың ішіндегі вакуумдық ортаны бақылау үшін вакуумметрлер қолданылады. Газ беру қысымы дозаторлар арқылы бақыланады. Кептіру зонасында ауа ылғалдылығын өлшейтін аспаптар қолданылады. Механизмдердерің қозғалу позициясы дұрыс болуы үшін оларды дәлдігі жоғары сервожетектермен және энкодерлермен басқарылады. Бұл қондырғының техникалық параметрлері келесідей кезекте орын алады. Вакуумды интенсивтілік: $2 \times 4200 \text{ л/с}$ немесе $280 \text{ м}^3/\text{сағ}$.

Линзалар көлемі 5 қабатты куполды линза жинақтауыштан тұрады егер линзажинақтауыш көлемі осылай болатын болса онда бізде келесідегідей кезекте линзалар диаметрліне байланысты жиналуы мүмкін: Ø 60 мм – 320 линз Ø65мм–270линзалар, Ø70мм–240линзалар, Ø75мм–200линзалар, Ø 80 мм – 180 линзалар орналастыруға болады. Демек өнім көлемін арттыруға және линзалар диаметрлерін өзгертуге болады. Кешеннің жалпы масса 5500кг құрайды. Ал габаритті өлшемдері 4357 x 5991 x 3500 мм.



1.11-сурет –ЕВС 1400 жабын қондырғысының ішкі көрінісі.

Келесі жабын қондырғысы ретінде Bühler/Leybold Optics компаниясы қондырғылары қарастырылады. Бұл қондырғылар алдыдағы роботтық кешендерге ұқсас болып келеді. Көбісі вакуумды ортада линзаға жабын жабу технологиясын қолданады. Солардың ішіне зертханаларда қолданысқа ие материал CCS 700 қондырғысы болып табылады. Бұл қондырғының ерекшелігі конструкциялық икемділігіде болып отыр және модульді жинала алуында (12-сурет).



1.12-сурет – CCS 700 жабын қондырғысының көрінісі.

Келесі қондырғы ол SDC Technologies және Coburn компанияларының қондырғылары болып табылады. Бұл компания көп спектрлі жабын жабу технологияларын ұсынады. Бұл технологиялар өз кезегінде қарапайым және күрделі болып бөлінеді.



1.13-сурет – Velocity 2D линзаларға жабын жабу қондырғысы

Бұл компаниядағы линзаға жабын жабу процесстері негізінен бірнеше сатыдан тұрады. Олар линзаның беткі қабатын жоғары деңгейде дайындап алады. Жоғары деңгейде дайындалған материалдарды арнайы линзаны жуғыш ерітінділерді және ультрадыбыстық ванналарды пайдаланады. Су буы мен қалдықтардан айырылу үшін ыстық ауа мен инфрақызыл кептіргіштерді қолданады. Осы кезеңде алғашқы тазалау жұмыстары жасалынады. Келесі кезекте линзаға линзаны қатайтатын жабын жабу процессі жүреді. Қатайтатын жабынды жабу процессі 2 түрлі әдіспен жасалынады. Олар бірінші линзаларды ванналарға батыру арқылы келесі вакуумды айналдыру қондырғысында айналдыру арқылы жүзеге асады. Coburn Technologies компаниясында алдыңғы қатарда келе жатқан ProCoat және CrystalSpin жабын машиналары бар. Қосымша жабындар ретінде антибликті жабындар қолданылады. Бұл жабындар вакуумды PVD жабын жағу технологиясы негізінде жасалады. [2]

Кешеннің автоматтандырылған басқару жүйесіне келетін болсақ өз кезегінде арнайы сенсорлар мен PLC (бағдарламаланатын логикалық контроллерлер) көмегімен басқарылады. Coburn компаниясының жабдықтары Smart Coating Process Control атты жүйенің элементтерімен жабдықталған, ол нақты уақыттың ішіндегі деректер арқылы жабу деңгейінің сапасын реттейді. Жалпылама айтқан кезде роботты кешендердің толық түрдегі қандай сезгіштер қолданатынына назар аударсақ.

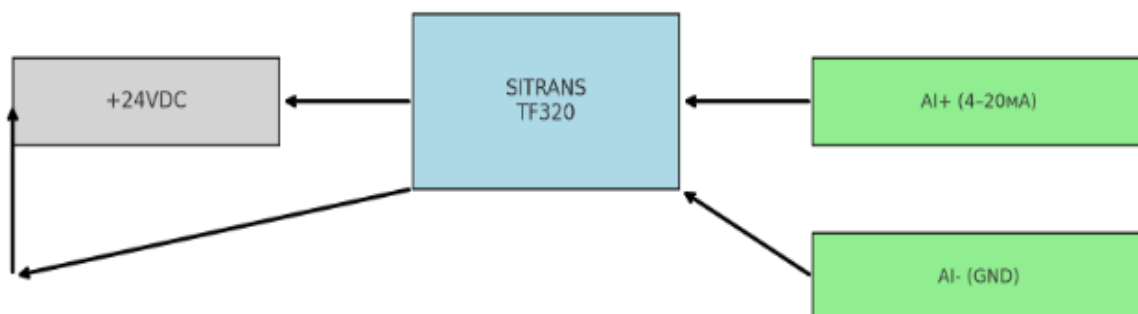
1.2 Линзаларға жабын жабу процессінде қолданылатын сезгіштер

Алдымен температура датчиктері тоқталсақ олар Jumo TN90 сезгіші, Siemens контроллерімен жұмыс жасайтын 7NG044 сезгіштерін қолданады. Siemens SITRANS TF320/TF420 сезгішінің сипаттамаларына тоқталатын болсақ олар: максималді температурасы 125 градус, ал минималды -45 градус аралығын қамтамасыз етеді. Габаритті өлшемдері: ұзындығы -15мм, ені-15мм, биіктігі-10мм құрайды (14-сурет).



1.14-сурет – SITRANS TF320/TF420 сезгіші жалпы көрінісі.

Siemens SITRANS TF320/TF420 -сезгіші мықты өндірістік температура сезгіштер қатарына кіреді. Өзінің цифрлі кірісі арқылы автоматты басқару жүйелеріне соның ішінде Siemens S7-1200, S7-1500 контроллеріне қосыла алады(15-сурет).



1.15-сурет - SITRANS TF320 сезгішінің Siemens S7-1200 контроллеріне қосылу схемасы

Бұл сызбада 24В қорек көзі сонымен қатар SITRANS TF320 сезгіші, бағдарламаланатын логикалық контроллердің аналогтық кірістері және кері байланыстағы бағыттары көрсетілген. Jumo TN90 осы іспетті нұсқада контроллерге қосыла алады. Бұл сезгіштің сипаттамалары төменде көрсетілген: 200 градусқа дейінгі температураны өлшей алады. Сонымен қатар температура сезгіштігі ұзындау болып келеді. Сондықтан линзаларға жабын жабу процесстерінде осы технологиялы сезгіштер кеңінен қолданылады. Ылғалдылықты тексеретін сезгіштер бұл кешендер келесі сезгіштерді қолданады. Бұл сезгіш элементі 0% арасындағы 100 % ылғалдылықты кеңінен өлшейді. 24В қуат көзімен қуаттанады. 3 пінді информация тасығыш каналдары сезгіш элементке жақындатылып жабдықталған. Массасы 250 граммды құрайды. Жұмыс жасау температурасы -40 градуспен +85 градус арасын қамтамасыз етеді. Бірақта бұл сезгішпен жұмыс жасау үшін алдымен калибровка жұмысы жасалынады. Егер қателік 3% аспайтын болса онда сезгіш дұрыс қызмет жасайды. Егер 3% асып кеткен жағдайда онда сезгіште ақау бар екенін көрсетеді [3].



1.16-сурет – HI1310 pH сезгіші

Қазіргі кездегі қолданысқа ие сезгіштердің бірі ол Redox-электродтары болып табылады. Redox-электродтары (редокс-электродтар немесе тотығу-тотықсыздану электродтары) – бұл тотығу-тотықсыздану реакциялары жүретін ортада редокс-потенциалды (Eh) өлшеуге арналған сенсорлар. Бұл сенсорлар тікелей ертіндімен байланыста болады. Тек сол арқылы информацияларды ала алады. Сол себепті өндірушілер Redox-электродтары элементтерін жоғары дәлдікпен жасап орналастырады. Сезгіш элементінің ішіндегі элементтер көбіне өте сезімтал материалдар болып табылады. Сол себепті ол элементтерді осындай өткізгіштер жасауға пайдаланады. Бұдан басқа да сезімтал элементтер бар сезгіштер көп болуы мүмкін бірақта ол элементтердің қымбат және си рек кездесуіне байланысты басқа сезгіштер өте қымбат тұрады. Қазіргі кездегі жабын жабу процессінде жасанды интелект басқаратын дәрежеге өтіп бара жатыр сол себепті осы технологияларды басқару жүйелеріне еңгізіп сезгіштерді өте тез және жоғары ділдікпен басқару ритмдері анықталу үстінде.



1.17-сурет – Redox-электродтары

Жалпы Redox-электродтары тотығу реакцияларын тексергендіктен олардың сұйықтық құйылған ванналардағы ертінді сапасын тексеру өте ынғайлы болып келеді сол себепті осы электродтарды пайдаланады бұл электродтар біріншіден микроконтролерге қосылады. Сол арқылы кері байланыс жасап қажетті параметрлерді бере алады.

Сезгіштің өлшеу диапазоны: -1120 мВ—+1100 мВ немесе -2120 мВ—+2100мВ;
Температураға шыдау диапазоны: 0—130 °С кейбір модельдерде 150 °С дейін баруы мүмкін.

Модульдің жұмыс жасау қысымы: 6 бар мен 12 бар арасында жүреді;

Калибрлеу: бір немесе бірнеше ертінділерге салу арқылы жүзеге асады;

Байланыс түрі: аналогты сигналды жіберу немесе бері коллекторлары арқылы жүзеге асырылады.

Келесі сезгіштер ретінде вакуумды датчиктер қарастырылады. Жабын жабу машиналарында Pfeiffer компаниясының вакуумметрлері қолданысқа ие болып келеді. Бұл вакуумметрлер жоғарыда айтылған вакуумды технология арқылы жабын жабатын машиналарда қолданылады. Вакуумметр тереңінен толық түрде логикалық контроллерге байланысады. Логикалық контроллер тура бағыттағы ПИД-регулятор арқылы жұмыс жасайды. Кері байланыс арқылы машина ішінде вакуумдық ортаның жоғалып кетпеуін қамтамасыз етеді. Бұған қоса вакуумметр байланысы қысып датчиктерімен тығыз байланыста әрекет етеді. Себебі қысым датчиктері осы сезгіштерге тура пропорционал болып келеді [4].

Жалпы кешенді автоматты түрде басқару кезінде көптеген қиындықтар туындамауы үшін автоматты басқару функцияларына барлық сезгіштер құрамы кіргізілуі қажет.



1.18-сурет – Pfeiffer Vacuum PKR 251 сезгіші

Pfeiffer Vacuum PKR 251 сезгішінің негізгі сипаттамалары келесі ретте көрсетілген: Жұмыс жасау диапазоны: 5×10^{-9} мбар до 1000 мбар. Шығу сигналдары: аналогты болып келеді (0–10 В), RS232/RS485. Қолдану аясы:

жалпы вакууммен қамтамасыз ету, вакуумды камераларда қолданыс табады. Сол себепті осы арқылы сезгіштің информация беру функциялық жылдамдығы ескеріліп, аналогты сигналдар арқылы жіберілген кезде ақаулар параметрлерін азайту үшін автоматты басқару жүйелерінде фильтрлер қолданылады.

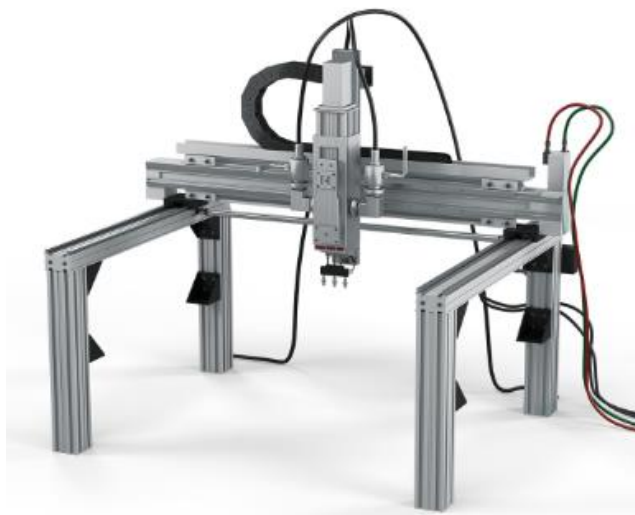
1.3 Линзаларға жабын жабу роботтарына және олардың сипаттамаларына жалпы шолу.

Жалпы қазіргі кезде линзаларға жабын жабу процесінде көптеген роботтар қолданылады. Сол роботтардың бірі skara роботы болып табылады. Көбіне жұмыс жағдайларына байланысты солардың бірі және бірегейі линзаларға сұйықтық жабының орнату болып табылады, осы арқылы линзалардың бетіне ыңғайлы материалдық қоспаны жабыстыра алады. Роботының ерекшелігі ол өнімділігі жоғары сапалы қызмет жасай алады. Роботтың түріне байланысты үш өсті немесе төрт өсті болуы мүмкін, бұндай контрукцияның болуы оның қандай жұмыс жасайтынына байланысты болады. Skara роботы көбінесе жабық сандықтың ішінде визуалды көруге көмек беретін ыңғайлы ортада жұмыс жасайды. Сондай-ақ бұл роботтарда көптеген сезгіштер орнатылған. Сезгіштердің бірі роботтың шекті күйін анықтайтын шекті сезгіштер болып табылады. Одан кейін роботта көру жүйесі енгізілген осы арқылы линзаның бетіндегі ақауларды анықтай алады, демек бұл роботтың жабын жабудағы процесіндегі рөлі өте үлкен екенін аңғартады. Одан басқа роботтың ішкі конструкциясына келетін болсақ ременді беріліс немесе тісті берілістер функциясы арқылы жұмыс жасайды. Одан әрі қарай осы роботтың техникалық сипаттамаларына тоқталсақ робот сервомоторлармен жұмыс жасайды. Сервомотордағы энкодер датчигімен кері байланыс жасап механизмнің қандай бұрышта екенін анықтауға болады. Skara техникада, өндірісте, медицинада қолданылады. Жабын жабу кезінде линзаға вакуумды ұстағыштар роботтың соңына бекітіледі. Вакуумды ұстағыш ауа массасының жұмысы арқасында жұмыс жасағандықтан линзаларға ешқандай ақаулар түспейді. Осы технологиялық процесс кезінде роботтың сервомоторларын контроллер арқылы драйверге сигнал беру жұмысы жасалынады. Драйверлер олар әр түрлі болуы мүмкін мысалға қадамдық жетектер немесе сервожетектер деп бөлінеді.



1.19-сурет – Линза жабынын жабуға арналған Skara роботы.

Келесі ретте декартты роботтар болып табылады. Жалпы бұл роботтар толық қамтамасыз етілген желілерде қолданылады. Декартты координата бойынша қозғалыс жасайтын робот болып табылады. Сол себепті декартты роботтар ыңғайлы және арзан болып келеді.

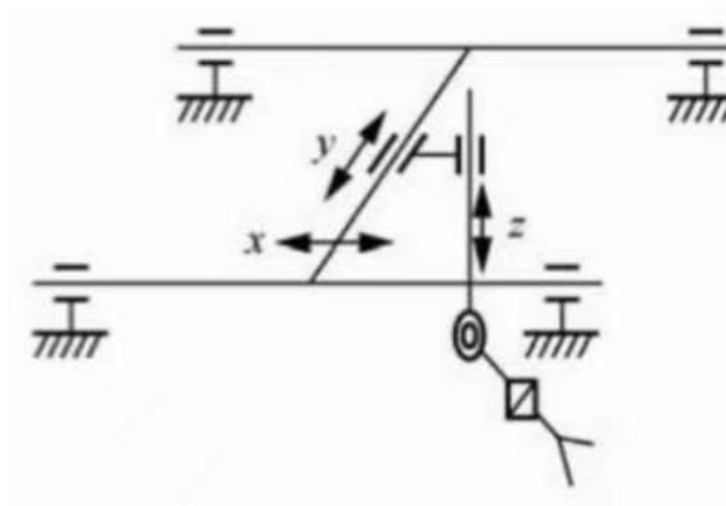


1.20-сурет – Толық тізбекті желіде жұмыс жасауға арналған декарт роботы.

Сондықтан бұл роботтарды толық жетекті сервомоторлармен немесе қадамды моторлармен басқарады. Басқару формасына қарай декартты роботтар бағдарламаланатын контроллер бойынша көптеген түрлерге бөлінеді. Технологиялық процесс кезінде бұл роботтар әсіресе қарапайым және

ыңғайлы тәсіл түрі болып есептелінетін химиялық ерітіндіге батыру бойынша жұмыс жасайды.

Келесі робот ретінде декартты робот алынды. Декартты робот үш өс бойынша қимыл жасайды және сол арқылы үш өстің кез-келген нүктесіне бара алады.



1.21-сурет – Декартты робот механизмі үш бойынша қозғалыс жасайды.

Сондықтан осындай роботтарды қолдану өндірісте кеңінен орын алуда. Бұл роботтардың әртүрлі микроконтрольермен жұмыс жасай береді. Қозғаушы күші винттік айналым жасайтын ұзын винттер болып табылады. Техникалық кешенді линзаларға жабын жабу процесінде көбінесе толық технологиялық желілерде қолданады.



1.22-сурет – Жабын жабу кешендерінде қолданылатын робот манипуляторлар.

Келесі робот ретінде алты өсті немесе төрт өсті робот манипуляторды атап өтуге болады. Робот манипулятор робот кешендерінде арнайы бағдарламалаудан өткеннен кейін эффективті түрде жұмыс жасай алады. Одан кейін оның үзбей олардың ұзындықтарын өзгерту арқылы жұмыс жасау облысын үлкейтуге немесе кішірейтуге болғандықтан осындай роботтарды қолдану технологиядағы мәселелерді шешу үшін көмектеседі (23-сурет).



1.23-сурет – Жабын жабу кешендерінде қолданылатын дельта робот

Келесі робот робот ретінде дельта роботын атауға болады. Дельта роботы үш өсі бір арнаға тоғысқан техникалық және тағамдық линияларда жұмыс жасайтын мықты роботтық конструкция және механизм болып табылады. Роботтың ерекшелігі ол пневма қондырғылар арқылы өте тез жұмыс жасай алады және сол арқылы басқару контроллері ретінде Siemens немесе Shneider контроллерлері алынады. Робот қазіргі кезде басып шығару принтерлерінде қолдану үстінде. Сол себепті бұл қондырғылар өте танымал. Келесі элемент ретінде Siemens микроконтроллері болып табылады [5].



1.24-сурет – Siemens контроллері

Бұл контроллер жалпы өзінің қуаты және логикалық операциялар жұмыс жасауы мықты болғандықтан өндірістік логикалық бағдарламаланатын контроллер болып табылады. Бұл контроллерлер тізбегінде алдыңғы қатарда келе жатқан заманауи озық үлгіде реттелген платалары бар және аналогты, дискретті сигналдар кіретін функциялық бағдарламалаушы қамтамасыздандыратын ерекшелігі бар қосымша жүйелермен жабдықталған. Жоғарыда көрсетілген желілердің барлығында осы Siemens және Shneider контроллерлерін қолданады.



1.25-сурет – Siemens контроллері

Келесі ретте сервомоторларға тоқталсақ бұлар өте үлкен жылдамдықпен жұмыс жасайтын жетектер болып табылады. Моторлардың ерекшелігі ішкі және сыртқы конструкциясында және қуатында және қандай энергия қолданылатындығында. Осы арқылы түрлі сервожетектерді қолданысқа еңгізуге болады. Жалпы технологиялық және техникалық процестер кезінде сан алуан датчиктер қолданылады. Солардың ішіндегі роботтарға ең маңызды датчикдің бірі бұл роботтың шекті күйін анықтайтын соңғы күй датчиктері болып табылады. Оларда өздерінің классификациясына байланысты көп түрде бөлінеді. Кейбір датчиктер лазерлі сигналдар арқылы жұмыс жасауы мүмкін. Кейбірі тек механикалық күштер әрекет еткенде жұмыс жасайды. Техникалық кешенді екі санаттада жұмыс жасайтын соңғы үлгідегі датчиктер қолданылады.



1.26-сурет – Шаговый двигательдің драйвері

Келесі қосалқы құрылғы ретінде бұл шаговый двигательдің драйвермен энкодері болып табылады. Драйвер алдымен микроконтрольдерден келген сигналды қабылдап сол сигналды модуляция арқылы қадамды жетекке жіберетін құрылғы, энкодер болса жетектің қанша айналым жасағандығын бізге есептеп бере алады. Демек осы екі позициялық датчиктер арқылы біз роботтың қандай жерде келе жатқандығын көре аламыз және сол арқылы алдыға қарай микроконтрольдердің жоспарын толық түрде орындауға мүмкіндік туады. Датчиктер айналу параметрлерінің беру функциялары арқылы қадамдық жүрісіндегі ақпараттарды толық алуға мүмкіндік береді. Электрожетек жүрісі ретінде техникалық түрде конструкциялық жоба бойынша әзірленген функциялық бағдарламалар қолданылады сол себепті бұл екі датчикдің электрлі жетектермен жұмыс жасау кезіндегі беретін информациясы өте маңызды.



1.27-сурет – Энкодер датчигі

Ендігі кезекте барлық робототехникалық линзаларға жабын жабуға арналған робототехникалық кешендердің кептіру зонасында тұратын кептіргіштерге келсек. Жалпы бұл кептіргіштер өндірістік сипаттағы конструкцияда жасалған заманауи қосалқы құрылғы болып табылады. Бұл жерде жұмыс жасайтын негізгі элемент конструкцияның вентилятор элементі болып есептелінеді. Желдеткіштерге ыстық ауа массалары жіберіледі. Осы арқылы линзалардың беткі қабатының қатуы тез өтеді.



1.28-сурет – Электрофильтрлер

Одан кейінгі маңызды қосалқы құрылғылар құрылғылардың бірі ол фильтрлер болып табылады жалпы фильтрлер сүзгілері арқылы техникалық кешеннен шыққан иісті және зиянды қалдықтарды өзіне сіңіру арқылы таза және ыңғайлы параметрдегі ауа немесе ауа ағынын жібереді. Бұл фильтрлер жасау барысында өте үлкен техникалық сараптамалардан өткізіледі. Осы сараптамалар негізінде фильтрдің жұмыс жасау көлемі және уақыты белгілі болады. Одан басқа бұл фильтрлер техникалық және заманауи стандарттарға сай болуы керек.



1.28-сурет – Жылыту жүйесіне арналған тэн элементтері

Роботты кешендегі маңызды элементтердің бірі бұл жылыту жүйесі болып табылады. Демек жылытатын арнайы температураны ұстап тұратын тэн элементтері. Тэн элементтері температураны ұзақ ұстап тұру үшін бұл жерде

температураның ұзақ ұстауға лайықты материалдар базасы және осы температураны микроконтрольдерге бере алатын датчиктер орналасады. Тән элементтері көлеміне қаратай әртүрлі бағытта жұмыс жасайды. Құрылғы ішіндегі ауа массаларының тұрақты түрде айналуы үшін кішігірім желдеткіштер жұмыс жасайды. Жоғарыда айтылып кеткен техникалық жүйелердің сипаттамаларының ішіндегі маңызды фактордың бірі линзаларға қателіксіз жұмыс сапасын көрсету критерий болып есептелінеді. Сондықтан кішкентай немесе үлкен роботы кешен болсадағы алдымен қауіпсіздік және сапалы көрсеткіштеріне жауап беруге міндетті қауіпсіздік көрсеткіші ретінде техникалық және өртке сырттан келетін қауіп қатерлерге кешенінің жауабы моменталды түрде іске асуы қажет оны бақылап отыратын нәрсе логикалық бағдарламаланатын контроллерлер болып табылады осы контроллерлердің жұмысы тиімді болуы үшін олар арнайы басқару шкафында жиналады . Басқару шкафы ешқандай су өткізбейтін және отқа төзімді материалдардан жасалынады. Шкафтың ішінде газдарды анықтайтын датчиктер орналастырылады.

2 Робот кешенінің құрылымдық-әдіснамалық негіздері

2.1 Роботты кешенді жобалау

Келесі тарауда роботтардың немесе осы роботты техникалық кешендерге ұқсайтын салаларға жабын жабу жүйесін технологиясын қамтамасыз ететін робототехникалық кешенді модельдеу кезеңдері және технологиясы қарастырылады. Техникалық кешенді модельдеу қатты техникалық бөлшектерді модельдеу көмегімен компьютердің жұмысы арқылы жасалынады. Модельдеу барысында тиісті техникалық кешен белгілі бір химиялық және температуралық және ылғалдылық саласында жұмыс жасағандықтан ішкі климат маңызды фактор ретінде конструкция элементтері және электро жетекшілердің осы химиялық және физикалық параметрлерге шыдамдылығы қарастырылады. Техникалық кешенді жобалау барысында бұл роботтытехникаға қойылатын негізгі талаптарды атап өтсек:

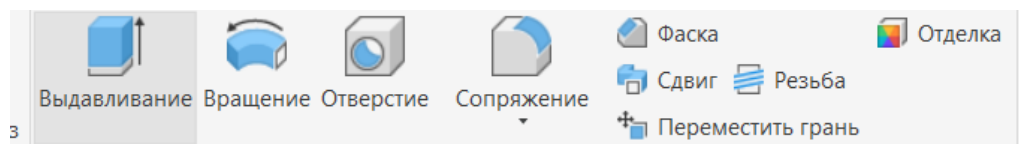
Біріншіден роботты кешенді мобильді болуы керек, яғни кез келген жерге оңай орналастырылып және және басқа жерге бекітілетін мүмкіндігі болуы қажет;

Екінші бұл кешен элементтері топ баспайтын материалдардан және композитті материалдардан жасалынуы қажет;

Үшінші бұл робототехникалық кешенді сағатына кем дегенде шамамен елу линза жабын жабу процесінен өтуі қажет;

Осы факторларды ескере отырып техникалық кешен компьютер көмегімен келесідей жобаланды.

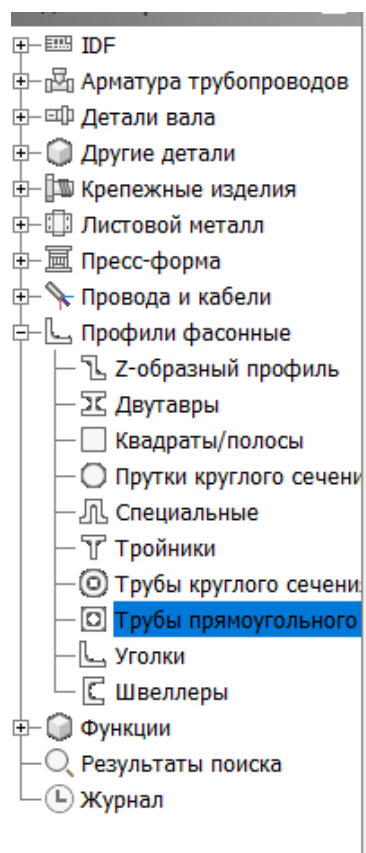
Біріншіден жобалау барысында конструкция элементтері таңдауында және осы элементтердің сапалы болуына қызмет көрсету техникалық кешенінде үш роботты орналастыруға болады декартты робот және үш төрт өсті манипулятор, төрт алты өсті және SKARA типіндегі роботтар бұл роботтар конструкциялық шешімдерден кейін олардың кинематикалық және динамикалық модельдері ол осы конструкция үшін келесі тарауларды қарастырылады. Жобалау барысында бірінші бөлшектерді модельдеу барысында бағдарламаның көлемдік модель жасау функцияларына жүгінеміз.



2.1-сурет – Көлемдік модель элементтері

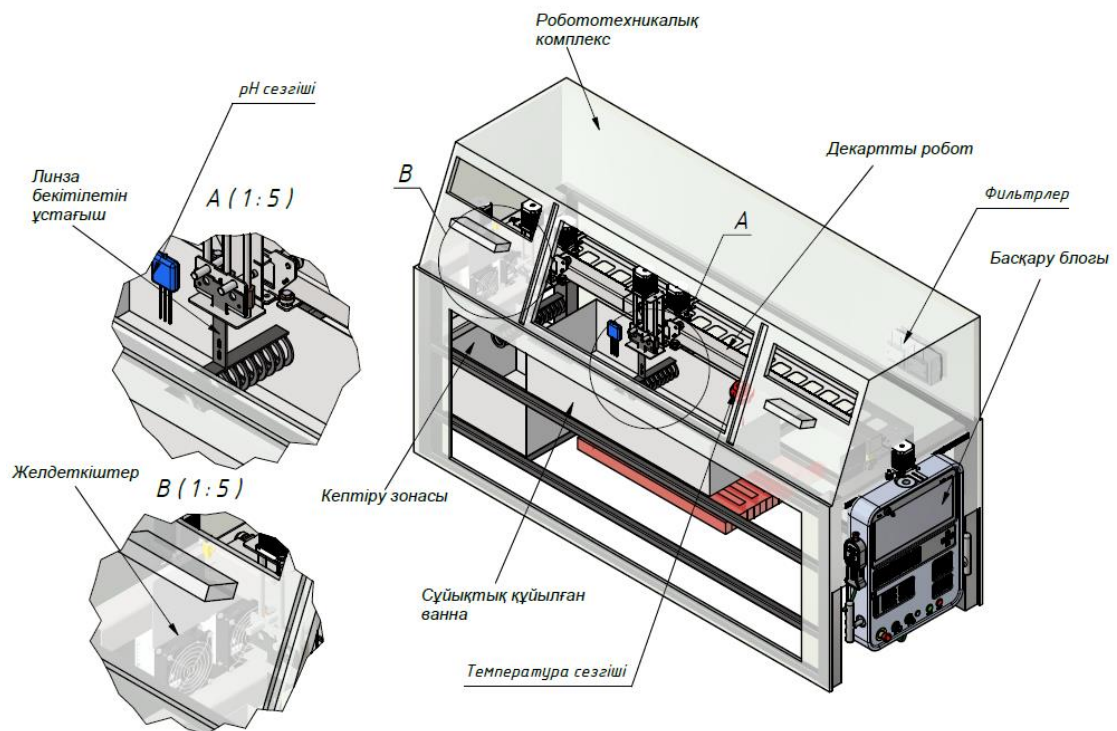
Көлемдік модель жасау барысында бөлшектің өлшемі және массасы ескеріледі. Осы аталған байланыстарды біріктіре отырып бөлшектердің 3д моделі жасалынады жәнеде өсті модельдің әрбір нүктесіне әрбір тесігіне командалар арқылы жасалу процесі енгізіледі. Арнайы бөлшектердің жиынтығы жасалып болғаннан кейін олардың біріктірілуі бағдарламаның

жинақ моделінде жүзеге асады және сол арқылы жұмыс істеу принциптері орындалады жинақ модель жасау барысында конструкцияның көптеген түрлеріне назар аударылады және кез-келген стандартты бөлшектер бағдарламаның стандартты бөлшектер панелінен алынады.



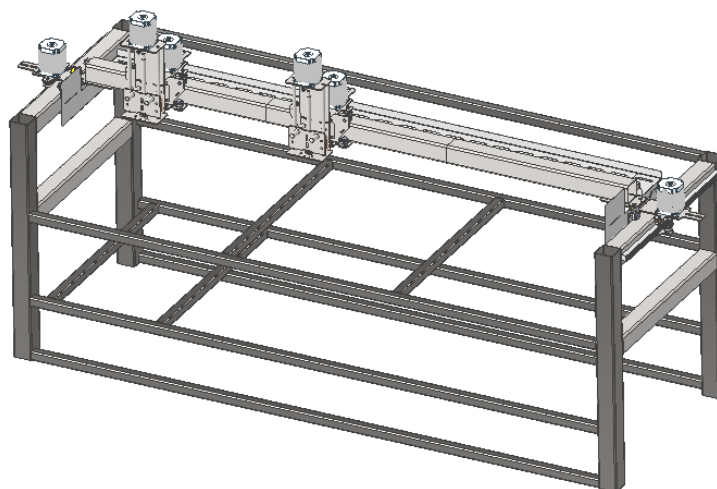
2.2-сурет – Стандарттар панелі Autodesk Inventor бағдарламасы.

Жұмысты тездетуге және жұмыс өнімділігін арттыруға мүмкіндік туады. Сондықтан бөлшектерді модельдеу кезінде ерекшеліктеріне басты талаптар қойылады. Бөлшектердің дұрыс жасалуына және ыңғайлы болуына септігін тигізеді. Келесі ретте осы жинақ модельдің ішіндегі профильді жинақ модельді жасалуын қарастырамыз.



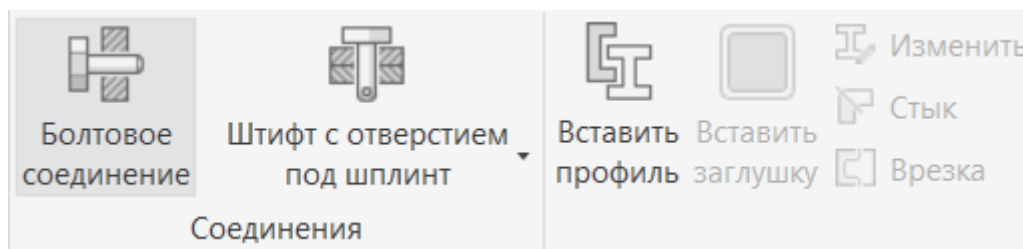
2.3-сурет – Роботтық кешеннің жалпы жинақ моделі Autodesk Inventor бағдарламасы.

Бұл модельді жасау үшін алдымен бағдарламаның ішіндегі ыңғайлы размердегі стандартты профильді трубаларды таңдап алуымыз қажет. Стандартты элементі таңдалынғаннан кейін роботтық кешенінің шамаларын ескере отырып, оның x және z өсі бойынша ыңғайлы конструкциялық байланыстар орнатылады. Конструкциялық байланыстар орнатылғаннан кейін осы жүйелердің қатаң түрде бекіту арқылы жеке элементтердің жасалу жолы ескеріледі.



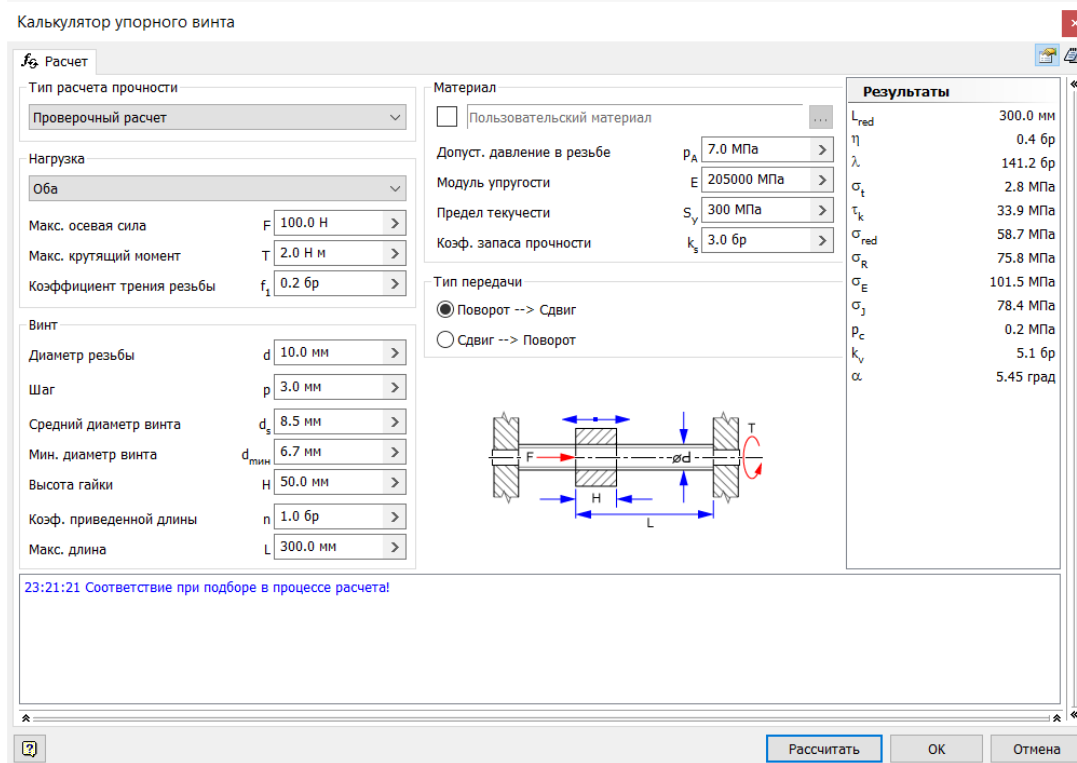
2.4-сурет – Роботтық кешеннің профильдік моделі Autodesk Inventor бағдарламасы.

Бағдарламада бөлшектерді біріктіру жұмыстары жасалынып ыңғайлы қосылыстар тізбегі жасалынады. Қосылыстар тізбегі арқылы келесі ретіндегі байланысты түрлері қамтамасыз етіліп байланысу түрлері байланыс болттық байланыс, сваркалы байланыс және конструкциялық байланыс болуы мүмкін конструкция мықты және сапалы қызмет жасау үшін ұстайтын негізгі тізбектері мықты болу қажет.



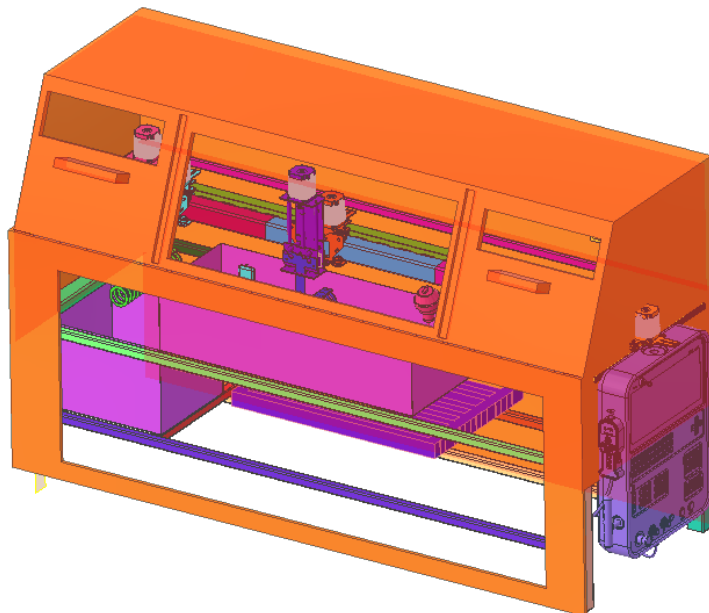
2.5-сурет – Бағдарламадағы болттық және профильдік байланыстар тізбегі.

Осы тізбектердің мықты болуының арқасында конструкция өзінің тұрақты түрде ұстай алады. Келесі бөлшек ретінде профильді конструкция емес қарапайым бекіту конструкцияларының қарастыруымызға болады. бекіту конструкцияларының олар болттық конструкциялар болып табылады. Бұлттық конструкцияларды модельде дұрыс орналасқан кезде оларды бекіту деңгейіне байланысты есептеу функцияларын жасауға болады.



2.6-сурет – Бағдарламадағы рейкалы байланыстық тізбекке есептер жүргізу процессі.

Сол себепті модельдеу кезінде роботтық кешенінің моделін құрып қана қоймай оған инженерлік есептеулер зерттеулер жүргізуге болады осы зерттеулердің ішінде робот параметрлеріне соның ішінде винттік қозғалысқа бөлшектерінің шыдамдылығына тексеріс жасауға болады одан басқа көптеген берілістік функция қосылыстардың есептерін есептеп шығуға болады.



2.7-сурет – Дайын болған роботы кешен.

2.2 Робототехникалық кешенге таңдалынған компоненттер

Жоғарыда көрсетілген мәліметтер бойынша жобаланып жатқан робототехникалық кешенге келесідегідей компоненттер таңдалынды. Бұл компоненттер әлемдегі кешендердің техникалық жабын жабу процестерінің қондырғыларына негізделді.

Бірінші таңдалынған элемент бұл температура датчигі Siemens микроконтроллері арқылы жұмыс жасайды. Siemens микроконтроллерін ойлап тапқан Siemens компаниясында жасалынған. Жалпы бұл температураны өлшейтін құрылғы өндірістік әмбебап құрылғы болып табылады. Жалпы қосылу функциясы бойынша Siemens микроконтроллеріне тікелей қосыла алады. Температура датчигінің ішіндегі сезгіш элемент ретінде арнайы қызуды өткізе алатын өткізгіштер орналастырылған. Осы өткізгіштер негізінде температураның ауытқу диапазоны 0,4 немесе 0,3 диапазонын құрайды. Бұл датчиктің артықшылығы бұл оңай түрде техникалық кешенге орнатылады. Калибровка жасауды қажет етпейді. Өзінің жұмыс жасау диапазоны жоғарыдағы мәліметтерге сәйкес жоғары деңгейде қалыптастырады. Бұл датчиктің ішкі материалдарымен сыртқы материалдары жоғары температурадағы орталарда жұмыс жасау үшін таңдалынып жасалған яғни композитті материалдар. Жалпы бұл датчиктің Siemens контроллеріне

қосылуы кезінде үш тұрақты сыммен жалғанады бірінші және екінші сымдар немесе кабельдер электр тогын қажет ететін кабельдер болып табылады. Информация бір типті тізбектегі кабель арқылы контроллерге жеткізіледі. Қоршаған ортаның температурасының өлшеу барысындағы функционалдық схемасы келесі суретте көрсетілген. Бұл математикалық моделіне байланысты болады.

Кесте 1 – SITRANS TF320 датчигінің параметрлері

Параметр	Сипаттамасы
Өндіруші	Siemens
Моделі	SITRANS TF320
Қолданылуы	Температураны өлшеу және сигналға түрлендіру
Кіріс сигналы	RTD (Pt100, Pt1000), термопара (типтер: K, J, T, N, E, R, S, B)
Шығыс сигналы	4...20 мА, екі сымды (2-wire)
Желі интерфейсі	HART протоколы
Қорек кернеуі	10,5–35 В DC
Дәлдігі (Pt100 үшін)	±0.1 К немесе жақсырақ
Коммуникация	HART 7.0
Қорғаныс класы	IP67/IP68
Корпус материалы	Тот баспайтын болат / алюминий
Жұмыс температурасы	–40...+85 °С (трансмиситтер үшін)
Процесс температурасы	Сенсор түріне байланысты (–200...+850 °С)
Қосылу түрі	M20x1.5, ½” NPT және т.б.
Дисплей	Иә, графикалық дисплей, батырмамен басқару мүмкіндігі
Құрылғы параметрлеу	Жергілікті (дисплей арқылы), HART, SIMATIC PDM арқылы
Ех қорғаныс	ATEX, IECEx, FM/CSA (опция ретінде)
Калибрлеу	Зауытта орындалады, далалық жағдайда қайта калибрлеуге болады
Орнату	Далалық орнатуға бейімделген

Келесі таңдалынып отырған сезгіш бұл ылғалдылықты тексеріп және соның мәнін Siemens контроллеріне беретін ылғалдылық датчиктегі болып табылады. Датчиктің басқа қарапайым датчиктерден айырмашылығы өндірістік типтегі датчик болып есептелінеді. Атап өткендей температура датчигі сияқты бұл датчиктегіде ұзын трубадан жасалған қабылдағышы болады. Осы қабылдағышы арқылы ауаның құрамындағы сутек көлемін пайыз арқылы шығарады оны контроллерге жібереді. Өндірістік датчик болғандықтан оның жұмыс жасау принциптері тұрақты түрде қалыптасқан және калибрлеу жұмыстарын қажет етпейді. Металдық корпусы композитті

материалдардың қосылысы арқылы жасалған. Сол арқылы төзімді және ұзақ уақытқа жұмыс жасай алады.

Кесте 2 – Siemens QFM2120 датчигінің параметрлері

Параметр	Мәні
Өлшеу параметрлері	Салыстырмалы ылғалдылық және температура
Ылғалдылық диапазоны	0...100 % RH
Температура диапазоны	–35...+50 °C (LG-Ni1000 пассивті сигнал)
Ылғалдылық сигналы	DC 0...10 V (белсенді)
Температура сигналы	LG-Ni1000 (пассивті RTD)
Жұмыс кернеуі	AC 24 V немесе DC 13.5...35 V
Дәлдігі	±5 % RH
Қорғаныс класы	IP65 (шаң мен ылғалдан қорғау)
Қолдану салалары	Желдету, кондиционерлеу, таза бөлмелер, деректер орталықтары, т.б.
Қосымша мүмкіндіктер	SEZ220 сигнал түрлендіргішімен бірге энтальпия және абсолютті ылғалдылықты есептеу мүмкіндігі



2.8-сурет – Siemens QFM2120 датчигі

Келесі таңдалып жатырған элемент ретінде бұл ТЭН элементтері алынды. Бұл элементтер температураны тұрақты түрде бақылап яғни жоғарылатып немесе кемітіп отыратын негізгі температураның тұрақтылығына жауап беретін элемент. Бұл элемент яғни компонент спиральды түрде төртбұрышты немесе доңғалақты болып келеді. Трубалардан жасалған ыстық ауа массаларын өткізетін өткізгіш болып табылады. Элементті төрт қатарлы немесе үш қатарлы болып орналасуы мүмкін. Техникалық кешеннің габариттік размеріне және жұмыс жасау ортасының үлкендігіне

байланысты өзгереді. ТЭН элементтері өте мықты температура өткізетін өткізгіштермен қамтамасыз етілген және бұл элементтердің материалдары коррозияға өте төзімді. Себебі жабын жабу процесінде температурамен қатар ылғалдылық жұмыс жасау ортасында жүреді. Сол себепті осы элементтерді мықты материалдардан жасалынуына назар аударылады.

Кесте 3 – ТЭН элементінің параметрлері

Параметр	Сипаттама
Кернеу	220 В (мысалы)
Қуат	500–2000 Вт
Жұмыс температурасы	300–600 °С
Жауап беру уақыты	10–60 секунд (жылу инерциясына байланысты)
Құрылымы	Түтікше, спираль, пластина

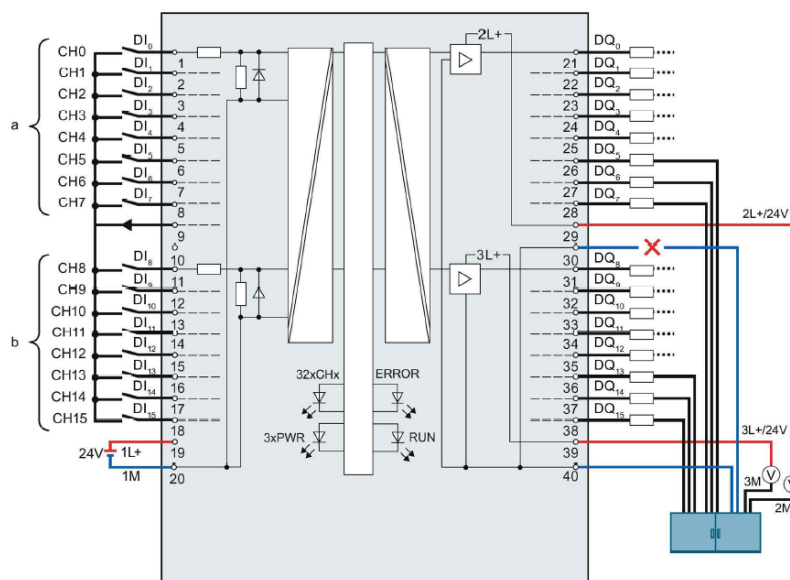
Келесі ретте бұл қышқылдықты өлшейтін датчик қышқылдықты өлшейтін датчик арнайы ұзын трубада орналасқан өткізгіш арқылы жасалынады. Өзі өндірістік датчик болып табылғандықтан оның ішінде өткізетін материалдар өте ыңғайсыз қолайсыз жерде жұмыс жасауға арналған төзімді материалдар болып табылады. Температура және ылғалдылық датчиктері сияқты информацияны жібере алады. Осы жерде ваннадағы қышқылдықтың сапасын көтеріп отыру үшін арнайы қышқылдық сорғылары пайдаланылады. Қышқылдық датчиктен келген информацияға байланысты микроконтрольдердің нұсқауымен ваннаға қажетті химиялық реагенттерді алып немесе орнына басқа химиялық реагенттігі сұйықтықтарды жібере алатын құрылғы болып табылады.

Кесте 4 – рН өлшеу датчигінің параметрлері

Параметр	Сипаттамасы
Мақсаты	Ерітіндідегі редокс-потенциалды өлшеу (Eh, ОВП, ORP)
Жұмыс принципі	Тотығу-тотықсыздану реакцияларынан туындайтын потенциалды өлшеу
Негізгі электрод материалы	Платина (Pt) немесе алтын (Au)
Салыстырмалы электрод	Әдетте күміс/күміртек хлориді (Ag/AgCl) немесе каломельді (Hg/Hg ₂ Cl ₂) электрод
Өлшеу диапазоны	–1000 мВ ... +1000 мВ (стандартты диапазон)
Қолдану салалары	Судың сапасын бақылау, бассейндер, өнеркәсіп, экология, биохимия
Температура диапазоны	0°С ... +80°С (модельге байланысты)

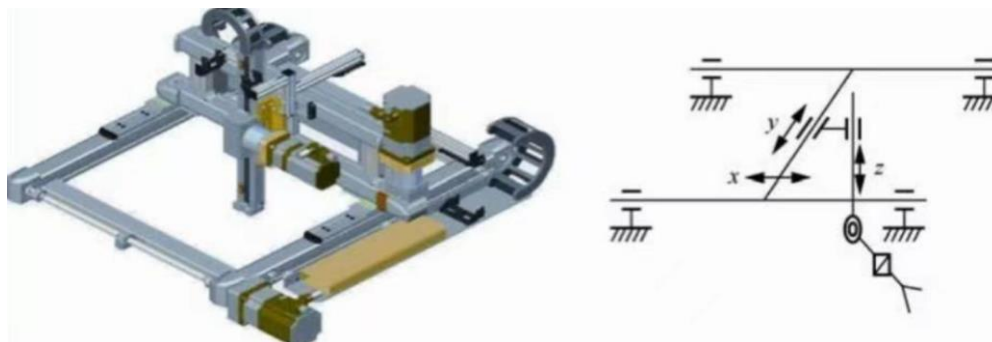
pH диапазоны	0 ... 14 (редокс өлшеуге әсер етеді)
Қосылу түрі	BNC, DIN немесе арнайы разъемдар
Калибрлеу	Стандартты редокс ерітінділермен (мысалы, 220 мВ, 468 мВ)
Электродит	Гельдік немесе сұйық (KCl ерітіндісі)
Қызмет ету мерзімі	Орташа 1–2 жыл (қолдану жағдайына байланысты)

Жалпы робота техникалық кешендерде жоғарыда аталған мәліметтерге байланысты Siemens контроллері басқару контроллері ретінде қолданылады. Бұл контроллер өндірістік болғандықтан ол жерге кіретін информациялық дискретті және аналогты сигналдар өте көп түрде түрленеді. Сол арқылы информациялар жіберіледі.



2.9-сурет – Siemens контроллері сигналдар пиндік тізбегі.

Жалпы жүйеде декарттық роботтар қолданылады. Декарттық роботтың 3үш өс бойынша жұмыс жасатын түрі таңдалынды. Себебі жабын жабу процессінде осы өстер бойынша қозғалу мүмкіндігі туындайды. Қозғалыс мүмкіндігі жүзуге асырылу үшін бұл жерде қадамдық жетектер осы роботта қолданылады. Сонымен қатар роботта арнайы ұстап тұратын механизмдері орналасқан. Линзалардың ыңғалы түрде химиялық реагент ваннасына салынып кіріп шығу үшін линзаларды қысытырып қоятын механизмі бар.

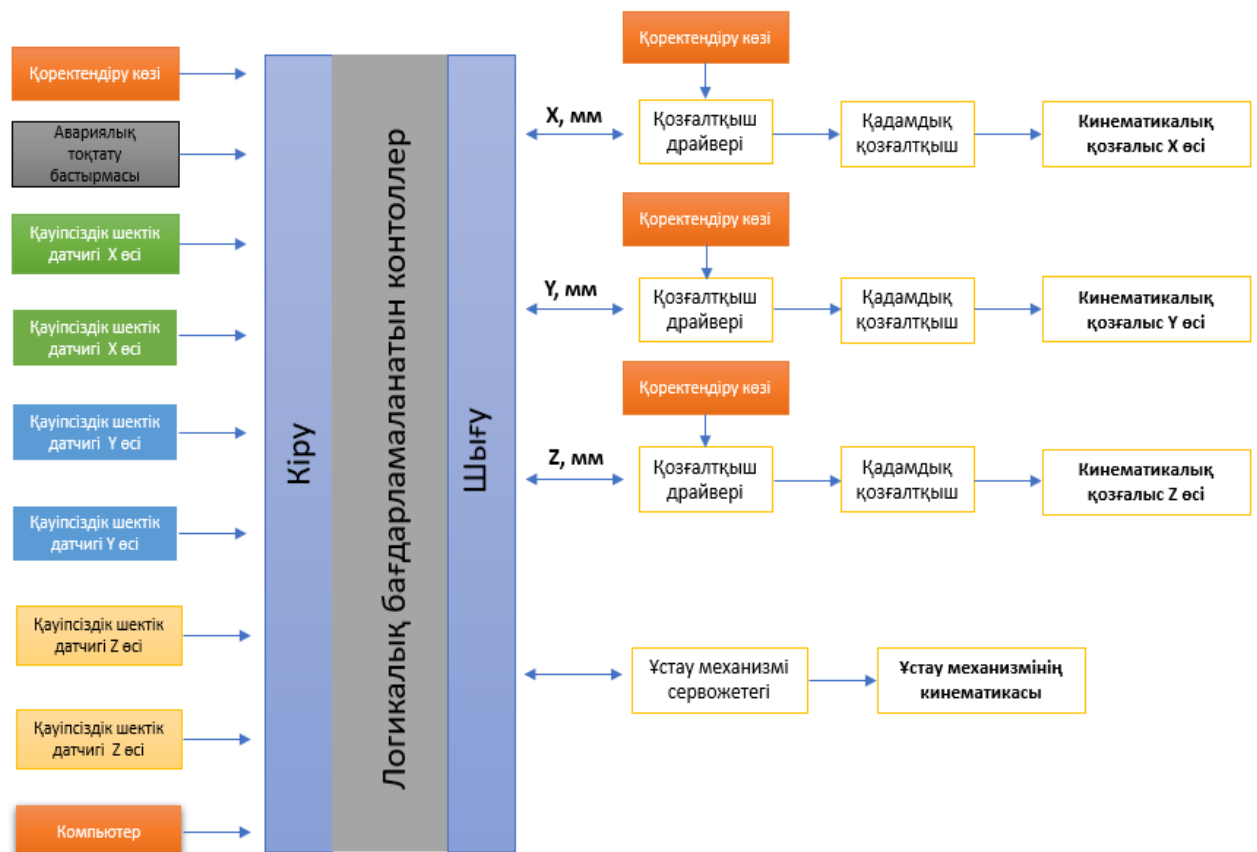


2.10-сурет – Декарттық робот кескіні және кинематикалық сұлбасы.

2.3 Робототехникалық кешендегі басқару процесстері

Автоматтандырылған роботты техникалық кешендер екі үш түрге бөлінеді. Бірінші егер адам еңбегі қолданылатын болса онда ол жартылай автоматтандырылған жүйе болып есептеледі. Егер адам еңбегінің қатысуы тек кешенді қосу немесе өшірумен шектелетін болса онда ол толық автоматтандырылған жүйе ретінде есептеледі. Жалпы егер адам еңбегінің арқылы ғана техникалық кешендер жұмыс жасайтын болса механикалық жұмыс жасау кешені болып табылады. Қазір кешенді автоматтандыру барысында көбіне біз микроконтроллер яғни логикалық бағдарламалардың бағдарламалардың контроллерді қолданамыз. Логикалық контроллер дегеніміз бұл жерде алгоритмдік жұмыстарды яғни сигналдарды бағдарламалау тілдерінде программалық контроллер процессорын енгізе аламыз. Одан әрі қарай жүйенің толық түрде жұмыс жасау үшін Шнайдер және Siemens контроллердің қолданамыз. Жалпы автоматты басқару функциясының ішінде барлық сезгіштер соның ішінде температураны бақылайтын, ылғалдылықтың химиялық ваннадағы қышқылдықты бақылап отыратын сезгіштердің математикалық моделі орналасуы қажет. Осы жердегі барлық датчиктер оларды контроллердің программалық бақылауында болады, және кері байланыс арқылы ПИД регулятор арқылы информация көрсеткіші салыстырмалы түрде орын алады. Математикалық кешеннің математикалық моделі осы кешендегі элементтердің беріліс функциясына байланысты жасалынады. Жалпы кешенінің элементтері келесі көрсеткіштерден құралады. Олардың басқару объектісі, жұмыс жасау органы, тапсырма беру органы және салыстырмалы элементтер және тағы басқа функциялық құраушылардан тұруы мүмкін. Жерде беріліс функцияларының олар температурада бұл жердегі басқару объектісінің құрамына немесе алты төртбұрыштың манипулятор немесе дельта робот кіреді. Оған қоса ваннадағы болып жатқан процестер олар ылғалдылықты, температура датчиктері және қышқылдық датчиктері кіргізіледі. Беріліс функцияларының негізгі жұмысы бұл жалпы техникалық жүйенің автоматтандыруға арналған математикалық моделін жасау болып табылады. Бұл өте күрделі процес болғандықтан алдымен

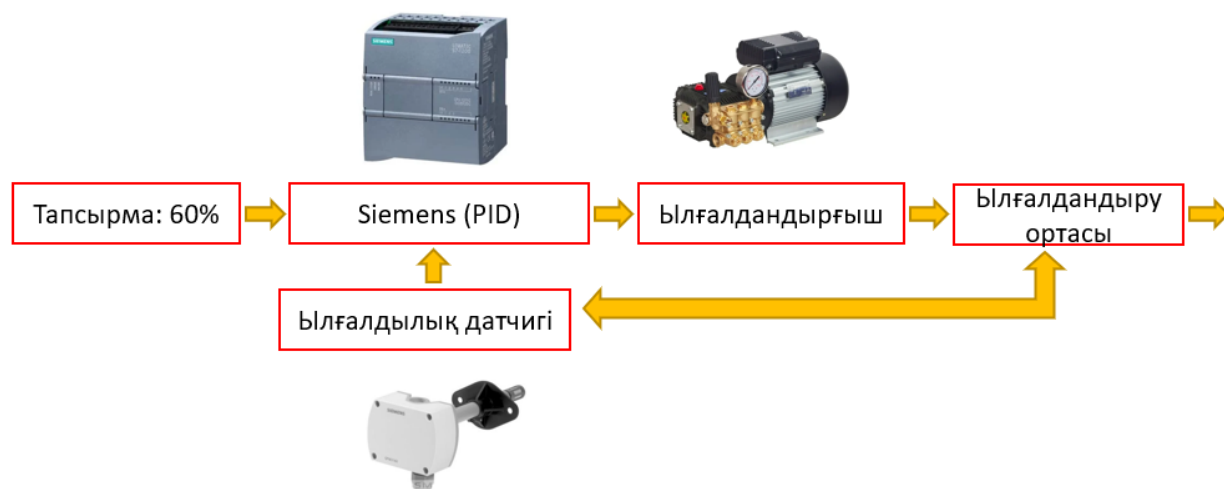
қарастырылатын нәрсе ол декарттық роботтың басқару объектісі ретінде қарастыруға болады. Демек тапсырма беру органының сигнал басқару құрылысына келеді. Басқару құрылғысынан өтетін сигнал ол басқару объектісіне өтеді. Басқару объектісінен шыққан сигналдар кері байланыс арқылы байланысады. Бұл жерде энкодерлар немесе шекті күйді анықтайтын датчиктер береді. Осы арқылы алғашқы келген тапсырма орындау органының келген сигналмен тапсырмамен тексеріліп әрі қаратай қабылдау органына жіберіледі. Оның алғашқы типті математикалық модельдерінің бірі болып табылатын функцияларынан шығатын формулалар арқылы жүйенің жұмыс жасауын жасайтыны немесе жасалмайтынына тексерістер жүргізіледі. Мұндай тексерістер біріншіден математикалық модельдің жұмыс жасауы тұрақтылығы екінші бұл математикалық модельдің жұмыс жасау тұрақтылығының көлемі үшінші бұл ауысу ауыспалы күй функциясының сипаттамалары олар ауыспалы күй сипаттамасының бірі бірінші күйден екінші күйге орын ауыстыру функциясы және функцияның монотонды немесе толқынды болуына назар аударылу қажет. Жалпы декартты роботтың кезінде мынадай архитектуралық структуралық сызба әзірленді. Ол сызбадағы декартты роботтар қандай жетектермен басқаратыны барлығы келесі структуралық схемада көрсетілген.



2.11-сурет – Декарттық роботтың байланыс кезіндегі структуралық функционалдық схемасы.

Бұл схемадан байланыс тізбектерін көруге болады. Байланыс тізбегі ретінде бұл жерде әр өс бойынша қозғалыс жасау мүмкіндігі және қандай драйверлер мен шекті күйді анықтайтын драйверлер қосылысы көрсетілген. Жалпы қосылыс тізбегінде кіру және шығу сигналдары белгіленген. Кіру сигналдары ретінде қоректендіру көзі, авариялық тоқтату батырмасы, сонымен қатар механизмнің әр өсінің шекті күйін анықтайтын қосалқы датчиктер және сигнал беруші компьютер қарастырылған. Келесі реттегі шығу сигналдары олар контроллерден шығатын сигналдар болып табылады. Олар драйвермен байланыс тізбегі және жетектермен байланыс тізбегі сонымен қатар барлығына жауап беретін кинематикалық әр өстің функциясы болып табылады.

Келесі кезекте ылғылдылықты автоматты түрде басқару реттеу структуралық схемасына назар аударсақ. Бұл жерде алдымен тапсырма жасалуы қажет бұл басқару жүйесінің режимдарына технологиялық процесске байланысты таңдалынады. Демек бұл алғашқы шекаралық шарт болып есептелінеді. Шекаралық шартқа сүйене отырып жұмыс ортасына келесідей мәліметтер енгізіледі. Ол 60% жұмыс ортасының ылғалдылығын жеткізу болып табылады. Тапсырма арқылы қойылған шекаралық шарт БЛК контроллерге біздің жағдайда Siemens контроллеріне жіберіледі. Контроллер өз кезегінде ПИД-регулятор көмегімен ылғалдандырғышты қосады. Ылғалдандырғыш жұмыс жасап және орта ылғалдылығы өзгереді. Осы орайда жұмыс ортасында тұрған ылғалдылық датчигі контроллерге сигналды беріп отырады. Орта ылғалдығы қажетті межеге жетке кезде контроллер датчиктен алған информацияға сәйкес ылғалдандырғышты баяулатады немес өшіреді.



2.12-сурет – Ылғылдылықты автоматты түрде басқару реттеу структуралық схемасы

Бұл жерде таңдалынып отырған ылғалдандырғаш жалпы функциялық жағынан өндірістік сапасы жоғары құрылғы болып табылады. 4 каналдан 8

каналға дейін жұмыс жасай алады. Демек қуатын 2 есеге бірден арттыра алатын қабілеті бар.

Келесі ретте басқару ретінде қышқылдық параметрін реттейтін және басқаратын процесске соның структуралық схемасына назар аударсақ. Алдымен қарастырып отырған мәліметтерге сүйене отырып байқайтынымыз бұл жердеде ылғалдылық параметрін бақылатын процесске ұқсас болып келеді. Алдымен тапсырмаға назар аударсақ тапсырма бойыша қойылатын ол жерде ваннадағы қышқылдық параметрін арттыру көзделіп отыр 7pH өзгерісіне бұл шекаралық шарт болып есептелінеді. Ары қарай процесстер ылғалдылықты бақылағандай жүзеге асады. Кіру сигналы контроллерге кіреді одан ары қарай қышқылдық ертітінділерін ваннаға жіберетін сорғы элементіне сигнал жіберіледі. Одан кейін сорғы жұмыс жасап жұмыс ортасының қышқылдығы өзгереді. Бұны қышқылдық датчигі автоматты түрде информацияларды алып контроллерге жіберіп отырады. Қажетті межеге жеткен кезде контроллер сорғыны тоқтатады.



2.13-сурет – Қышқылдықты автоматты түрде басқару реттеу структуралық схемасы

Бұл параметрден кейін бақыланатын параметр ретінде температура қарастырылады. Температура қыздыру элементтері арқылы жұмыс жасайды. Жалпылай айтқанда қыздыру элементтері сигналды контроллерден алып, қыздыру ортасының температурасын арттыруға жұмыс жасайды. Қыздыру ортасында орналасқан температура датчигі информацияларды контроллерге береді. Контроллер сигналдарды жіберу арқылы ТЭН элементінің қуатын өзгерту арқылы басқарады[6].



2.14-сурет – Температураны автоматты түрде басқару, реттеу
структуралық схемасы

3 Жүйені модельдеу, алгоритмдеу және іске асыру

3.1 Роботты кешен компоненттерінің математикалық модельдері

Декартты роботтың математикалық моделі оның өстік қимыл жасауына негізделген сол себепті оған кинематикалық қозғалысына байланысты математикалық моделі жасалынады алдымен параметрлер тізбегі көрсетіледі.

$x_i(t)$ – өс бойынша орналасу тізбегі

$\dot{x}_i(t)$ – жылдамдығы

$\ddot{x}_i(t)$ – үдеуі

m_i – i өсі бойынша қозғалмалы бөліктің массасы

b_i – үйкеліс коэффициенті

$u_i(t)$ – басқару сигналы (ПИД – регулятор арқылы келетін сигнал)

k_i – жетекті мықтылау коэффициенті

Жалпы роботтың басқару жүйесі келесідегідей заңдылық бойынша жүзеге асырылады.

Бұл жерде – Ньютонның екінші заңы үйкелісті ескере отырып келесідей орындалады олар:

$$m_x \ddot{x}(t) + b_x \dot{x}(t) = k_x u_x(t) \quad (1)$$

$$m_y \ddot{y}(t) + b_y \dot{y}(t) = k_y u_y(t) \quad (2)$$

$$m_z \ddot{z}(t) + b_z \dot{z}(t) = k_z u_z(t) \quad (3)$$

Келесі ретте осы формулулар арқылы Лаплас түрлендірілуін жасауға болады. Бұл түрлендіру негізінде келесідей беріліс функциялары шығады:

$$\frac{X(s)}{U_x(s)} = \frac{k_x}{m_x s^2 + b_x s} \quad (4)$$

$$\frac{Y(s)}{U_y(s)} = \frac{k_y}{m_y s^2 + b_y s} \quad (5)$$

$$\frac{Z(s)}{U_z(s)} = \frac{k_z}{m_z s^2 + b_z s} \quad (6)$$

Келесі ретте жүйенің температурасының математикалық моделі қарастырылады.

Математикалық модель бірінші реттік жүйе ретінде қарастырылса онда

$$C \frac{dT(t)}{dt} + \frac{T(t) - T_{\text{opt}}}{R_{th}} = P(t) \quad (7)$$

Мұнда:

ТЭН-нің жылу динамикасын қарапайым түрде мына теңдеулермен сипаттауға болады

C – ТЭН – нің жылу сиымдылығы (Дж/°C)

R_{th} – жылулық кедергі (°C/Вт)

$T(t)$ – уақыт бойынша температура

$T_{орт}$ – қоршаған ортаның температурасы (°C)

$P(t)$ – қуат (Вт) яғни енгізілген сигнал

Жылытқыштың беріліс функциясы ретінде келесі формуланы аламыз:

$$G(s) = \frac{K}{rs+1} \quad (8)$$

Бұл жерде:

K - коэффициент болып табылады. Ол тэннің қуатына байланысты жүреді

r -қыздыру басталған уақыт барысы

Мысалы: $K=1$, $r=100$ секунд

Егер Siemens контроллерін қолдансақ бұл жерде келесідей өрнекпен беріліс функциясы көрсетіледі.

Бұл негізінен ПИД-регулятордың, беріліс функциясы ретінде алынады:

$$K(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (9)$$

Еңгізілетін параметрлер:

$$k_p = 2, k_i = 0.1, k_d = 0.5$$

Тұйықталған схема кезінде

$$T_{шығу}(s) = \frac{K(s)G(s)}{1+K(s)G(s)} T_{тап}(s) \quad (10)$$

Қышқылдықтың (pH) прецесінің математикалық моделі

pH деңгейі бейтараптандыру, ерінтіндіконцентрациясы,реагенттерді қосу жылдамдығы сияқты факторларға тәуелді.

Бұл процесті инерциялық екінші ретті жүйе ретінде модельдеуге болады:

Дифференциалдық теңдеуі:

$$T_1 T_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + (T_1 + T_2) \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = K \cdot u(t) \quad (11)$$

$y(t)$: жүйенің pH жауабы

$u(t)$: реагент беру сигналы (қышқыл/сілті)

K : күшейту коэффициенті

T_1, T_2 : уақыт тұрақтылары

Беріліс функциясы (қышқылдық)

Лапас түрлендіру арқылы:

$$G_{pH}(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \quad (12)$$

Берілген еңгізілетін мәліметтер:

$$K = 1$$

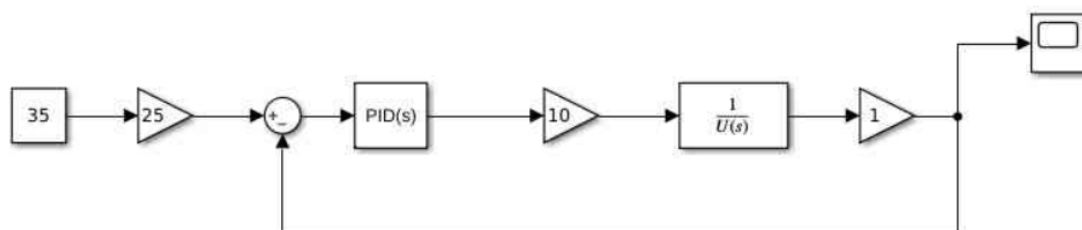
$$T_1 = 50 \text{ с}$$

$$T_2 = 20 \text{ с}$$

Формула:

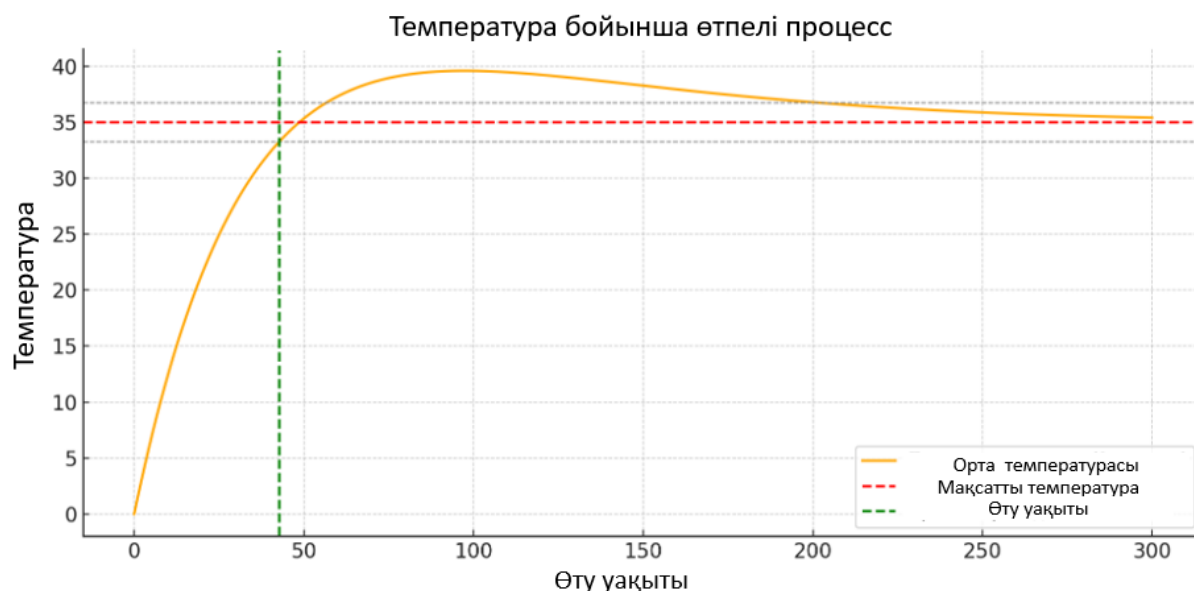
$$G_{pH}(s) = \frac{1}{(50s+1)(20s+1)} = \frac{1}{1000s^2+70s+1} \quad (13)$$

Жоғарыда көрсетілген структуралық схема негізінде математикалық модельдерді қолдана отырып робототехникалық кешен элементтерінің өзгеріс параметрлерін басқару үшін структуралық байланыстағы схемалары Simulink бағдарламасында жасалынып, сандық есептеу жүргізілді.



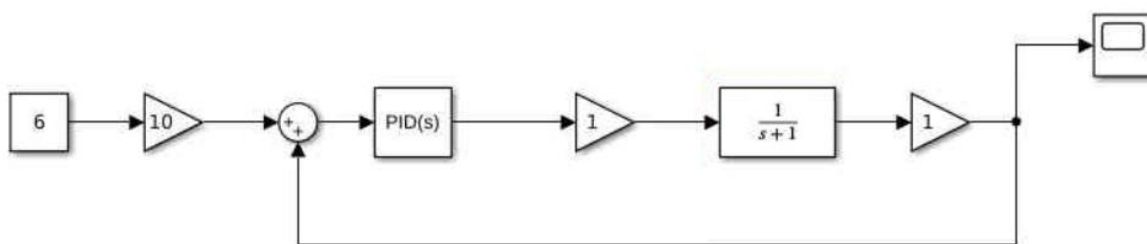
3.1-сурет – Simulink бағдарламасында жасалынған структуралық схема

Бұл жерде қолданылған блокты операторлар берілетін тапсырма операторынан бастап, Gain операторы берілген сигналды генерация жасайды. Кері байланыс SUM операторына келіп сарапталынады. PID Controller блогы қолданылады. Бұл блок контроллер логикалық әрекетін сипаттайды. Transfer Function блогы бұл блок ТЭН элементінің өзгерісін сипаттайды. Бұл Gain операторы болуыда мүмкін. Егер осы оператор болса онда кері байланыс осы оператордан кейін орындалады. Scope операторы алынған мәліметтерді көрсетеді. Шыққан мәліметтерге назар аударатын болсақ. Бұл жерде температура бойынша өтпелі процесстің қарай жүретіндігін көре аламыз[7].



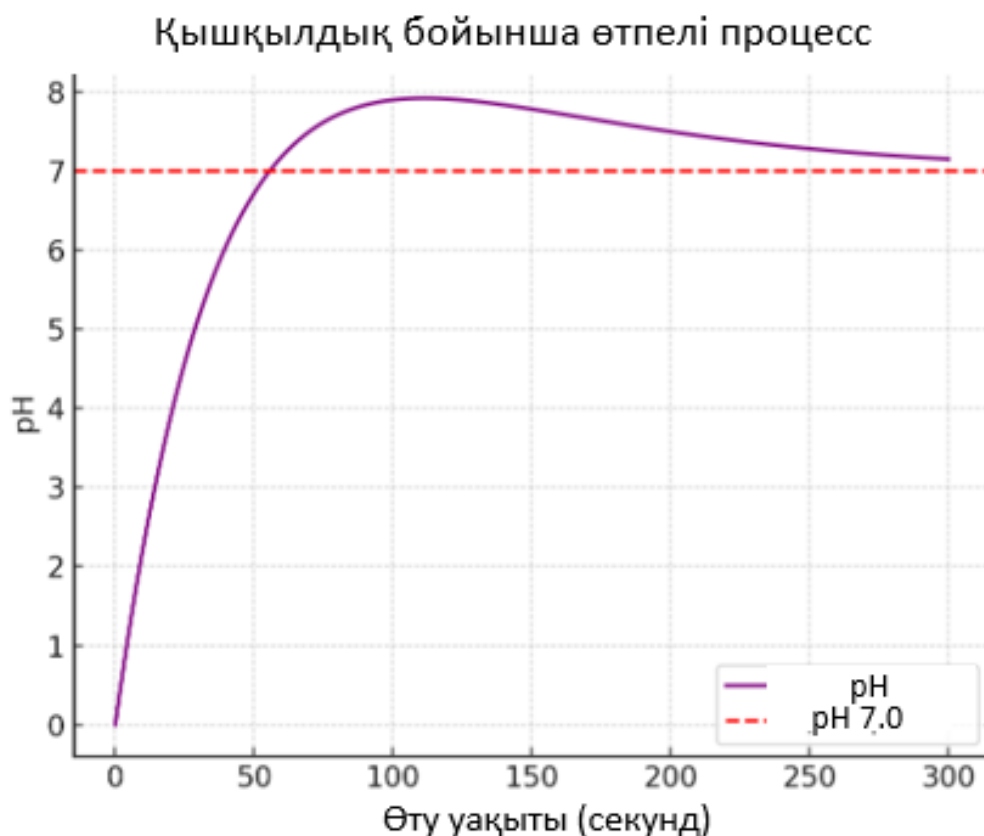
3.2-сурет – Температура бойынша өтпелі процесс

Өтпелі процесс нәтижесіне қарай отырып келесідей түсініктерді алуымызға болады. Ол температураның өзгерісінің қалай жүретіндігін көре аламыз. Температуралық процесстің қажетті 35 градустық температураға өту уақыты шамамен 47 секунды құрайды. Ол температурадан өтіп 40 градусқа жақындап одан кейін белгілі интервал аралығын ұстап отырады. Жалпы қателік көрсеткіші 5% аспауы қажет оны графиктен көре аламыз. Жалпы температураның өзгеру уақытын тез қамтамасыз ету үшін ТЭН элементтерін көбейту қажет. Оған қоса автоматты түрде басқару модульдеріне байланысты корректорлы коэффициенттер ПИД регулятор параметрлеріне қолдануға болады, бірақ белгілі бір мөлшерде.



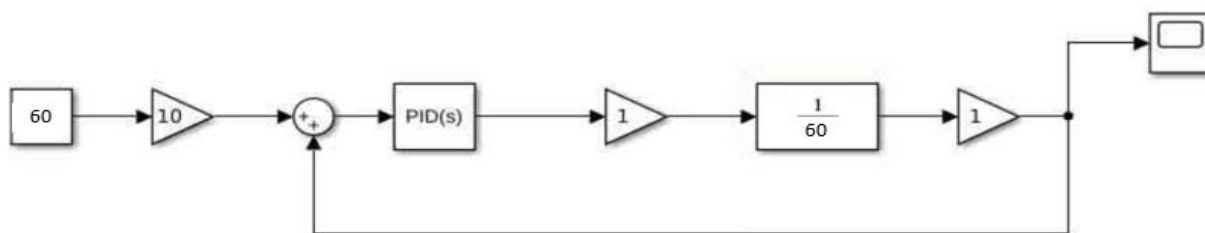
3.3-сурет – Simulink бағдарламасында жасалынған структуралық схема қышқылдық бойынша рН

Температура структуралық схемасы сияқты қышқылдық процессі кезінде математикалық формулаларды қолдана отырып Simulink бағдарламасында өтпелі процесс негізіне сандық есептеулер жүргізуге болады. Енді есептеу функцияларының нәтижесіне назар аударсақ.

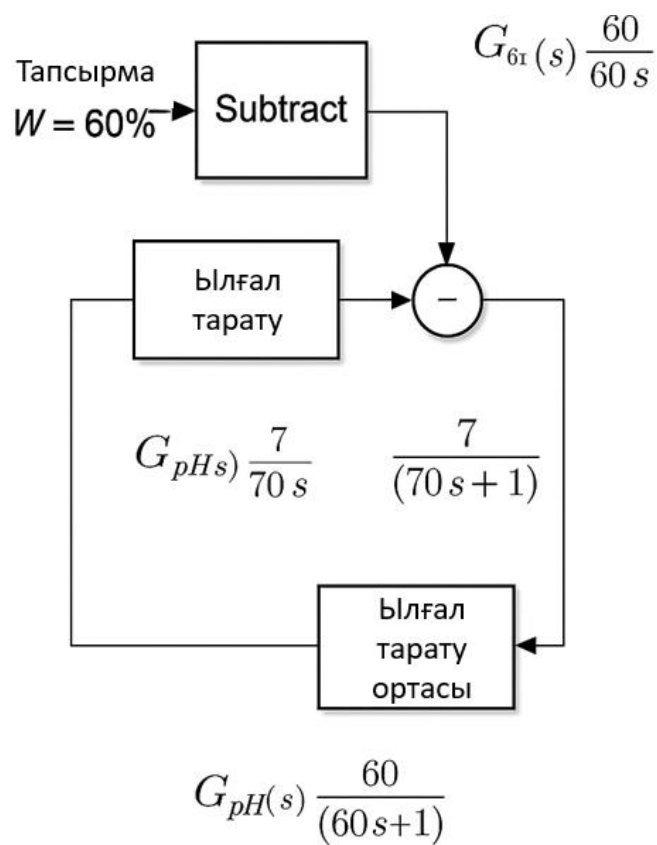


3.4-сурет – Қышқылдық бойынша өтпелі процесс графигі

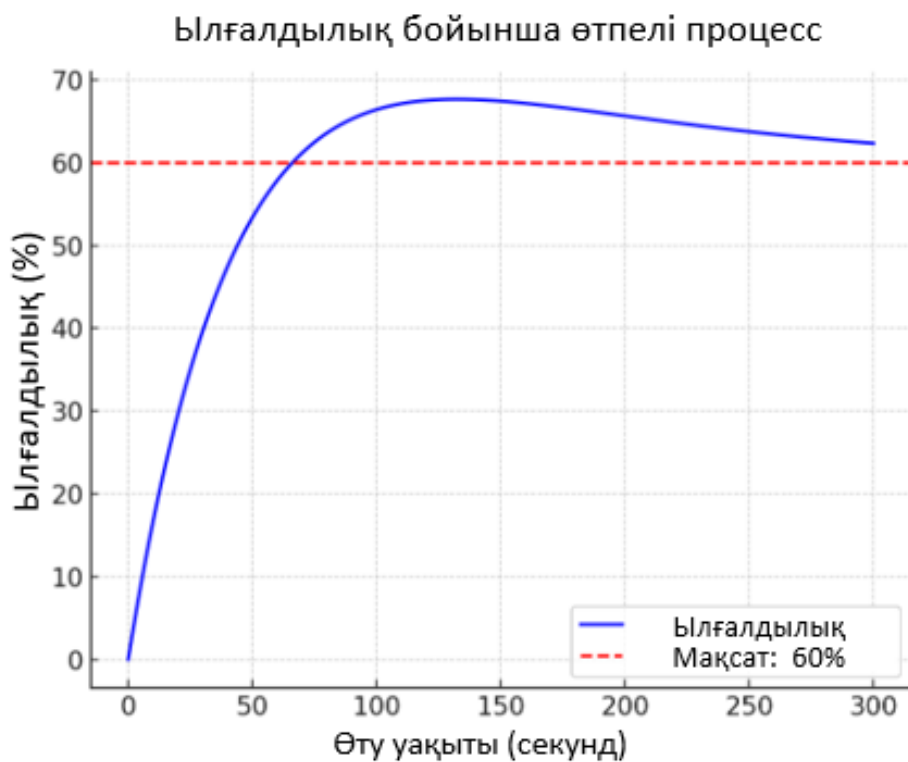
Ваннадағы қышқылдықты реттеу барысында реттелу уақытына назар аударсақ реттелу уақыты 55 секунд аралығын қамтып отыр. Одан кейін ПИД-регулятор арқылы реттеліп, тұрақты қышқылдықты қамтамасыз етіп отырады. Ал қажетті қышқылдық параметрі роботты кешенің жұмыс жасау притиптері бойынша өзгеріп отыруы мүмкін[8].



3.5-сурет – Simulink бағдарламасында жасалынған структуралық схема ылғалдылық бойынша

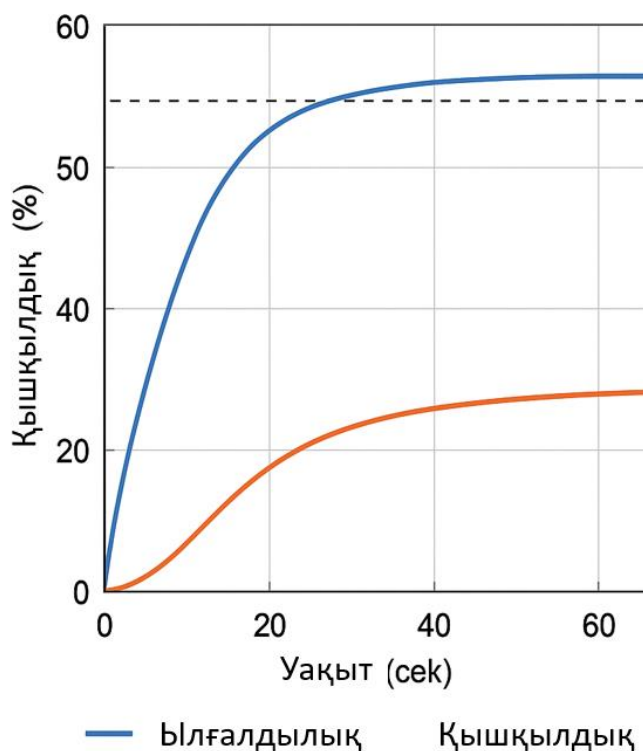


3.6-сурет – Ылғалдылық параметрін юойынша функционалдық схема



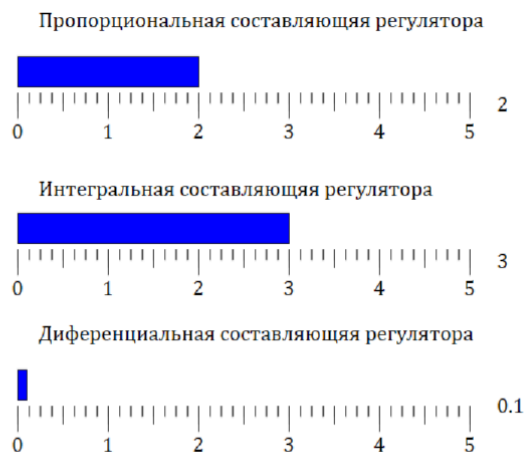
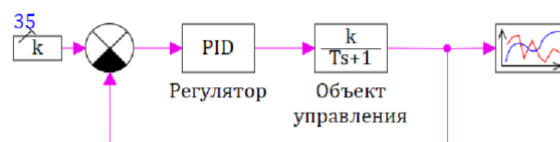
3.7-сурет – Ылғалдылық бойынша өтпелі процесс графигі

Өтпелі процесс уақыты 55 секунд аралығын қамтиды. Одан әрі өтпелі процесстен кейін функцияның тұрақталу процессі орындалады. Бұл жердегі графиктің өзі монотонды және тек кішігірім толқынды қозғалыс жасап отыр. Келесі графикте қышқылдық және ылғалдылық параметрлерінің уақыт бойынша қалай өзгертіндігін қарап бақылауға болады. Уақыт бойынша бұл параметрлер ыңғайлы көрсеткіштегі бұрылыс жасайды. Бұл бұрылыс объектісі ретінде де орналаса алады. Жалпы автоттандыруды жобалау кезінде өтпелі күй уақыты тез әрі ыңғайлы болуы қажет сол себепті олар маңызды параметрлер болып есептелінеді.



3.8-сурет – Ылғалдылық және қышқылдық процесстернің байланыс графигі

Температура процессінің өзгеріс күйі егерде бізде температураны өзгерткендегі ауыспалы күй графигін қарастырсақ. Бұл жерде SimInTech бағдарламасының құраушылары қолданылды. Олар ПИД-регуляторлар және сигналдарды мықтырақ жеткізуге арналған интеграторлар. Ал жалпы есеп шешімдері информациясы графикалық түрде келіп орналасады[9].

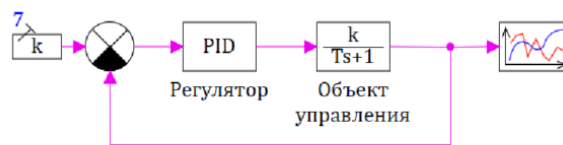


3.9-сурет – Температураны 35 градусық шамаға ауыстыру кезіндегі SimInTech бағдарламасындағы структуралық схемасы.



3.10-сурет – Температураны 35 градусық шамаға ауыстыру кезіндегі ауыспалы күй функциясы.

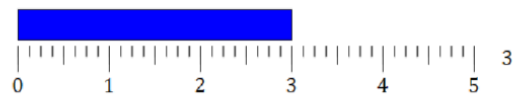
Келесі кезекте қышқылдық процессіне арналады бұл кезекте процесстің структуралық схемасы мен есептік шамалары көрсетіледі.



Пропорциональная составляющая регулятора



Интегральная составляющая регулятора

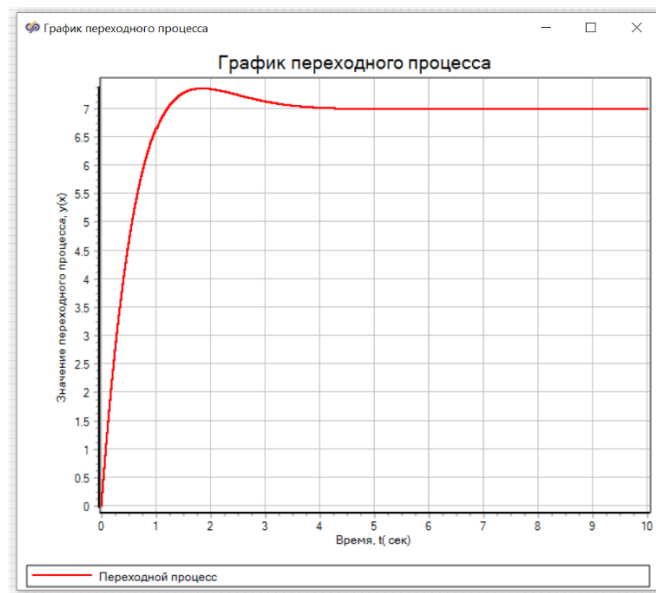


Дифференциальная составляющая регулятора



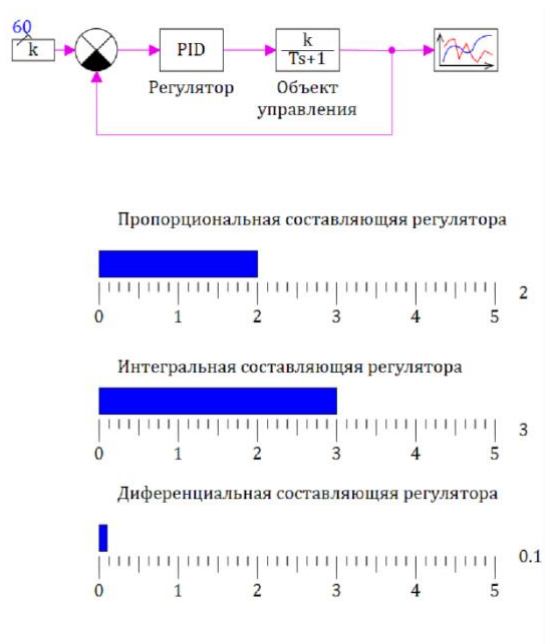
3.11-сурет – Қышқылдықты 7pH ауыстыру кезіндегі SimInTech бағдарламасындағы структуралық схемасы.

Одан басқа бұл жерде ПИД-регулятордың құраушылары көрсетілген. Оларды өзгерту арқылы параметрлерін өзгертуге болады.

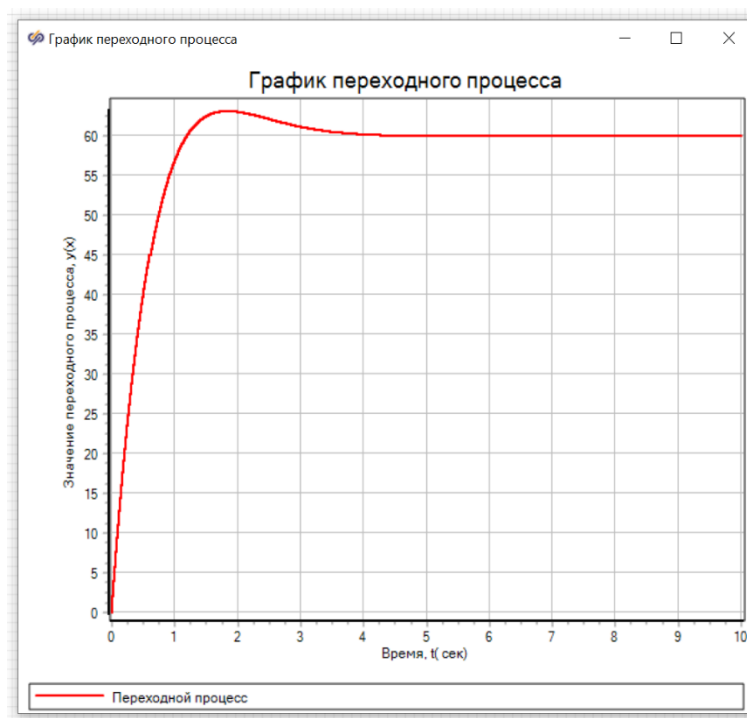


3.12-сурет – Қышқылдықты 7pH ауыстыру кезіндегі SimInTech бағдарламасындағы өтпелі күй көрінісі.

Келесі кезекте ылғалдылық параметрінің өзгерістерінің көріністері көрсетілен.

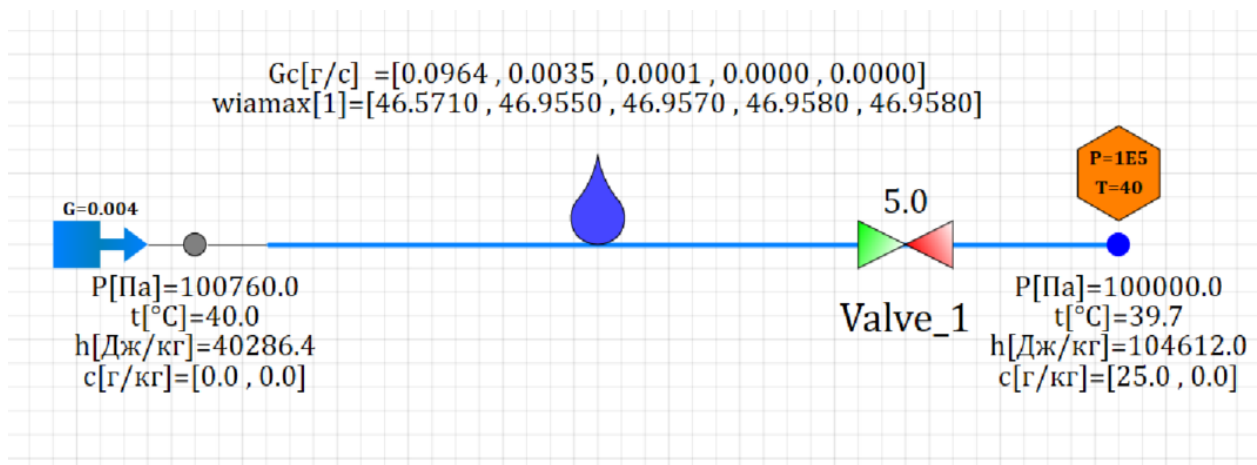


3.13-сурет – Ылғалдылық параметрін өзгерту кезіндегі SimInTech бағдарламасындағы структуралық схемасы.

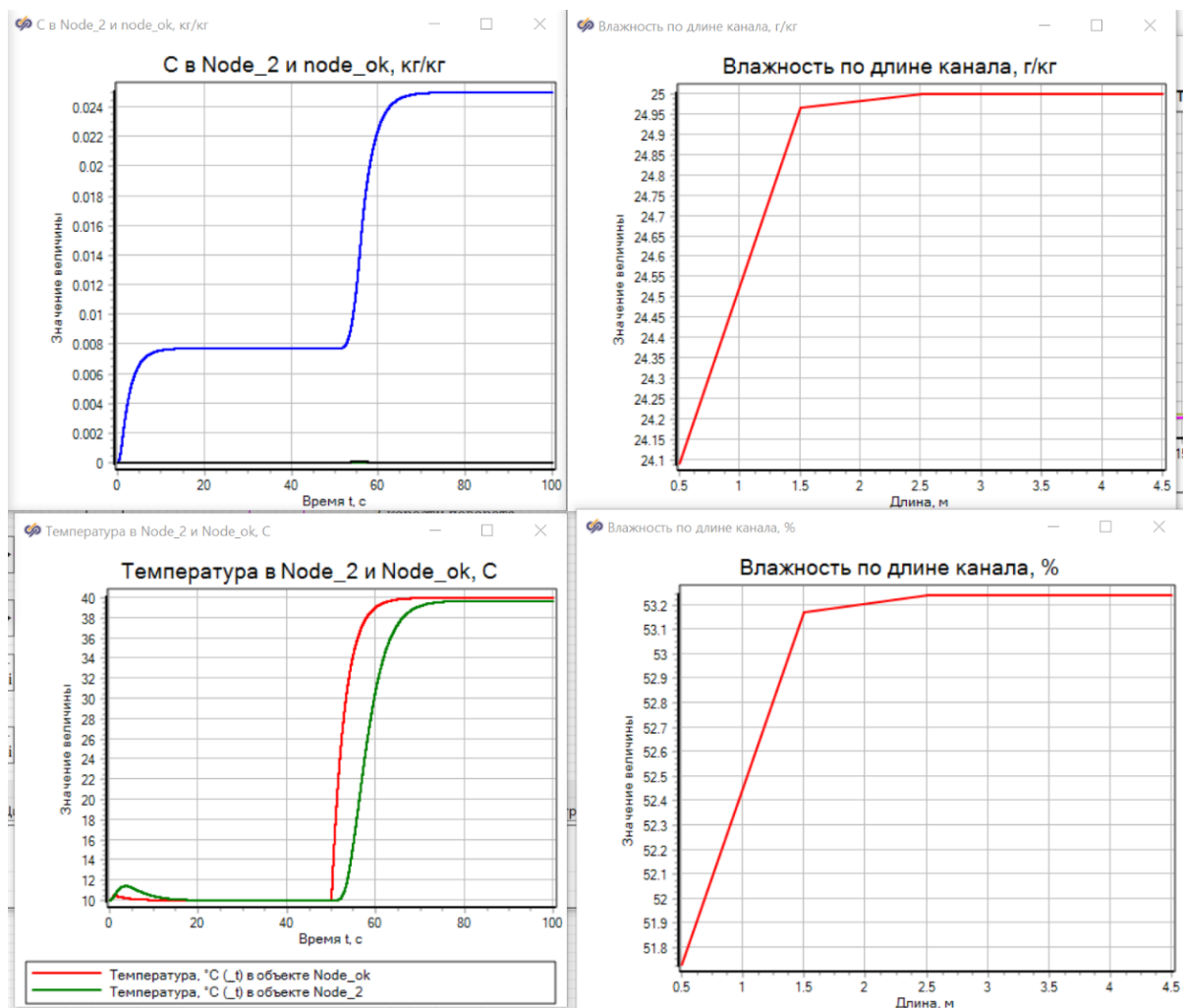


3.14-сурет – Ылғалдылық параметрін өзгерту кезіндегі шыққан өзгеріс мәні.

Қоршаған ортаға жылу бөлу процессінің нәтижелері келесі модельдерде көрсетілген бұл модельдер жылу параметрінің өзгерісін сипаттайды. Соған байланысты ылғалдылықпен температура өзгерісін көрсете алады.



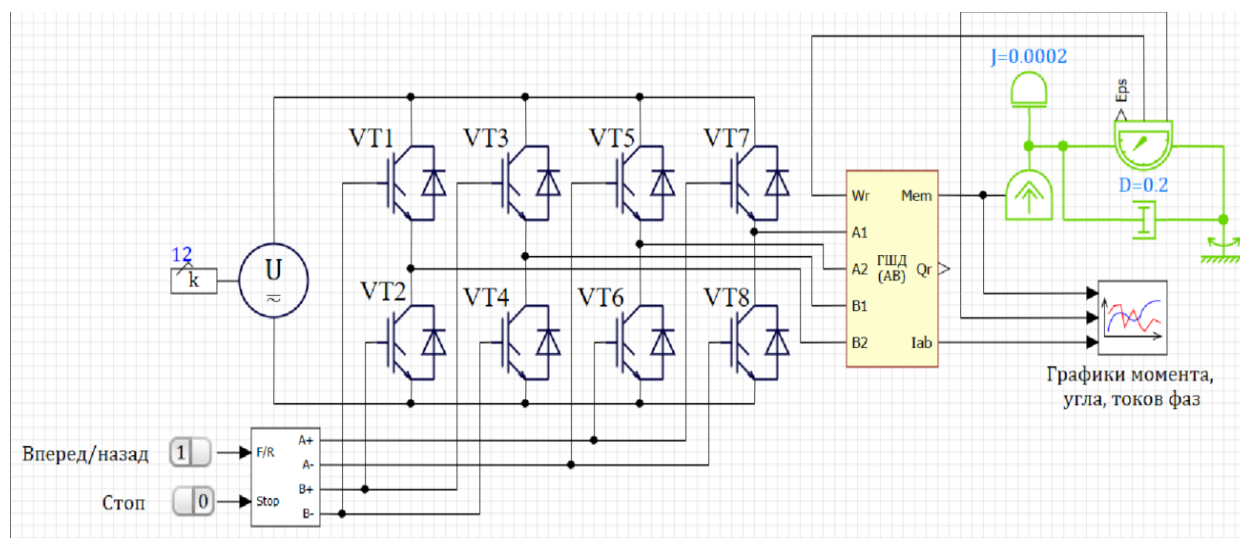
3.15-сурет – Робототехникалық кешенде орын алатын жылу ағынының структуралық көрінісі.



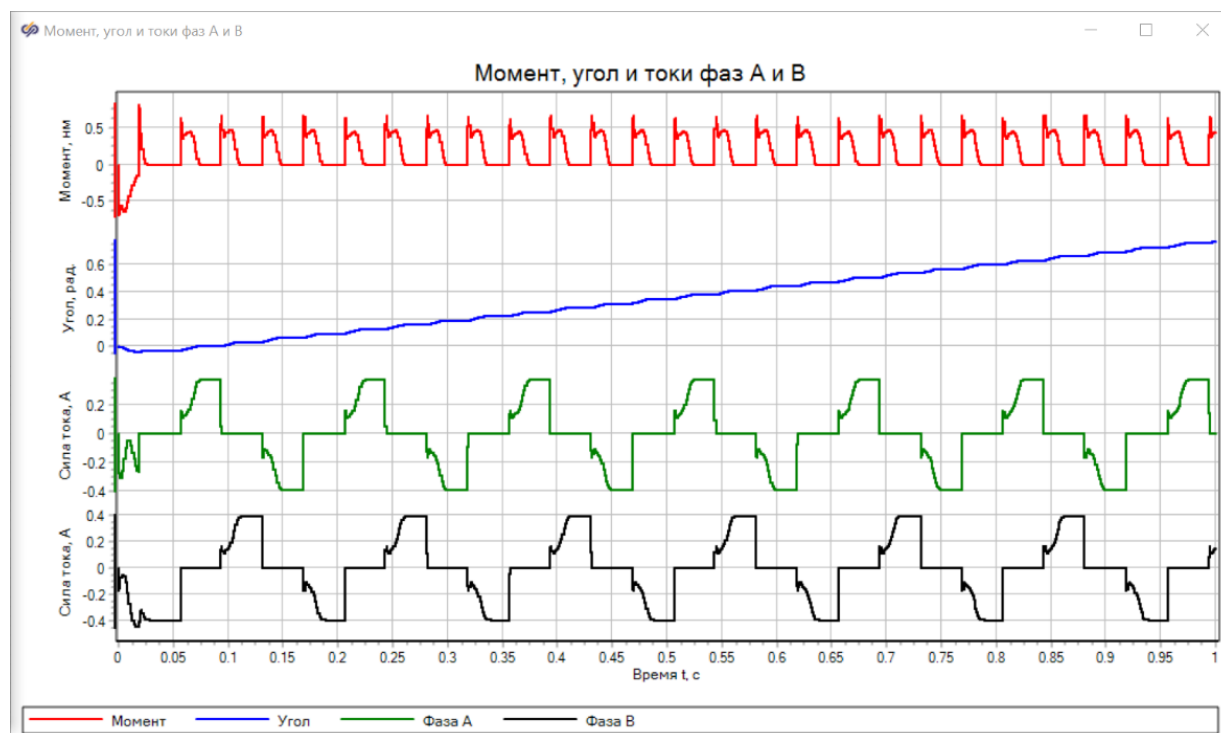
3.16-сурет – Робототехникалық кешенде орын алатын жылу ағыны бойынша орындалатын физикалық параметрлердің өзгерісі.

Қадамды жетектің жұмыс жасау принципіндегі көрсеткіштер көрсетілген. Себебі декартты роботта қадамдық жетектер қолданылады. Сол

арқылы жұмыс процессі орын алады. Сондықтан осы жетекті қолданамыз. Жалпы жетек элементтері бағдарламада қолданылады. Сол арқылы жетектің параметрлік көрсеткіштерін анықтаймыз[10].

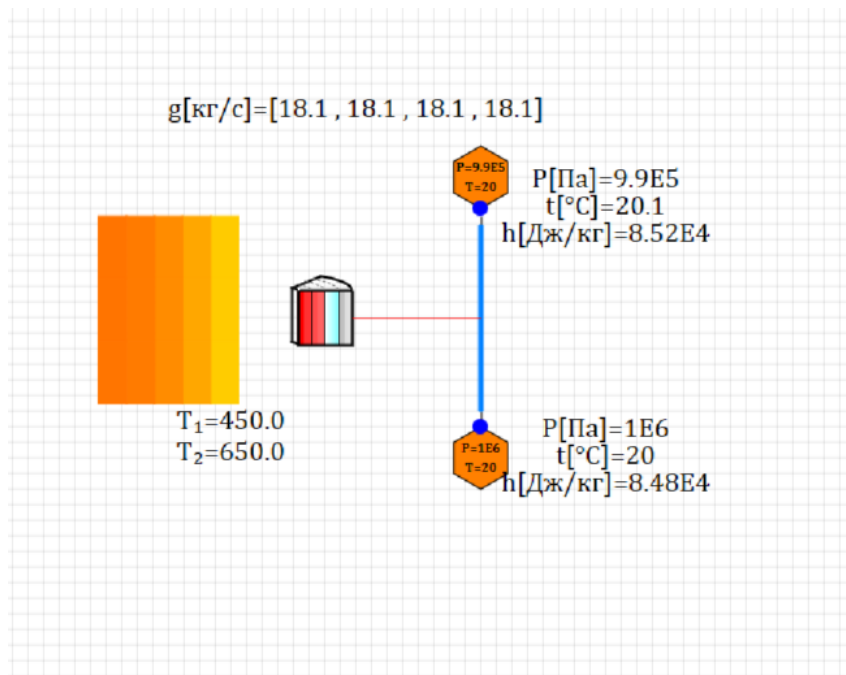


3.17-сурет – Қадамдық жетектің структуралық схемасы.

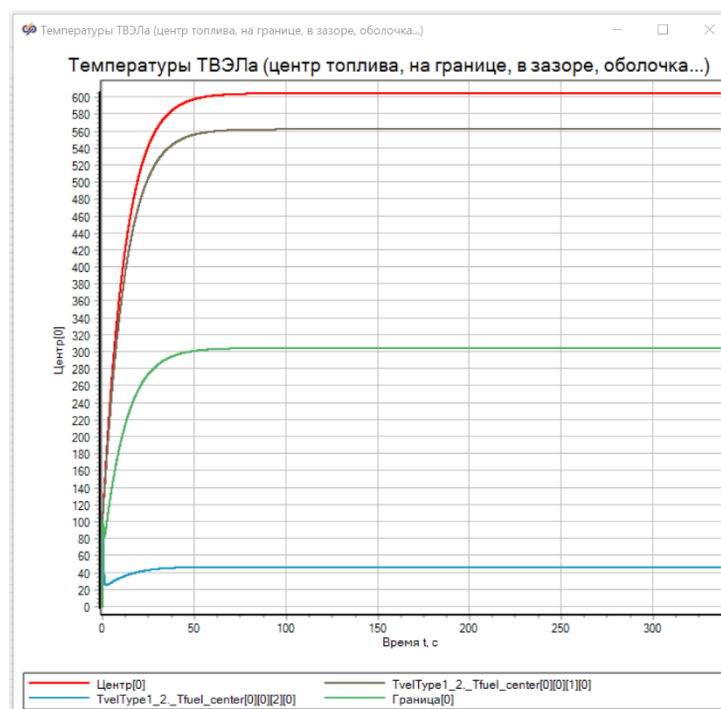


3.18-сурет – Сандық есептеу нәтижелері.

Қыздыру тэн элементінің көрінісінің нәтижелері, тэн элементі қоршаған ортаға жылу беру кезіндегі процессінің көрінісі көрсетілген.

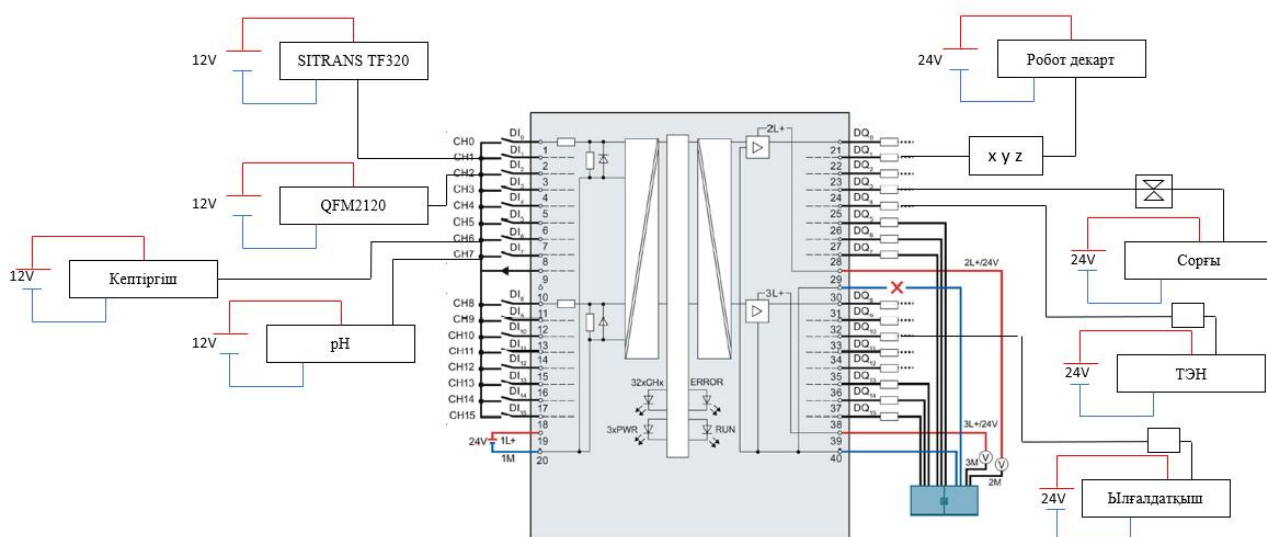


3.19-сурет – ТЭН элементінің жылу беру структуралық схемасы.



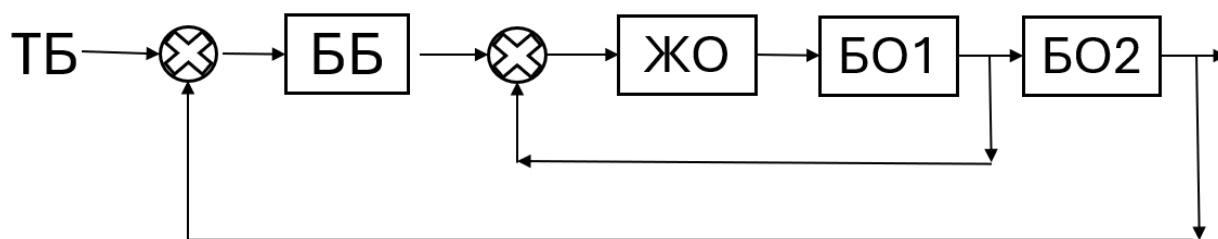
3.20-сурет – ТЭН элементінің жылу беруінің есептік мәндері.

Келесі ретте робототехникалық жүйенің жалпылай алғандағы электрлі жалғану сұлбасы көрсетілген, бұл сұлбада қажетті датчиктер және керек қондырғылар көрсетілген. Олардың қандай қорек көзін пайдаланатындылығы және контроллермен қалай байланыс жасайтындығы көрсетілген.



3.21-сурет – Жалпылай алғандағы электрлі байланыс жасау схемасы

3.2 Роботты кешенді автоматты түрде басқару алгоритмдерін құру



3.22-сурет – Линзаға жабын жабуға арналған кешеннің структуралық схемасы

Жалпы автоматты түрде жобалау келесі объектілерден тұрады. Олар:

ТБ – тапсырма беру, тапсырма беру блогында жалпы жабын жабу процесіне байланысты режимдер оператор көмегімен таңдалынып, тапсырма орындаушы органға басқару блогына жіберіледі;

ББ – басқару блогы, тапсырма беру блогынан келетін сигналды қабылдап алатын бағдарламалатын логикалық процессордан тұратын плата болып табылады, біздің орайда ол Siemens контроллері ретінде қарастырсақ болады;

ЖО – жұмыс органы, ол біздің қарауымызда декартты немесе қарапайым типтегі манипулятор болады, ББ сигналдарды алып орындау жұмысын жасайды;

БО1 – басқару объектісі бірінші типтегі бұл жерде сол декартты роботтың немесе манипулятордың соңғы звеносы линзаларды ұстап отыратын бөлігі қарастырылды;

БО2-бұл жерде жалпы системаны басқару объектісі ретінде қарастырамыз, ол өз кезегінде температуралық және ылғалдылық жүйелері қоса қарастырылады;

Бұл орайда алдымен ішкі тұйықталған тізбектің беріліс функциясын анықтап алуымыз қажет, одан кейін сыртқы беріліс функциялары арқылы кешеннің жалпы басқару жүйесінің математикалық модельін жасауымызға болады.

Жалпы ЖО-ның жұмыс жасау принципіне негізінен үш өс бойынша жұмыс жасалады. Бірақта математикалық модельде тек бір өсті көрсетуге болады.

$$W_{\text{жо}}(z) = \frac{\sigma_z(p)}{u(p)} = \frac{1}{F_1 z + 1}. \quad (1-6)$$

Басқару блогының беріліс функциясы БО1 келесі түрде көрсетіледі:

$$\frac{\sigma(p)}{\sigma_z(p)} = \frac{k_p q T H Z}{\rho_\varepsilon p^2 + q(T_z + H_p)}.$$

Осы кезекте тұйықталған тізбектің беріліс функциясы, тізбек бойынша орналасқан ЖО және БО1 жалғанып, кіру сигналы ретінде u және шығу сигналы ретінде $\dot{\sigma}_z(p)$ қарастырылып келесі көріністе көрсетіледі

$$\frac{\dot{\sigma}_z(p)}{u(p)} = \frac{k_p q p T H Z}{(F_1 z + 1)[p_\varepsilon p^2 + q(T_z + H_p)]}.$$

Тұйықталған тізбектің бір кері байланыс арқылы берілу кезіндегі, ЖО және БО1-дің кері байланыс болғандықтан беріліс функциясы келесідей көрініс табады. Бұл жерде кіру функциясы ретінде кернеу u_1 ал шығу функциясы ретінде $\dot{\sigma}_z(p)$ журу жолы көрсетіледі:

$$W_3^{(1)}(p) = \frac{\dot{\sigma}_z(p)}{u_1(p)} = \frac{k_p q p T H Z}{(F_1 z + 1)[p_\varepsilon p^2 + q(T_z + H_p)] + k_z k T H}.$$

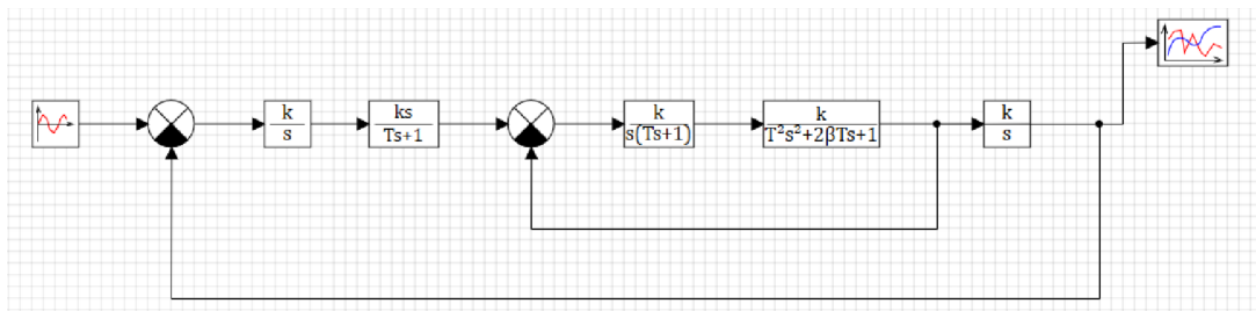
Екінші тұйықталған тізбектің беріліс функциясы келесідей орын алады оған сигнал ретінде кернеулік сигналдары келеді u_2 ал шығу элементі ретінде σ_{zTH} элементтері алынады:

$$W_p^{(2)}(p) = \frac{\sigma_{zTH}(p)}{u_2(p)} = \frac{k_p q p T H Z}{(F_1 z + 1)[p_\varepsilon p^2 + q(T_z + H_p)] + k_z k^2 T H^2},$$

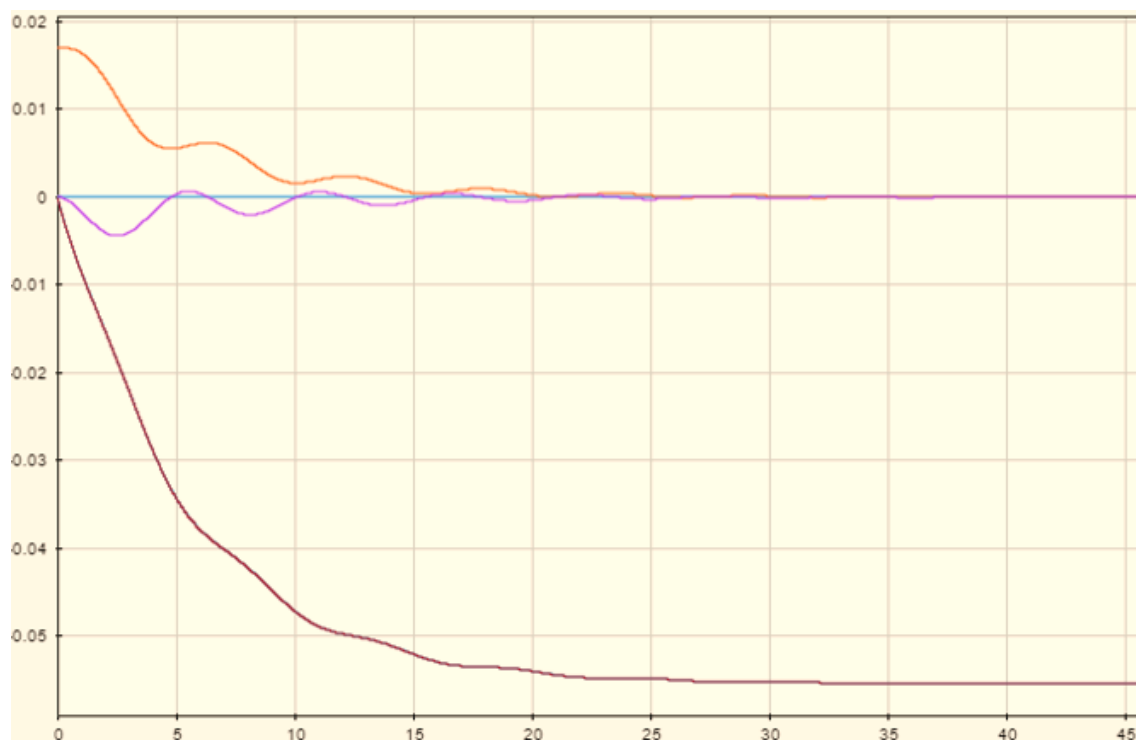
Осы жерде кері байланыс қосылған кезіндегі беріліс функциясы, кіру сигналы ретінде σ_{zTH-0} σ_{zTH} , көрінісі:

$$W_3^{(2)}(p) = \frac{\sigma_{zTH}(p)}{\sigma_{zTH-0}(p)} = \frac{W_p^{(2)}(p)}{1 + W_p^{(2)}(p)}$$

$$= \frac{k_p q p T H Z}{(F_1 z + 1)[p_\varepsilon p^2 + q(T_z + H_p)] + k_z k T H + k_p q p T H Z}$$

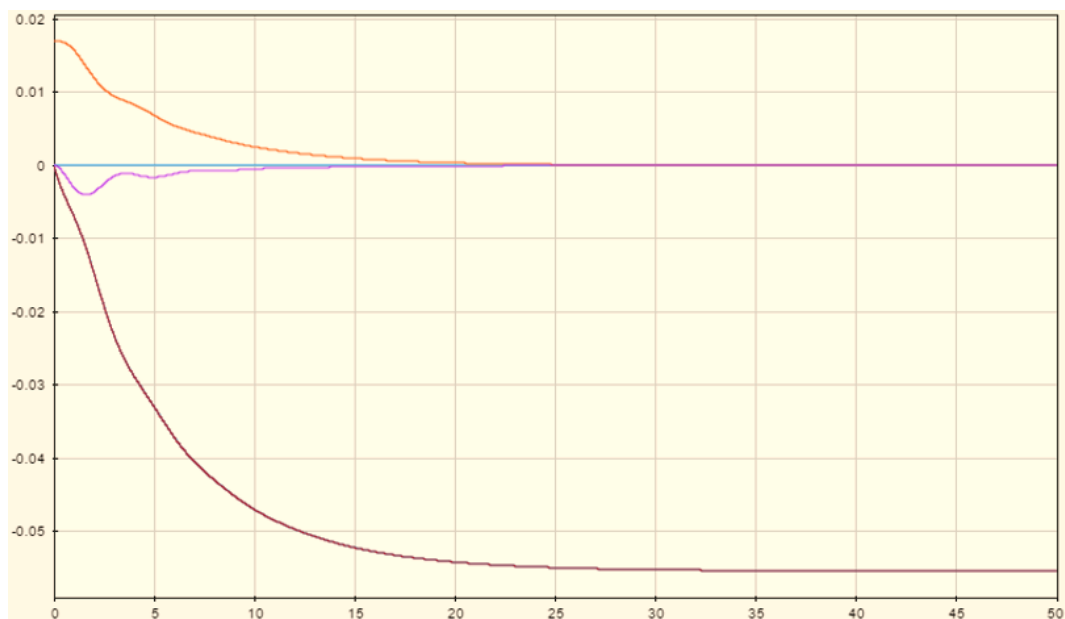


3.23-сурет – Simulink жүйесінде беріліс функциясының орындалуы



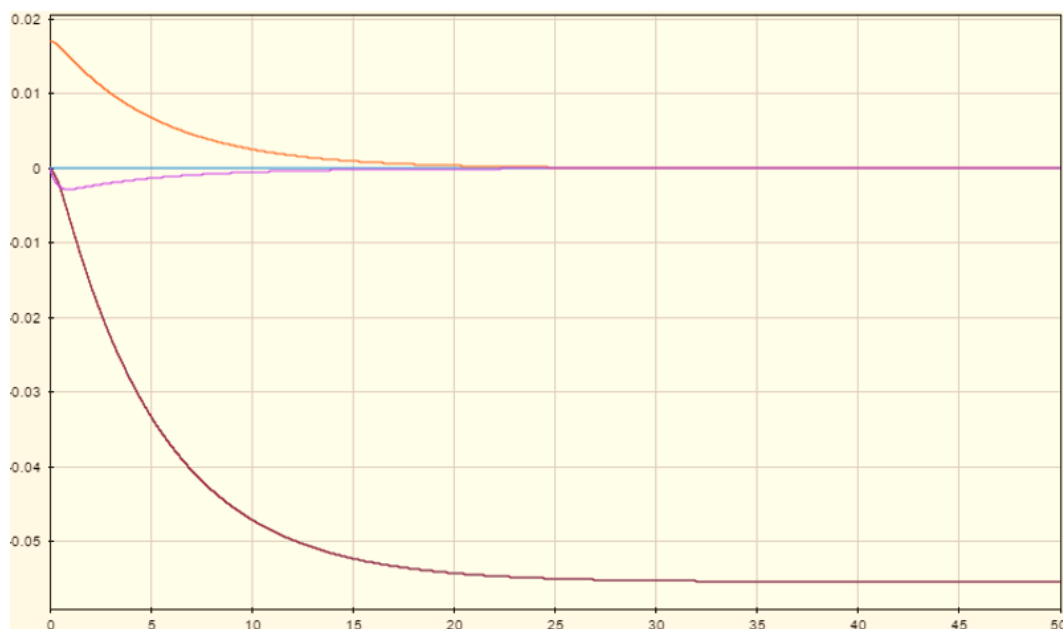
3.24-сурет – Алғашқы кіріс сигналы берілген кездегі серводвигатель жылдамдығы 100 айн/ мин болған кездегі параметрлердің өзгеруі.

Сары сызық – декартты роботтың бір күйден екінші күйге өтуін сипаттайды. Бұл жердегі тұрақталу уақыты 30 секунд шамасын алып отыр. Ал температура өзгерісі қызыл сызық шамасын 35 секунд арасында жасап отыр. Корректорлы коэффициенттер өзгерісі 0-ді құрайды.



3.25-сурет – Алғашқы кіріс сигналы берілген кездегі серводвигатель жылдамдығы 150 айн/ мин болған кездегі параметрлердің өзгеруі.

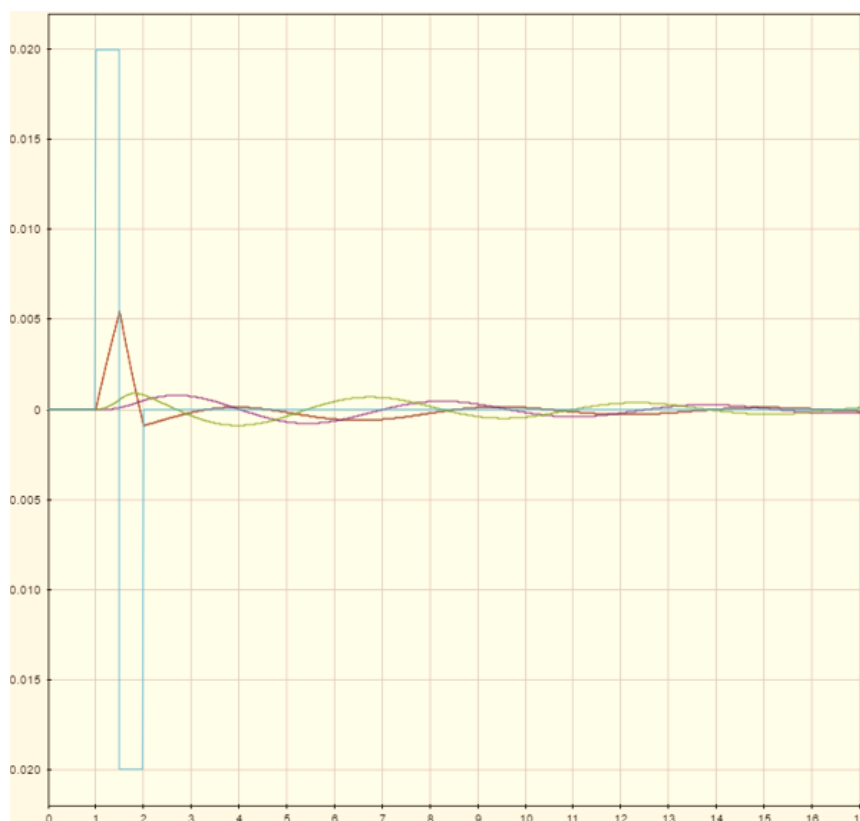
Сары сызық – декартты роботтың бір күйден екінші күйге өтуін сипаттайды. Бұл жердегі тұрақталу уақыты 25 секунд шамасын алып отыр. Ал температура өзгерісі қызыл сызық шамасын 32 секунд арасында жасап отыр. Күлгін сызық ылғалдылық датчигі арқылы келетін параметрлер бойынша сигналды орындау және реттеу уақыты 23 секунд шамасын құрайды. Корректорлы коэффициенттер өзгерісі 0,57-ні құрайды.



3.26-сурет — Алғашқы кіріс сигналы берілген кездегі серводвигатель жылдамдығы 255 айн/ мин болған кездегі параметрлердің өзгеруі.

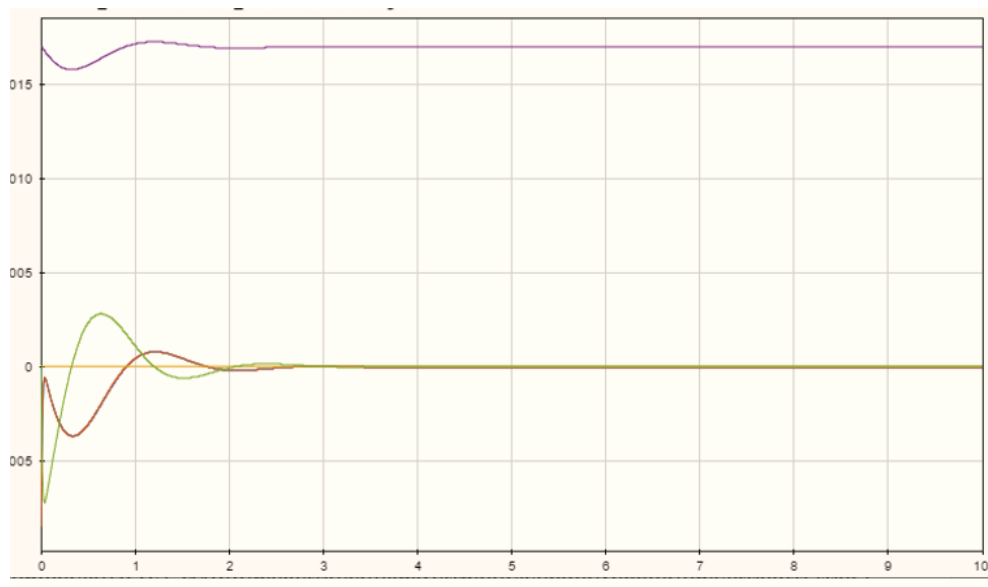
Сары сызық – декартты роботтың бір күйден екінші күйге өтуін сипаттайды. Бұл жердегі тұрақталу уақыты 20 секунд шамасын алып отыр. Ал температура өзгерісі қызыл сызық шамасын 25 секунд арасында жасап отыр. Күлгін сызық ылғалдылық датчигі арқылы келетін параметрлер бойынша сигналды орындау және реттеу уақыты 23 секунд шамасын құрайды. Корректорлы коэффициенттер өзгерісі 0,88-ді құрайды.

Ал егер импульсті сигнал берген кезде параметрлердің келесідей өзгерісін байқауға болады.



3.27-сурет – Бұл импульсті сигнал берілген кездегі кіріс серводвигатель жылдамдығы 255 айн/ мин болған кездегі параметрлердің өзгеруі.

Егер алғашқы жіберуші сигнал ретінде 0-дік сигнал жіберілсе бұл дегеніміз ешқандай сыртқы факторсыз жүйенің жұмыс жасауын көрсетеді.



3.28-сурет – 0-дік сигнал берілген кездегі кіріс серводвигатель жылдамдығы 255 айн/ мин болған кездегі параметрлердің өзгеруі.

ҚОРЫТЫНДЫ

Осы диссертациялық жұмыста көзілдірік линзаларына жабын қабатын жағу процесін автоматты түрде басқару жүйесі зерттеліп, нақты робототехникалық кешен жобаланды. Жұмыстың барысында жабын жағу технологиясы жан-жақты қарастырылып, оның автоматтандырудағы өзекті мәселелері мен шешім жолдары анықталды.

Бірінші кезекте, әдеби шолу арқылы қазіргі заманғы жабын жағу процестері мен оларды автоматты басқару тәсілдері сараланды. Бұл шолу негізінде жабын жағу процесінің нақты параметрлеріне әсер ететін факторлар мен оларды басқару әдістері анықталды. Атап айтқанда, температура, ылғалдылық, қышқылдық деңгейі сияқты ортаның негізгі физикалық-химиялық параметрлерін дәл және тұрақты ұстап тұру қажеттігі көрсетілді.

Жобаланған жүйе құрамына кіретін құрылғылар мен олардың өзара әрекеттестігі нақты сипатталып, толық құрылымдық (структуралық) және функционалдық схемалары ұсынылды. Жүйеге енгізілген негізгі құрылымдық элементтер қатарына: жабын жағу камерасы, линзаларды ұстау және қозғалту механизмі, датчиктер блогы, басқару блогы (микроконтроллер), сондай-ақ жабын материалын шашу және ортаны тұрақты ұстау қондырғылары кіреді.

Жүйені басқару үшін Siemens сериясындағы сенімді және өндірісте кеңінен қолданылатын микроконтроллер таңдалып алынды. Оның көмегімен жабын жағу кезінде қажетті температураны, ылғалдылықты және қышқылдықты тұрақты күйде ұстауға мүмкіндік туды. Жүйеде қолданылған әрбір датчикке арналған жеке функционалдық схемалар жасалынды және олардың жұмыс істеу принциптері нақты сипатталды. Температураны Pt100, ылғалдылықты — сандық гигрометр, ал қышқылдықты — pH метр көмегімен өлшеу көзделді.

Автоматты басқару жүйесінің тиімділігін арттыру үшін әрбір физикалық процестің (температура, ылғалдылық, қышқылдық) математикалық модельдері құрастырылды. Бұл модельдер екінші ретті инерциялық буын ретінде қарастырылып, әрқайсысына жеке-жеке PID-регулятор орнатылды. Жүйенің жауап беру қасиеттері MATLAB/Simulink ортасында модельденіп, өтпелі процестердің графиктері алынды. Бұл графиктер жүйенің тұрақты күйге келу уақытын, артық асу (перерегулирование) шамасын және реттеу сапасын анықтауға мүмкіндік берді.

Модельдеу нәтижелерінен байқағанымыздай, PID-регулятор параметрлерін дұрыс таңдау арқылы жүйенің орнықтылығы мен басқару дәлдігін арттыруға болады. Әр процесте (мысалы, температура немесе ылғалдылық) өзіне тән уақыт тұрақтылары мен күшейту коэффициенттері анықталды. Бұл мәліметтер нақты өндірістік жүйеде басқару жүйесін баптауға негіз болады.

Соңғы кезеңде жүйенің барлық элементтері біріктіріліп, толық автоматтандырылған робототехникалық кешен моделі ұсынылды. Осы кешен негізінде көзілдірік линзаларына жабын жағу процесі тұрақты және жоғары дәлдікпен жүргізілуге мүмкіндік туады. Есептік параметрлердің (температура,

ылғалдылық, қышқылдық) өзгерісі және олардың басқару нәтижелері сандық есептеулер арқылы алынды.

Жоғарыда келтірілген нәтижелерден қорытындылай келе, жабын жағу процесін автоматты түрде басқару жүйесін құру арқылы өнім сапасын арттыруға, энергия тиімділігін жоғарылатуға және адам еңбегін жеңілдетуге мүмкіндік туады. Жобаланған робототехникалық кешен өндірістік жағдайларда нақты қолдануға жарамды, әрі икемді түрде бейімдеуге болады.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Төлеубаев, Ж. Т., & Сатбаев, Д. М. (2021). *Автоматтандырылған технологиялық жүйелер*. Алматы: Технополис.
- [2] Қожахметов, Н. Б. (2020). *Робототехникалық жүйелер және басқару негіздері*. Астана: Елорда баспасы.
- [3] Khalil, W., & Dombre, E. (2002). *Modeling, Identification and Control of Robots*. London: Hermes Penton Science.
- [4] Гольдфарб, А. И., & Лебедев, А. А. (2019). *Основы автоматического управления*. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
- [5] Siemens AG. (2023). *SIMATIC S7-1200 Programmable Controller - System Manual*. <https://support.industry.siemens.com>
- [6] Бекенов, Ж. Т., & Исмагулов, Р. Н. (2022). *Өндірістік процестерді модельдеу және автоматтандыру*. Алматы: Қазақ университеті.
- [7] Пахомов, С. А. (2018). *Промышленные датчики и сенсоры в системах автоматизации*. Санкт-Петербург: Питер.
- [8] Matlab & Simulink. (2020). *User's Guide*. The MathWorks, Inc. <https://www.mathworks.com>
- [9] Қасымов, Ә. Т. (2024). *Цифрлық егіздер мен 3D-модельдеу технологиялары өндірісте*. Астана: Назарбаев Университеті баспасы.
- [10] ISO 14644-1:2015. *Cleanrooms and associated controlled environments — Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration*. International Organization for Standardization.

Қосымша А

Нарықтағы аналогтармен салыстыру

№	Жүйе атауы	Жалпы құны (USD)	Түсініктеме
1	Жобаланған жүйе (осы жоба)	2 360	Өздігінен жиналған, икемді
2	Fully Automated Coating System (Еуропа)	15 000	Өндірістік кешен
3	Lens Coating Robot (Қытай)	6 500	Орта деңгейлі құрылғы
4	Жартылай автоматты жабын құрылғысы (ТМД)	4 800	PLC жоқ, адам көмегімен жұмыс істейді

Жобаланған кешеннің экономикалық құрылымы

№	Компонент атауы	Саны	Бірлік бағасы (USD)	Жалпы құны (USD)	Ескертпе
1	Декарттық робот (X, Y, Z жүйесі)	1	950	950	Өздігінен жиналған, Nema 23 моторлар
2	Siemens PLC (LOGO! немесе S7-1200)	1	400	400	Негізгі басқару блогы
3	Pt100 температура датчигі	1	30	30	Жоғары дәлдікті
4	Ылғалдылық сенсоры (DHT22 немесе аналогы)	1	20	20	Қоршаған орта үшін
5	pH датчигі (аналогтық немесе цифрлық)	1	50	50	Ерітінді қышқылдығы
6	Қуат көзі (24V/5A)	1	60	60	Барлық жүйені қоректендіру
7	3D-принтермен басылған құрылымдық бөлшектер	~	—	150	PLA пластикке кеткен шығын
8	Сенсорларға арналған модульдер мен кабельдер	~	—	40	Байланысқа арналған

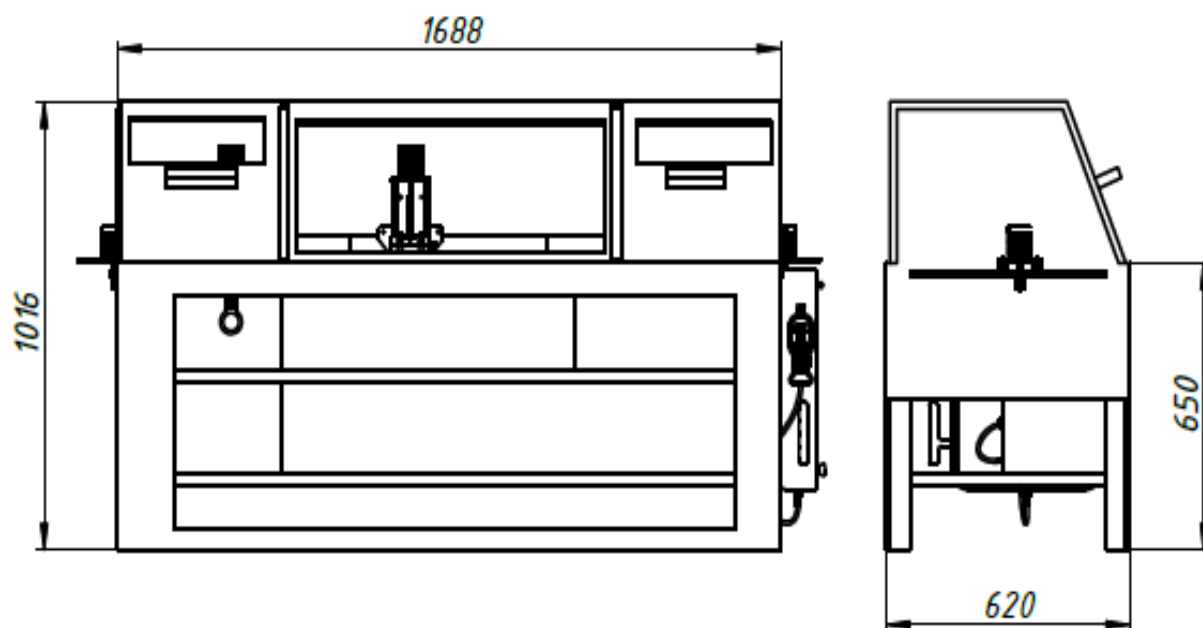
А қосымшасының жалғасы

9	Сенсор орнатуға арналған монтаждық платформа	1	30	30	Металл негіз немесе пластик
10	Басқару панелі (түстері, түймелер, экран)	1	80	80	Оператор интерфейсі
11	Қорғаныс корпус (алюминий профиль + пластик)	1	250	250	Жинақы, қауіпсіздік үшін
12	Бағдарламалау және баптау шығындары	1	—	300	Жұмысты орындау үшін еңбек ақы (шартты)

Жалпы құны: 2 360 USD

Қосымша Б

Робототехникалық кешен өлшемдерінің сызбалық көрінісі



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

7М07107 – «Робототехника және мехатроника» мамандығының магистранты
Ақжігіт Дидара Асқарқызының

Магистрлік диссертациясы

Тақырыбы: «Көзілдірік линзаларын жабуға арналған аппараттың параметрлерін автоматты түрде реттеу әдістерін әзірлеу»

Әзірленген:

- а) графикалық бөлімі _____ парак
б) түсіндірме жазбасы _____ бетте

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Ақжігіт Дидараның диссертациялық жұмысы «Көзілдірік линзаларын жабуға арналған аппараттың параметрлерін автоматты түрде реттеу әдістерін әзірлеу» тақырыбына арналған. Жұмыста заманауи жабын жағу технологиялары, оларды автоматты басқару мәселелері және шешу жолдары жан-жақты зерттелген.

Диссертациялық зерттеудің мақсаты – температура, ылғалдылық және қышқылдық деңгейін дәл ұстап тұратын, Siemens микроконтроллері негізіндегі интеграцияланған басқару жүйесін әзірлеу арқылы жабын жағу сапасын арттыру.

Зерттеу барысында келесі міндеттер шешілген: (1) әдеби шолу арқылы жабын жағу процестерінің факторларын талдау; (2) жабын камерасының, линза ұстағышының, датчиктер блогының және басқару модулінің құрылымдық-функционалдық схемаларын жасау; (3) PID-регуляторлар параметрлерін математикалық модельдеу және MATLAB/Simulink ортасында валидациялау; (4) кешенді өндірістік жағдайда енгізуге дайын пилоттық прототип ұсыну.

Ұсынылған архитектура бұйым сапасын жақсартумен қатар энергия шығынын төмендетуге және оператор еңбегін жеңілдетуге мүмкіндік береді.

Құжат мәтіні мен графикалық материалдары талаптарға сәйкес рәсімделген, терминологиясы нақты, дереккөздер тізімі жеткілікті.

ЖҰМЫС БАҒАСЫ

Магистрант Ақжігіт Дидараның диссертациялық жұмысы жоғары ғылыми-инженерлік деңгейде орындалған деп есептеймін. Зерттеу мақсаттары мен міндеттері толық орындалған, алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы мен практикалық маңызы және өндірістік енгізу әлеуеті дәйекті дәлелденген. Жұмыс құрылымы логикалық, мазмұны бірізді; теориялық талдау, модельдеу және эксперименттік бөлімдер өзара үштасқан. Әдебиеттер тізімі заманауи дереккөздермен қамтылған, ғылыми аппарат сауатты қолданылған. Осыларды ескере отырып, жұмысты 95 балмен «өте жақсы» (А) деген бағалауға лайық деп санаймын және диссертацияны қорғауға жіберуді ұсынамын.

Сын пікір беруші

Азаматтық авиация академиясының
техника ғылымдарының кандидаты,
қауымдастырылған профессор

« 06 » 06 2025 ж



Сейдилдаева А. К.

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

бойынша магистрлік диссертация

Ақжігіт Дидара Асқарқызы

7M07107 – Робототехника және Мехатроника

Тақырып: «Көзілдірік линзаларын жабуға арналған аппараттың параметрлерін
автоматты түрде реттеу әдістерін әзірлеу»

Магистрант Ақжігіт Дидара «Көзілдірік линзаларын жабуға арналған аппараттың параметрлерін автоматты түрде реттеу әдістерін әзірлеу» атты диссертациялық зерттеуінде оптикалық өндіріске тән өзекті мәселені – жабын сапасын тұрақты ұстап, процесті толық цифрлық бақылауға шығаруды – оңтайлы шешуді мақсат тұтқан. Автор температура, ылғалдылық және қышқылдық деңгейін дәл реттейтін Siemens PLC-ге негізделген интеграцияланған басқару жүйесін ұсына отырып, жабын камерасының, линза ұстағышының, датчиктер блогының және реттеуіш алгоритмдерінің толық құрылымдық-функционалдық моделін жасап шықты. Жүйенің математикалық үлгісі MATLAB/Simulink ортасында тексеріліп, PID-баптаудың дұрыстығы тәжірибе арқылы расталған; нәтижесінде жабын қабатының біркелкілігі артқан әрі энергия шығыны төмендеген.

Диссертация логикалық тұрғыдан кемел: алғашқы тарауда қазіргі жабын жағу технологиялары мен автоматтандыру тәсілдері сараланып, олардың артықшылық-кемшіліктері талданған; келесі бөлімде робототехникалық кешеннің аппараттық және бағдарламалық архитектурасы егжей-тегжей сипатталған; қорытынды тарауда пилоттық прототип өндірістік жағдайда сыналдырып, алынған нәтижелер талданған. Материалдар ғылыми негізді, иллюстрациялар мен графикалар сапалы, терминология бірізді, әдебиет тізімі заманауи дереккөздермен толықтырылған.

Зерттеу жұмысы мазмұны мен орындалу сапасы жағынан магистрлік диссертацияларға қойылатын барлық талаптарға толық сәйкес келеді, ғылыми жаңалығы мен практикалық маңызы дәлелденген. Сондықтан жұмысты «өте жақсы» (90 балл, А) бағасына лайық деп есептеймін және авторды диссертацияны қорғауға ұсынуға болады.

Ғылыми жетекші

PhD, қауымдастырылған профессор

 Алимбаев Ч.А.

«11» 06 2025 ж.



Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Көзілдірік линзаларын жабуға арналған аппараттың параметрлерін автоматты түрде реттеу әдістерін өзірлеу

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Ақжігіт Дидара АсқарқызыЧингиз Алимбаев

Подразделение

ИАиИТ

Объем найденных подобиий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание!Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

8737

Количество слов



КЦ

71844

Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв	Б	4
Интервалы	A→	0
Микропробелы	·	4
Белые знаки	Б	0
Парафразы (SmartMarks)	a	0

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	http://sphu.org/wp-content/uploads/2019/10/Farmacom_3_2019.pdf	19 0.22 %
2	Distributed computation and control of robot motion dynamics on FPGAs José de Gea Fernández, Vinzenz Bargsten;	11 0.13 %
3	https://bibliotekanauki.pl/articles/128266.pdf	7 0.08 %

из базы данных RefBooks (0.13 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
Источник: Paperity		
1	Distributed computation and control of robot motion dynamics on FPGAs José de Gea Fernández, Vinzenz Bargsten;	11 (1) 0.13 %

из домашней базы данных (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из программы обмена базами данных (0.00 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (0.37 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	http://sphu.org/wp-content/uploads/2019/10/Farmacom_3_2019.pdf	19 (1) 0.22 %
2	https://bibliotekanauki.pl/articles/128266.pdf	13 (2) 0.15 %

Список принятых фрагментов

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
http://sphu.org/wp-content/uploads/2019/10/Farma...		19 (0.22%)
Distributed computation and control of robot mot...		11 (0.13%)



Отчет об обнаружении ИИ-контента

Результат поиска отражает вероятность того, был ли текст создан инструментом ИИ с использованием GPT-2, GPT-J, GPT-NEO, GPT-3, GPT-4 или Bard.

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Көзілдірік линзаларын жабуға арналған аппараттың параметрлерін автоматты түрде реттеу әдістерін өзірлеу

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Ақжігіт Дидара АсқарқызыЧингиз Алимбаев

Подразделение

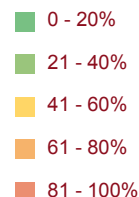
ИАиИТ

Коэффициент Вероятности ИИ

4%

Коэффициент Вероятности ИИ — это показатель, отражающий среднюю вероятность использования ИИ для всего документа. Результат 90% следует рассматривать как 90%-ную уверенность того, что контент был создан с использованием инструментов ИИ.

Система группирует текстовые фрагменты в 5 диапазонов. Каждый из диапазонов имеет свой цветовой код, отражающий уровень вероятности присутствия ИИ в тексте. Зеленый цвет означает низкий уровень вероятности того, что текст был сгенерирован ИИ, а красный, наоборот, высокий уровень.



Индикатор Контента ИИ

1%

Этот коэффициент указывает, какая часть текста могла быть создана с использованием искусственного интеллекта в пределах порогового значения, заранее заданного пользователем. 97% означает, что 97% текста имеет коэффициент вероятности ИИ выше 78% (0,78 - заранее заданный коэффициент вероятности ИИ).

Подробности

Ниже представлен список фрагментов, ранжированных по вероятности ИИ, от фрагментов с самой высокой вероятностью до фрагментов с самой низкой вероятностью ИИ.

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ФРАГМЕНТ	ВЕРОЯТНОСТЬ КОНТЕНТА ИИ	ЧИСЛО СЛОВ
1	International Organization for Standardization.	97%	4
2	A dynamic mathematical model of the system was im...	94%	57
3	Ключевые слова: автоматизация, робототехника, пок...	68%	62
4	65-сурет - Робототехникалық кешенде орын алаты...	42%	46
5	47-сурет - Simulink бағдарламасында жасалынған...	21%	51
6	Келесі кезекте ылғалдылық параметрінің өзгерісте...	21%	48
7	Жалпы жетек элементтері бағдарламада қолданылады. ...	21%	45
8	70-сурет - ТЭН элементінің жылу беруінің есепт...	5%	1086
9	Келесі графикте қышқылдық және ылғалдылық парамет...	4%	160
10	Simulation outcomes are validated through plots of...	3%	6661

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО ПАРТНЁРСТВА
«НОВАЯ НАУКА»

член Международной ассоциации издателей научной литературы

«PUBLISHERS INTERNATIONAL LINKING ASSOCIATION»

ИНН 100121743290, ОГРНИП 318100100000595

185002, г. Петрозаводск,

ул. С. Ковалевской, д. 16Б помещ. 35,

тел. 8 (911) 41-07-747,

<https://sciencen.org>, office@sciencen.org

Для предъявления по месту требования.

Серия № КОФ-1299

22 апреля 2025 года

СПРАВКА

Настоящим удостоверяется, что исследовательская работа «РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА ОЧКОВЫЕ ЛИНЗЫ», авторами которой являются **Алимбаев Чингиз** (доктор PhD), **Дидара Акжигит** (магистрант, Satbayev University, г. Алматы, Казахстан), по результатам рассмотрения и проверки на плагиат принята к участию в Международной научно-практической конференции «SCIENCE AND TECHNOLOGIES - 2025», которая состоялась 22 апреля 2025 года в г. Петрозаводске (Российская Федерация). Данная статья опубликована в сборнике материалов указанного мероприятия, который размещен в Научной электронной библиотеке eLIBRARY по договору № 467-03/2018K от 19.03.2018 г. в открытом доступе.

Директор
МЦНП «НОВАЯ НАУКА»



Ивановская И.И.



СЕРТИФИКАТ

настоящим удостоверяется, что

АКЖИГИТ ДИДАРА

магистрант

Satbauev University, г. Алматы, Казахстан

принял(а) участие
в Международной научно-практической конференции

SCIENCE AND TECHNOLOGIES - 2025

22 апреля 2025 г.
Российская Федерация
г. Петрозаводск



Директор
МЦНП «НОВАЯ НАУКА»
И.И. Ивановская



НОВАЯ НАУКА
Международный центр
научного партнерства



ELIBRARY.RU



Crossref