

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



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Курмашев Бекжан Ғабитұлы

«0,5-1 тонналық тығыздалған жұмсақ контейнерлерді түсіруге арналған
манипуляторды әзірлеу»

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7M07107 - Робототехника және мехатроника

Алматы 2026

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



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Қолжазба құқығында

Магистр академиялық дәрежесін алу үшін

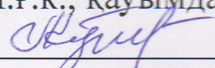
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ (ЖОБА)

Диссертацияның атауы: 0,5-1 тонналық тығыздалған жұмсақ контейнерлерді
түсіруге арналған манипуляторды әзірлеу

Дайындау бағыты: 7M07107 - Робототехника және мехатроника

Ғылыми жетекші:

т.ғ.к., қауымдастырылған профессор

 Курмангалиева Л.А.

«8» 01 2026 ж.

Рецензент:

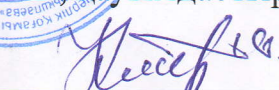
PhD, қауымдастырылған профессор

 Карымсакова Н.Т.

«8» 01 2026 ж.

Нормобакылаушы:

PhD, қауымдастырылған профессор

 Рахметова П. М.

«08» 01 2026 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі РТЖАТҚ,
техника ғылымының кандидаты,
профессор

 Қ.Ә. Өжікенов

«09» 01 2026 ж.

Алматы 2026

«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

Қ.Ө. Өжікенов

« 09 » 2026 ж.



**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Қурмашев Бекжан Ғабитұлы

Тақырыбы: 0,5-1 тонналық тығыздалған жұмсақ контейнерлерді түсіруге
арналған манипуляторды әзірлеу

Университет ректорының 20__ ж. «__» ____ № ____ бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «__» __ 2025 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері:

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Жұмсақ контейнерлерді түсірудің технологиялық процесін модельдеу;
- б) Манипулятордың автоматтандырылған басқару жүйесінің архитектурасын жобалау;
- в) Siemens TIA Portal және PLCSIM орталарында жүйені модельдеу;
- г) Басқару жүйесінің тиімділігін бағалау.

Графикалық материалдың тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):
жұмыс презентациясы 20 слайдтарда көрсетілген.

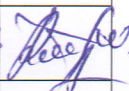
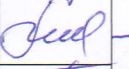
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 50 әдебиеттер тізімі.

Магистрлік диссертацияны дайындау

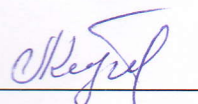
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Биг-бэгтерді түсіру манипуляторының кинематикасын есептеу және математикалық моделін құру	01.09 - 20.09.2025 ж.	Орындалды
Автоматтандыру жүйесінің электрлік сұлбалары мен басқару алгоритмдерін (Block Diagram) әзірлеу	21.09 – 18.10.2025 ж.	Орындалды
Siemens TIA Portal ортасында PLC бағдарламасын жазу және оператор панелінің (HMI) интерфейсін жасау	19.10 – 15.11.2025 ж.	Орындалды
Жүйенің тиімділігін бағалау	16.11 – 28.11.2025 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	01.12 – 22.12.2025 ж.	Орындалды

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

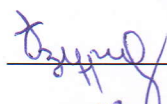
Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер (тегі, аты, әкесінің аты, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Норма бақылаушы	Рахметова П.М., PhD, қауымдастырылған профессор	08.01.2026	
Негізгі бөлім	Курмангалиева Л.А., т.ғ.к., қауымдастырылған профессор	08.01.2026	
Есептеу бөлім	Курмангалиева Л.А., т.ғ.к., қауымдастырылған профессор	08.01.2026	

Ғылыми жетекші:



Курмангалиева Л.А

Білім алушы тапсырманы орындауға алды:



Курмашев Б.Ғ.

Күні:

« 08 » 01 2026 ж.

АНДАТПА

Бұл жұмыс салмағы 0.5 - 1 тонна болатын тығыздалған жұмсақ контейнерлерді (биг-бэгтарды) қауіпсіз және тиімді түсіру үшін өнеркәсіптік манипулятордың бағдарламалық–алгоритмдік базасын әзірлеуге арналған. Негізгі мақсат-жарақаттануды азайту және сусымалы материалдармен жұмыс істеу кезінде электростатикалық тұтану қаупін азайту арқылы операциялардың қауіпсіздігін арттыру. Siemens PLC және SCADA WinCC негізіндегі басқару жүйесінің синтезі ұсынылған, жерге тұйықтауды белсенді бақылау қажеттілігін негіздейтін тәуекелдерді талдау орындалған және машиналық көру және нейрондық желіні (персептрон) пайдалана отырып, контейнердің мойнын алу сапасын бақылау алгоритмі әзірленген.

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена разработке программно-алгоритмической базы промышленного манипулятора для безопасной и эффективной разгрузки уплотнённых мягких контейнеров (биг-бэгов) массой 0.5–1 тонны. Основная цель — повышение безопасности операций за счёт снижения травматизма и минимизации рисков электростатического воспламенения при работе с сыпучими материалами. Представлен синтез системы управления на базе ПЛК Siemens и SCADA WinCC, выполнен анализ рисков, обосновывающий необходимость активного контроля заземления, и разработан алгоритм контроля качества захвата горловины контейнера с применением машинного зрения и нейронной сети (персептрона).

ANNOTATION

This work is devoted to the development of a software and algorithmic database of an industrial manipulator for the safe and efficient unloading of compacted soft containers (big bags) weighing 0.5-1 tons. The main goal is to increase the safety of operations by reducing injuries and minimizing the risks of electrostatic ignition when working with bulk materials. A synthesis of a control system based on Siemens PLC and SCADA WinCC is presented, a risk analysis is performed justifying the need for active grounding monitoring, and an algorithm for quality control of container neck capture using machine vision and a neural network (perceptron) is developed.

РЕФЕРАТ

Магистрлік диссертация 77 беттен, 33 сурет пен 6 кестеден тұрады. Әдебиеттер тізімі – 50.

Түйін сөздер: өнеркәсіптік манипулятор, жұмсақ контейнерлер (big bag), басқару жүйесі, PLC, Siemens TIA portal, электростатикалық разряд, FIBC, машиналық көру, нейрондық желі, SCADA, WinCC.

Жұмыстың мақсаты: салмағы 0.5-1 тонна тығыздалған жұмсақ контейнерлерді түсіру процесінің тиімділігін және бірінші кезекте қауіпсіздігін кешенді арттыру болып табылады. Жұмыс технологиялық циклды автоматтандырып қана қоймай, сонымен қатар өндірістік тәуекелдерді бейтараптандыру үшін, атап айтқанда, электростатикалық тұтанудың салдарынан жарақаттану мен апатты істен шығудың алдын алу үшін бақылаудың озық әдістерін біріктіретін бағдарламалық-алгоритмдік базаны әзірлеуге бағытталған.

Зерттеудің міндеттері мен әдістері: мақсатқа жету үшін келесі міндеттер шешілді:

1. Нақты өндірістік оқиғалардың пайда болуы мен талдауының физикасына бағытталған Сусымалы материалдарды құюмен байланысты тәуекелдерге терең талдау жүргізілді;
2. TIA portal ортасында Siemens PLC негізіндегі басқару жүйесінің бағдарламалық-алгоритмдік базасының синтезі, соның ішінде логиканы кезең-кезеңмен әзірлеу орындалды;
3. Процесті визуализациялау және манипуляцияны жеңілдету үшін WinCC SCADA жүйесіндегі эргономикалық операторды басқару орталығы (HMI) жобаланған;
4. Машиналық көру негізінде түсіру сапасын бақылаудың ішкі жүйесі әзірленді және эксперименталды түрде сыналды.

Нәтижелер және ғылыми жаңалық:

Жұмыс нәтижесінде түсіру циклінің толық бағдарламалық модельдеуі ұсынылған. Ғылыми жаңалық қауіпсіздікке пәнаралық көзқараста жатыр:

- Алғаш рет бұл жұмыс үшін пассивті жерге тұйықтаудың жеткіліксіздігі негізделіп, С (FIBC) типті контейнерлермен қауіпсіз жұмыс істеу үшін жерге тұйықтаудың белсенді мониторингі жүйелерін PLC логикасына интеграциялау ұсынылды;
- Жұмсақ контейнер аузының салбырауының түпнұсқа математикалық моделі жасалды. Оның негізінде зертханалық стендте нейрондық желіні (Персептрон) қолдана отырып, ақауларды анықтаудағы 5-тен аз қатені көрсететін түсіру диагностикасы жүйесі құрылды және сыналды.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	4
1 Манипуляторды әзірлеу тапсырмасының мәлімдемесі	5
1.1 Қойылған тапсырма	5
1.2 Тақырыптың өзектілігі	6
1.3 Ғылыми-практикалық маңыздылығы	6
1.4 Зерттеу жоспары	7
1.5 Зерттеу көлемі мен шектеулері	7
2. Технологиялық аудит және жүйелерді талдау	8
2.1 Қолданыстағы көлік-технологиялық шешімдерге шолу	8
2.2 Шетелдік жүйелерді және олардың жергілікті нарықтағы шектеулерін бағалау	11
3. Интеллектуалды машиналық көру жүйесі	19
3.1 Контейнер мойнының деформациясын модельдеу	19
3.2 Ұстау сапасын анықтайтын нейрожелі алгоритмін құру	24
3.3 Аппараттық іске асыру және басқару жүйесін интеграциялау	25
4. Манипулятордың механикалық құрылымы	30
4.1 Үш саусақты ұстағышты жобалау және күштерін есептеу	30
4.2 Шарлы бұранданы талдау, динамиканы модельдеу	34
4.3 Ansys-та S559 пен AW-7042 беріктігін салыстыру	37
5 Автоматтандыру және PLC логикасы	43
5.1 Siemens S7-1200 негізінде басқару жүйесін құрастыру	43
5.2 Ұстау, көтеру және тасымалдау алгоритмдерін әзірлеу	45
5.3 SCADA WinCC жүйесінде HMI интерфейсін дайындау	52
6 Қысқыш құрылымын жетілдіруде ТРИЗ әдістемесін қолдану	55
7 Қауіпсіздік және ЭСР қорғанысы	57
7.1 FIBC-пен жұмыс кезіндегі статикалық тұтану қаупін бағалау	57
7.2 Контейнерлерді МТЭ талаптарына сай жіктеу және таңдау	59
8. Тасымалдау кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету	61
8.1. Өндірістік жарақаттарды талдау	61
8.2. FIBC жіктелуі және таңдауы	62
8.3 Стандарттар және белсенді жер үсті мониторинг жүйелері	65
9 Көтергіш жабдықтар нарығының көшбасшыларын талдау	68
Қорытынды	69
Қолданылған әдебиеттер	70

КІРІСПЕ

Қазіргі әлемде автоматтандыру және роботтандыру әр түрлі салаларда өнімділік пен тиімділікті арттыруда шешуші рөл атқарады. Робототехника саласындағы өзекті міндеттердің бірі жүктерді түсіруге арналған манипуляторларды, әсіресе салмағы 1 тоннаға дейінгі тығыздалған жұмсақ контейнерлерді әзірлеу болып табылады. Бұл логистика мен қойма операцияларында кеңінен қолданылатын контейнерлердің тез және қауіпсіз түсірілуін қамтамасыз ету қажеттілігінен туындайды.

Бұл жұмыс осы тапсырма үшін арнайы манипуляторды әзірлеуге арналған. Зерттеудің мақсаты-ең аз уақыт шығындары мен жүктің зақымдану қаупі бар тығыздалған жұмсақ контейнерлерді автоматтандырылған түсіруді қамтамасыз ететін тиімді және сенімді манипуляция жүйесін құру. Бұл кіріспеде біз зерттеу барысында әсер ететін негізгі аспектілерді қарастырамыз. Атап айтқанда, біз жүк тасымалдауға арналған роботтық манипуляторлар саласындағы зерттеулердің ағымдағы жай-күйін, тығыздалған жұмсақ контейнерлердің ерекшеліктерін, сондай-ақ тиімді түсіру жүйесін әзірлеудің негізгі міндеттері мен тәсілдерін талқылаймыз.

Осы талдау негізінде ғылыми-зерттеу жұмысының мақсаттары мен міндеттері тұжырымдалып, оларға қол жеткізудің әдіснамалық тәсілі айқындалатын болады.

1 Манипуляторды әзірлеу тапсырмасының мәлімдемесі

1.1 Қойылған тапсырма

Тығыздалған жұмсақ контейнерлерді тиеуге және түсіруге арналған өнеркәсіптік манипуляторды басқару жүйесін әзірлеу бірқатар маңызды аспектілерге ерекше назар аударуды қажет етеді. Стандартты манипуляторлар көбінесе қауіпсіздік мәселелерін кешенді шешуді қамтамасыз етпейді, бұл әсіресе ауыр жүктермен (0.5-1 тонна) жұмыс істегенде маңызды. Сонымен қатар, борпылдақ материалдармен операциялар кезінде тұтануға әкелуі мүмкін электростатикалық разрядтың елеулі, бірақ жиі ескерілмейтін қаупі бар. Сондай-ақ, жұмсақ контейнерлермен жұмыс контейнерлер мен жүктерге зақым келтірмеу үшін ұстауды нәзік және дәл бақылауды қажет етеді. Сондықтан қолданыстағы басқару жүйесі оператор жұмсақ контейнерлермен оңай және ең бастысы қауіпсіз жұмыс істей алатындай етіп жаңартылуы керек. Негізгі назар басқару эргономикасына аударылуы керек, бұл интуитивті интерфейсті құруды білдіреді. Сондай-ақ оператордың шаршауын азайтатын және операциялардың дәлдігін арттыратын сенімді басқару алгоритмдері мен басқару жүйелерін (соның ішінде машиналық көруді) әзірлеу қажет.

Қауіпсіздік маңызды басымдық болып қала береді. Физикалық (жарақаттанудың алдын алу) және электростатикалық (жерге қосу мониторингі) сияқты кешенді қауіпсіздік функцияларын енгізу тәуекелдерді азайтуға көмектеседі. Әзірленіп жатқан бағдарламалық — алгоритмдік база логика мен функционалдылықты тексеру үшін егжей-тегжейлі модельдеу кезеңінен өтуі керек, ал оның негізгі ішкі жүйелері (мысалы, түсіруді бақылау) өнімділікті растау үшін тестілеу кезеңі болып табылады.

Жобаның мақсаттары:

- а) Тиеу механизмдерінің жұмысы үшін машиналық көру негізінде терең қауіпсіздік функцияларын және соңғы эффекторды басқару жүйесін біріктіретін манипулятордың бағдарламалық-алгоритмдік базасын әзірлеу;
- б) Жүкті манипуляциялауды жеңілдету үшін эргономикалық операторды басқару орталығын жобалау;
- с) Жүйенің логикасын тексеру үшін компьютерлік бағдарламалық жасақтаманы қолдана отырып, модельдеу сериясын жүргізу және зертханалық қондырғыда негізгі ішкі жүйелердің (атап айтқанда, машиналық көру алгоритмінің) жұмысын эксперименталды түрде растау. [1]

1.2 Тақырыптың өзектілігі

Логистикалық операциялардың өсуі және жүк тасымалдау көлемінің ұлғаюы жағдайында тиеу-түсіру процестерін автоматтандыру кәсіпорындардың тиімділігі мен бәсекеге қабілеттілігін арттырудың негізгі факторына айналады. Ауыл шаруашылығында, тамақ өнеркәсібінде және қойма шаруашылығында кеңінен қолданылатын салмағы 1 тоннаға дейінгі тығыздалған жұмсақ контейнерлермен жұмыс істеу ерекше қиындық тудырады. Дәстүрлі манипуляторлар параметрлерді қолмен реттеуді қажет етеді, бұл процестерді баяулатады, жүктің зақымдану қаупін арттырады және адам факторына тәуелділікті арттырады. Осындай контейнерлермен нәзік жұмыс істеуге бейімделген мамандандырылған роботтық жүйелерді әзірлеу тоқтап қалуды азайтуға, техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтуға және қарқынды пайдалану жағдайында операциялардың тұрақты сапасын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

1.3 Ғылыми-практикалық маңыздылығы

Ауыр жүктермен жұмыс істеу кезінде еңбек қауіпсіздігін арттыру, әсіресе өндірістік жарақаттану статистикасы тұрғысынан маңызды міндет болып қала береді (мысалы, Қазақстанда 2024 жылы 2471 жазатайым оқиға тіркелген). Қолданыстағы манипуляторларды басқару жүйелері көбінесе төтенше жағдайларға әкелетін жұмсақ контейнерлердің ерекшеліктерін ескермейді. Жұмыста сипатталған жартылай автоматты жүктемені теңдестіру жүйелерін, эргономикалық интерфейстерді және қауіпсіздік алгоритмдерін енгізу жарақат алу қаупін азайтып қана қоймайды, сонымен қатар автоматтандырудың әлемдік трендтеріне сәйкес келеді (сурет 1.1). [2]



Сурет 1.1 - Қызмет түрі бойынша жазатайым оқиғалар кезінде зардап шеккендердің үлесі

1.4 Зерттеу жоспары

Кәдімгі өнеркәсіптік манипулятор тиеу және түсіру тапсырмаларын орындау үшін қауіпсіз және эргономикалық басқару жүйесін қажет етеді. Осы зерттеу шеңберінде әртүрлі жүк түрлерімен жұмыс істеу ерекшелігін ескеретін манипулятор мен соңғы эффекторды басқару жүйесі әзірленетін болады. Зақымдануды болдырмау үшін нәзік тәсілді қажет ететін тығыздалған жұмсақ контейнерлерді тиеу және түсіру процестеріне ерекше назар аударылады.

Зерттеу жүйені басқару үшін кіріс деректерін енгізуді негіздейді және оператордың жүктеме манипуляциясын егжей-тегжейлі қарастырады. Зерттеудің маңызды бөлігі әртүрлі жүктерді, соның ішінде жұмсақ контейнерлерді тиімді басқаруға мүмкіндік беретін эргономикалық операторды басқару орталығын әзірлеу болып табылады. Осылайша, бұл жұмыс оның функционалдығын кеңейтетін және өнімділігін арттыратын тығыздалған жұмсақ контейнерлерді қоса алғанда, жүктердің кең ауқымымен жұмыс істей алатын өнеркәсіптік манипулятор үшін әмбебап және сенімді басқару жүйесін құруға бағытталған.

1.5 Зерттеу көлемі мен шектеулері

Бұл зерттеудің көлемі өнеркәсіптік манипулятор үшін кешенді басқару жүйесін әзірлеуді, бағдарламалық қамтамасыз етуді және модельдеуді қамтиды. TIA portal ортасында толық түсіру циклін басқару логикасын синтездеуді және SCADA жүйесінде эргономикалық оператор интерфейсін жобалауды қоса алғанда, бағдарламалық-алгоритмдік базаға назар аударылады. Жұмыстың ажырамас бөлігі қауіпсіздік тәуекелдерін терең талдау, атап айтқанда электростатикалық тұтану қаупін зерттеу және PLC логикасына белсенді жерге қосу мониторингі алгоритмдерін біріктіру болып табылады.

Зерттеудің шекаралары оның егжей-тегжейлі механикалық дизайнға емес, басқару жүйесіне назар аударуымен анықталады. Жұмыс манипулятордың дизайнын және оның механикалық түйіндерін (мысалы, теңдестіру дискілері) жобалауды, 3D модельдеуді немесе қуатты оңтайландыруды өз міндетіне айналдырмайды. Нәтижесінде манипуляторды басқарудың негізгі логикасының жұмысын тексеру бағдарламалық модельдеу әдістерін қолдана отырып жүзеге асырылады. [3]

2. Технологиялық аудит және жүйелерді талдау

2.1 Қолданыстағы көлік-технологиялық шешімдерге шолу

Жұмсақ контейнерлерді түсіруге арналған өнеркәсіптік Робот-манипулятор-бұл FIBC типті икемді тасымалдау контейнерлерін (үлкен сөмкелер) қауіпсіз жылжытуға және босатуға арналған күшейтілген болат конструкциясы бар механикаландырылған жүйе. Құрылғының негізгі мақсаты-салмағы бір тоннаға дейінгі жүктерді өңдеуге байланысты ауыр қол операцияларын автоматтандыру, бұл операторға физикалық жүктемені болдырмауға және өндіріс процесінің қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді. Манипулятордың механикалық орналасуына қуат жақтауы, жетек сілтемелері және жұмсақ контейнер геометриясына бейімделуге қабілетті ұстау модулі кіреді. Сілтемелердің геометриясы манипулятордың жұмыс аймағын және кинематикалық қол жетімділігін, сондай-ақ позициялау кезінде түсіру бағытының дәлдігін анықтайды. Бүкіл жүйенің тиімділігі кинематика параметрлеріне және құрылымның қаттылығына байланысты-оның тұрақтылығы, жүк көтергіштігі және циклдік операциялардағы қозғалыстардың қайталануы.

Жұмыс қозғалыстары контейнерлерді басқарылатын көтеруді, ұстауды және жылжытуды қамтамасыз ететін пневматикалық немесе электромеханикалық жетек жүйесі арқылы жүзеге асырылады. Жүктің салмағын өтеу және траекторияны тұрақтандыру үшін нақты уақыттағы жүктеменің өзгеруіне жауап беретін тепе-теңдік механизмі қолданылады. Заманауи нұсқалар контейнердің массасы мен орналасуына байланысты пневматикалық цилиндрлердегі қысымды реттеуге мүмкіндік беретін интеллектуалды басқару жүйесімен жабдықталған. Бұл ұстаудың дәлдігін арттырады және сөмке тінінің деформация қаупін азайтады.

Соңғы атқарушы орган (ұстау механизмі) тоқыма беттерімен өзара әрекеттесу ерекшеліктерін ескере отырып жасалған. Ол үйкеліс коэффициенті жоғары элементтерді пайдаланады - мысалы, резеңкеленген төсеніштер немесе пластикалық ұстағыш губкалар - бұл үлкен сөмкенің шаңды немесе дымқыл бетінде де сенімді ұстауды қамтамасыз етеді. Ұстау құрылымы матаның зақымдалуын және контейнерді көтеру немесе түсіру кезінде оның тігістерінің жыртылуын болдырмау үшін күштерді біркелкі бөлуге арналған. Басқару жүйесінде қолмен және автоматты режимдер қарастырылған. Оператор процесті басқару тақтасы арқылы басқара алады, ал автоматты алгоритм қысымның күтпеген ауытқуларында жүкті ұстап тұрумен қатар, ұстаудың тегіс ашылуы мен жабылуын қамтамасыз етеді. Күш сенсоры мен кері байланыс жүйесін біріктіру арқылы адамның ең аз қатысуымен жоғары позициялау дәлдігіне қол жеткізіледі. [4]

Осылайша, жобаланған робот-манипулятор өнеркәсіптік зауыттардағы жұмсақ контейнерлерді түсіруге арналған әмбебап шешім болып табылады. Оның дизайны беріктікті, бейімделгіштікті және қауіпсіздікті біріктіреді, бұл

құрылғыны бос материалдармен сақтау және тиеу-түсіру жұмыстарын автоматтандырудың тиімді құралы етеді (сурет 2.1).



Сурет 2.1 - Velvet Fingers қысқыштарының конструкциясы

Роботты кешенді басқару жүйесі П-тәрізді кереуеттің, манипулятордың және бұрандалы түсулердің жұмысын үйлестіруді қамтамасыз етеді. Ол жабдықты автоматты түрде іске қосады және тоқтатады, контейнердің ашық бөлігін сканерлейді, үлкен жүгірудің жоғарғы қабатын анықтайды, қажетті жүкті таңдайды, оны ұстап алуды және тасымалдаушы таспаға немесе бұрандалы түсіруге бағыттайды. Кірістірілген Алгоритмдер түсірудің дұрыстығын бақылайды, төтенше жағдайлардың алдын алады және қателер немесе ақаулар кезінде кешенді тоқтатуды қамтамасыз етеді, әрі қарай талдау үшін жүйенің күйі туралы деректерді түсіреді және жібереді. [12]

Кесте 2.1 – Робот манипуляторларының іске қосылған ауыр жүктерді көтеру бөліктерін егжей-тегжейлі салыстыру

Параметрлер	LHB01-18-20	LHB01-25-50
Атауы	Алты осьті робот-манипулятор	Алты осьті робот-манипулятор
Ең үлкен жұмыс радиусы	1800 мм	2550 мм
Ең үлкен жүк көтергіштігі	200 кг (қысқыш құралдармен қоса)	500 кг (қысқыш құралдармен қоса)
Қысылатын дайындаманың ең үлкен өлшемі	1100 x 900 мм	2000 x 1000 мм
Қайта орналастыру дәлдігі	±0.1 мм	±0.1 мм
Тұтынатын қуаты	6,8 кВА	15,6 кВА
<i>Қозғалыс диапазоны</i>		
J1 (платформаны айналдыру) ±160°		±160°
J2 (үлкен иық)	-140°/+75°	±70°
J3 (кіші иық)	-65°/+190°	-75°/+115°
J4 (білекті айналдыру)	±180°	±180°
J5 (білектің тербелісі)	±110°	±125°

J6 (білекті артқа айналдыру)	$\pm 360^\circ$	$\pm 360^\circ$
<i>Ең үлкен жылдамдық</i>		
J1 (платформаны айналдыру)	120°/с	84°/с
J2 (үлкен иық)	160°/с	52°/с
J3 (кіші иық)	148°/с	52°/с
J4 (білекті айналдыру)	234°/с	245°/с
J5 (білектің тербелісі)	300°/с	223°/с
J6 (білекті артқа айналдыру)	360°/с	223°/с
Қорғаныс дәрежесі	IP54	IP54
Жалпы салмағы	шамамен 1800 кг	шамамен 7250 кг
Вакуумдық сорғыштардың саны (стандартты)	8 дана	8 дана

Робот-манипулятордың басқару блогы функцияларды деңгейлер бойынша бөлетін көп деңгейлі жүйе ретінде салынған. Жоғарғы деңгей стратегиялық басқаруға жауап береді: барлық буындардың қозғалыс траекториясын жоспарлайды, сыртқы жабдықтармен жұмысты синхрондайды, кешен компоненттерінің күйін өңдейді, оператормен және басқа жүйелермен мәліметтер алмасады, пайдаланушының бағдарламаларын мұрағаттайды, қолмен басқаруды бақылайды және механизмдерді калибрлеумен диагностика жүргізеді. Төменгі деңгей командалардың дәл орындалуын қамтамасыз етеді: бағдарламаға сәйкес әр сілтеменің орны мен жылдамдығын реттейді, автоматты, оқыту, қолмен және калибрлеу режимдерін қолдайды (сурет 2.2).



Сурет 2.2 - LNB01-18-20 манипуляторы

Басқару жүйесі ядросы, жады және енгізу-шығару модулі бар микроконтроллердің айналасында құрылған, ол адрес, деректер және басқару шиналары арқылы процессорды сыртқы құрылғылармен байланыстырады: датчиктер, серво, пневматикалық цилиндрлер, дабыл және тасымалдау механизмдері. Жүйе сәлемдемелердің күйі мен салмағын бақылайды, ұстаудың қозғалысы мен сақталуын басқарады, жүктің стандартты емес

позицияларындағы траекторияны реттейді және барлық операцияларды тіркейді. Контейнердің ішінде кеңістік қарапайым көлемдерге бөлінеді, әрқайсысы үшін құрылымдық шектеулерді ескере отырып, сәлемдемені түсіру нүктесіне дейін жылжытудың оңтайлы маршруттары алдын-ала есептеледі. (сурет 2.3) [5]



Сурет 2.3 - LNB01-25-50 манипуляторы

2.2 Шетелдік жүйелерді және олардың жергілікті нарықтағы шектеулерін бағалау

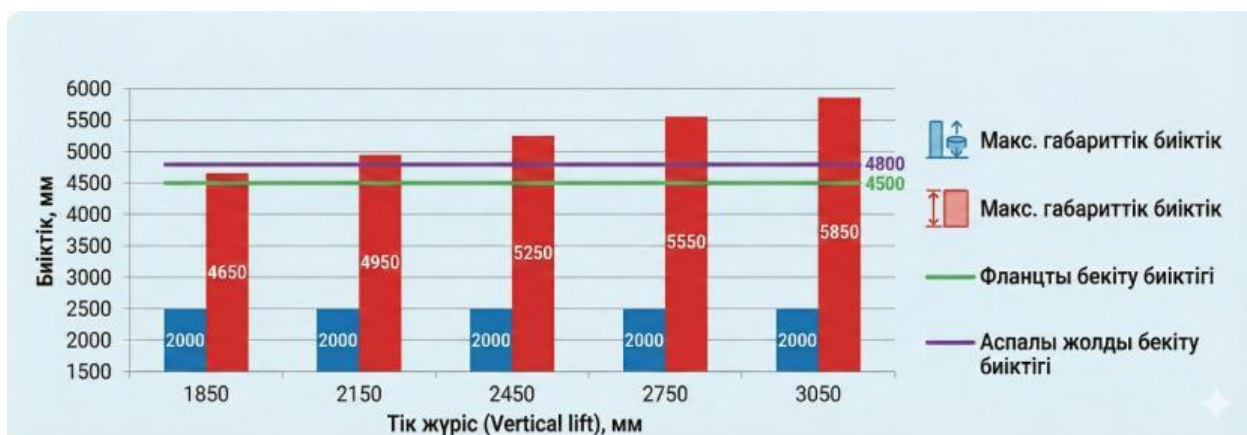
Бұл зерттеу 2024 жылдың жазында шетелдік тағылымдамадан өту барысында алынған теориялық талдауға да, практикалық тәжірибеге де сүйенеді, бұл тиісті сертификатпен расталады.

Dalmec MEGAPARTNER MG — бұл өте жоғары жүк көтерімділігі бар пневматикалық манипулятор. Ол салмағы 1500 кг-ға дейінгі жүктерді өндеуге қабілетті. Құрылғы операторға ауыр жүктерді айтарлықтай күш жұмсамай, эргономикалық және қауіпсіз жағдайда жылжытуға мүмкіндік береді. Манипулятор «салмақсыздық» әсерін қамтамасыз ете отырып, жүктің кеңістіктегі қозғалысын жеңілдетеді. [6]

Кесте 2.2 - Негізгі техникалық сипаттамалар

Параметр	Мәні / Сипаттамасы
Максималды жүк көтерімділігі	1500 кг
Максималды жұмыс радиусы	5000 мм (650 кг жүкпен)
Жұмыс қысымы (Pneumatic supply)	0.7 ÷ 0.9 МПа (таза, құрғақ ауа)

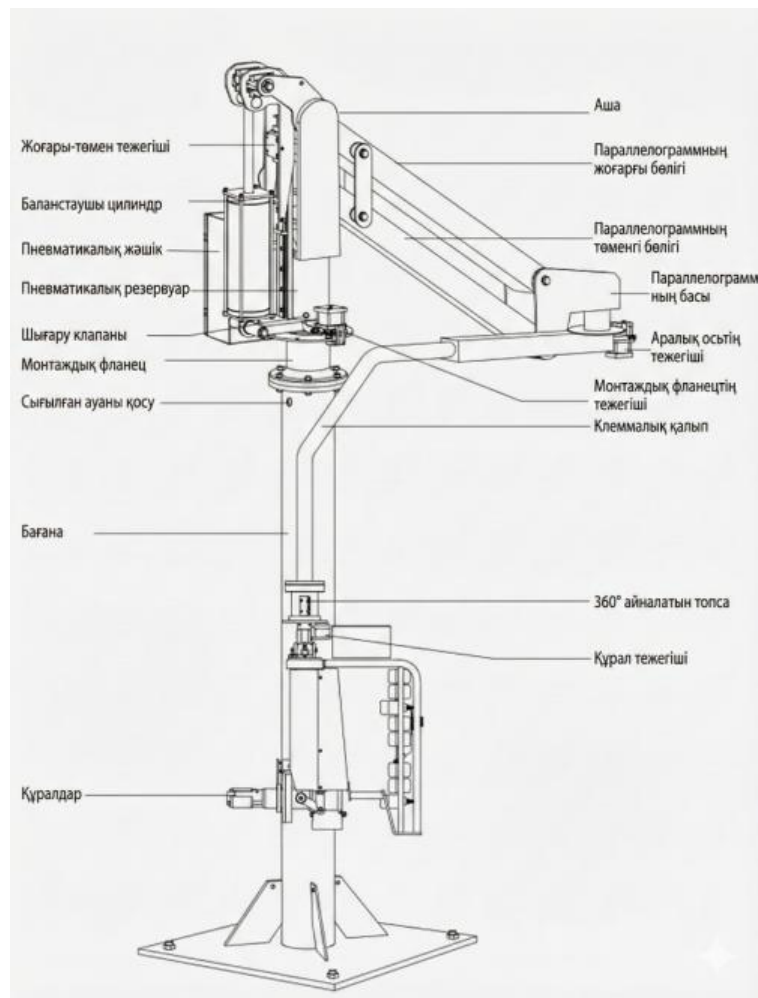
Басқару түрі	Пневматикалық
Орындалу нұсқалары	Колонналы (Column), Аспалы бекітілген (Fixed Overhead), Аспалы жылжымалы (Running Overhead)



Сурет 2.4 - Манипулятордың габариттік өлшемдерінің тәуелділігі

Сызбаларға сәйкес манипулятордың кинематикасы бірнеше еркіндік дәрежесіне ие, атап айтқанда негізгі ось пен жұмыс органы 360 градусқа шектеусіз айналса, аралық топса 300 градусқа дейін бұрыла алады. Ауыр жүктерді көтеру үшін жүйе арнайы пневматикалық күшейткішпен жабдықталған, сонымен қатар қауіпсіздік пен тұрақтылықты қамтамасыз ету мақсатында барлық негізгі айналу осьтерінде сенімді тежегіш жүйелері қарастырылған (сурет 2.4).

Құжатта манипуляторды орнатудың үш негізгі нұсқасы ұсынылған: еденге анкерлік болттар немесе жылжымалы негіз арқылы бекітілген колонна түріндегі нұсқа, төбеге немесе металл конструкцияға стационарлы түрде ілінетін аспалы нұсқа және үлкен жұмыс аумағын қамту үшін рельсті жол бойымен қозғалатын мобильді аспалы жүйе. Бұл конструктивті шешімдер манипуляторды өндірістік орынның ерекшеліктеріне қарай икемдеуге мүмкіндік береді. [7]



Сурет 2.5 - Пневматикалық манипулятордың негізгі түйіндері мен агрегаттарының орналасу схемасы

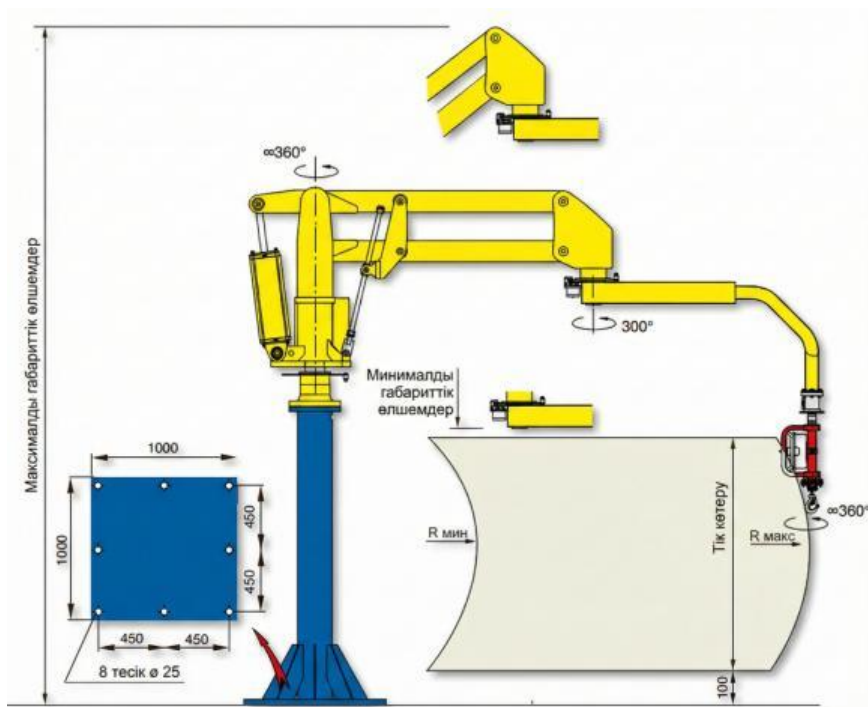
Ұсынылған сызбалар мен кинематикалық схемаға сүйенсек, Dalmec Megapartner манипуляторының негізгі тірегі еденге анкерлік болттармен бекітілген бағанадан және 360 градусқа шектеусіз айналатын осьтен тұрады. Жүктердің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін жүйеде көлденең және қиғаш тартқыштардан құралған параллелограмм механизмі қолданылған. Бұл механизм биг-бэгті көтеру немесе түсіру кезінде жүктің шайқалмауын және еденге қатысты әрдайым тік қалыпта сақталуын кепілдендіреді (сурет 2.5).

Манипулятордың жүк көтеру күші «Booster» деп аталатын арнайы резервуар мен пневматикалық цилиндр жүйесі арқылы жүзеге асырылады. Бұл түйін құрылғының негізгі қозғаушы күші ретінде сығылған ауаны пайдаланып, иінтіректі басқарады. Салмағы 1500 кг-ға дейінгі ауыр жүктерді көтеру үшін қарапайым цилиндрдің күші жеткіліксіз болғандықтан, қысымды еселеп арттыратын арнайы күшейткіш жүйе енгізілген.

Қауіпсіздік техникасын сақтау мақсатында манипулятордың барлық буындары мен айналу осьтерінде дискілі тежегіштер (Joint brake) қарастырылған. Егер жұмыс аяқталса немесе жүйедегі ауа қысымы кенеттен жоғалып кетсе, бұл тежегіштер автоматты түрде іске қосылып, механизмді

лезде бұғаттайды. Бұл инженерлік шешім иінтіректің және жүктің кездейсоқ төмен құлап кетуінен толық қорғайды [14].

Жұмыс процесінің соңғы буыны ретінде биг-бэгті ілуге арналған ілгектер бекітілетін фланц (жұмыс органы) қызмет етеді. Бұл бөлік те өз осінен 360 градусқа еркін айнала алатындықтан, оператор жүкті қажетті орынға дәл позициялай алады. Осылайша, аталған барлық түйіндердің өзара үйлесімді жұмысы ауыр жүктерді қауіпсіз, дәл және физикалық күш жұмсамай тасымалдауға мүмкіндік береді (сурет 2.6).

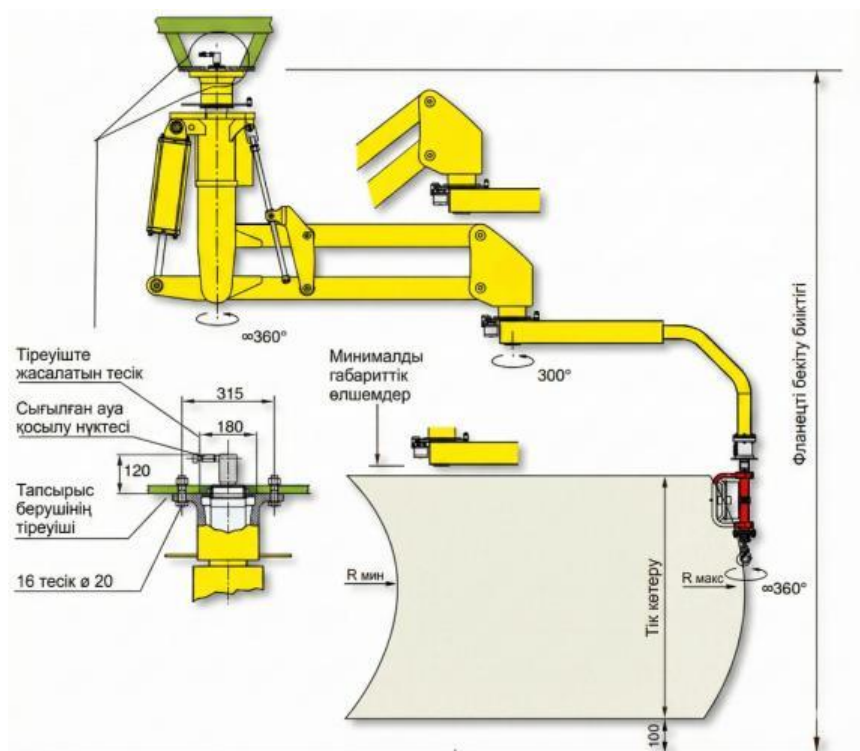


Сурет 2.6 - Стандартты өнеркәсіптік манипулятордың жалпы көрінісі және негізгі орнату өлшемдері

Жүйенің жұмыс істеу логикасы толығымен электрсіз, пневматикалық басқаруға негізделген, мұндағы басты ерекшелік – «салмақсыздық» әсерін (Zero Gravity) қамтамасыз ету. Пневможүйе жүктің салмағын автоматты түрде өлшеп, цилиндрге дәл сондай қарсы қысым беру арқылы 1 тонналық биг-бэгті ауада қалқытып, операторға оны небәрі 3–5 кг күш жұмсау арқылы еркін басқаруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, аралық топса (300°) арқылы жалғанған қос иінді кинематикалық құрылым «адам қолы» принципі бойынша жұмыс істеп, өлі аймақтарсыз қозғалысты және кедергілерді тиімді айналып өтуді жүзеге асырады. [8]

Қауіпсіздік техникасы тұрғысынан манипулятор авариялық жағдайлардан қорғайтын сенімді механизмдермен жабдықталған. Егер жүйедегі ауа қысымы кенеттен төмендесе немесе шланг жарылған жағдайда, кері клапандар мен тежегіштер кідіріссіз іске қосылып, иінтіректі лезде бұғаттайды. Бұл инженерлік шешім жүктің және манипулятордың төмен

кұлауына жол бермей, оны сол мезеттегі кеңістік нүктесінде қатаң бекітіп қалуға кепілдік береді (сурет 2.7).



Сурет 2.7 - Төбеге бекітілген Megapartner MGF манипуляторы: бекіту сызбасы және жұмыс кеңістігі

ЧМН-3 манипуляторы операциялардың үздіксіз ағыны болып табылады: диспенсер, қапакты кию құрылғысы, термокамера және тізбекті тасымалдаушы синхронды түрде жұмыс істейді. Жүк бункерден гравитациялық немесе бұрандалы конвейермен беріледі. Оператор контейнерді жүктеме ұяшығы бар арбадағы белдіктерге бекітеді, мойынды құбырға бекітеді. Лайнер сығылған ауамен үрленеді, паллет автоматты түрде қондырғының астына орналастырылады, вагон көтеріледі, Ысырма ашылады және өнім контейнерге түседі. Массаға жеткенде қаппа жабылады, беру толық толтырылғанға дейін төмен жылдамдықпен жалғасады. Вагон төмен түседі, белдіктер алынып тасталады, мойын босатылады, толтырылған контейнері бар паллет тізбекті конвейермен жіберіледі, ал жаңа бос паллет тиеу орнына беріледі. Бұл орау қондырғысы сағатына 15-19 контейнер жылдамдығымен 0,7–1,8 кубметр көлеміндегі төрт стропадағы жұмсақ контейнерлерді сусымалы материалдармен толтыруға арналған. Өнім контейнерге бұрандалы конвейермен беріледі, ал масса жүктеу процесінде сыйымдылықпен бірге бақыланады. Біркелкі мөлшерлеу фидердің айналуын реттеу арқылы жүзеге асырылады, ал диск қақпасы циклдің соңында ағынды жауып, контейнерлерді ауыстырған кезде материалдың төгілуіне жол бермейді (сурет 2.8).



Сурет 2.8 - Kazminerals түсіру манипулятор кешені

Жүктелген жұмсақ контейнерлер пневматикалық ілгектермен автоматты түрде босатылады, оператордың қолмен араласуын толығымен жояды. Ілгектер әр контейнердің өлшемдеріне бейімделеді, бұл кешеннің әмбебаптығын және әртүрлі қаптама өлшемдерімен жұмыс істеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Гидравликалық көтеру үстелі толтырылған контейнерлерді мұқият алып тастауға қызмет етеді, ал жинақтау конвейері Жүк тиегіштің мүмкін болатын үзілістерін өтейді, бұл тасымалдау және сақтау процесінің үздіксіздігін қамтамасыз етеді. Бос контейнерлер қолмен ілінеді, содан кейін толтырылған контейнерлер жүк көтергіштің көмегімен қоймаға ауыстырылады. Вселуг қондырғысының басты кемшілігі-бұрандалы коректендіргішті қолдануға байланысты процестің жоғары энергия сыйымдылығы. Мұндай механизм ұнтақты және қатып қалуға бейім материалдарды тасымалдауда тиімді болғанымен, жаппай пайдалану үшін энергия шығынын азайтатын және жұмыс сенімділігін арттыратын гравитациялық беру жүйелеріне артықшылық беріледі.

Шетелдік әріптестер, автоматтандыру мен механикаландырудың жоғары деңгейіне қарамастан, нарықта сирек кездеседі, негізінен олардың жоғары құны мен батыс елдерінің қатаң экологиялық талаптарына байланысты. Бұл қондырғылар борпылдақ материалдарды шамадан тыс жүктеу кезінде шаң мен ластануды азайтуға арналған, бұл оларды қызметкерлер мен қоршаған орта үшін қауіпсіз етеді. Сонымен қатар, мұндай жүйелер дәлірек мөлшерлеуді, жүк ағынын оңтайландыруды және технологиялық операцияларға уақытты қысқартуды қамтамасыз етеді, бұл әсіресе жоғары қарқынды өндірістік желілер үшін өте маңызды. [9]

Glaint Ingenieurcamftechnik GmbH (Германия) фирмасы өнімнің жабық ағынын қамтамасыз ете отырып, жұмсақ контейнерлерде Сусымалы материалдарды өңдеуге арналған кешенді шешімдерді әзірлейді және жеткізеді. Олардың жүйелері модульдік болып табылады және оларды пневматикалық тиеу, өлшеу, мөлшерлеу және жіктеу механизмдерімен толықтыруға болады. Неміс өндірушілері Libratwerk Maschinenfabrik және GreiftVetox Maschinefabrik өнімділігі сағатына 40 контейнерге жететін химия, тамақ және жем өнеркәсібіне арналған салмақ жабдықтары мен тиеу желілеріне маманданған. Контейнерді бекіту үшін механикалық ілгектер қолданылады, ал аэрация және діріл құрылғылары ұсақ материалдармен жұмыс істеу үшін қолданылады. Дозалау электронды жүйемен $+30$ г дәлдікпен бақыланады, ал өнімді беру гравитациялық түрде жүзеге асырылады.

Жүктеу жүйелерін талдау әр түрлі өндірушілердің жалпы дизайн шешімдерін көрсетеді, бұл технологияның қарызға алынғанын көрсетеді. Жұмсақ контейнерлерді тиеу кезіндегі негізгі механикаландырылған операцияларға контейнер қалыптастыру, ауаны шығару (деаэрация), мазмұнды тығыздау, мойынды тығыздау және таңбалау жатады. Балық ұнының технологиялық желісінің мысалында бұл операциялардың қалай жүзеге асырылатындығы көрсетілген: контейнер дірілдейтін роликке орнатылады, мойын тиеу құбырына бекітіледі, қуыс сығылған ауамен қалыптасады, содан кейін материал вибромен тығыздалады және контейнер тығыздалады. Өлшенгеннен және таңбаланғаннан кейін контейнер қатарға орнатылады. Жұмсақ контейнерлерді пайдалану көлік және қойма операцияларында айтарлықтай шығындарды үнемдейді.

Шетелдік қондырғылар автоматтандырудың жоғары деңгейімен ерекшеленеді. Мысалы, Ұлыбританияда Velmafox Big Bag көтергішті, діріл бергішті және салмақ өлшейтін платформаны пайдаланады. Германияда Bradenburg сусымалы өнімді деаэрациялау және басу қондырғыларын шығарады, онда контейнер конуска бекітіледі, ал бұрандалы конвейер ауаны кетіреді және материалды мөлшерлейді. Bagdungeonmaster карусель жүйелері деаэрация арқылы әк пен цементтің жүктеме тығыздығын арттыруға мүмкіндік береді, ал Wildmoller und Holschter жартылай вагондарға тиеу, сақтау және шамадан тыс жүктеме арқылы толық автоматтандырылған желілерді жасады.

Шетелдік жүйелерді талдау негізінде жұмсақ контейнерлерді үздіксіз тығыздағышпен сусымалы материалдармен толтырудың өзіндік әдісі мен құрылғысы жасалды. Контейнер платформаға орнатылады, оның қабырғалары созылып, серпімді корпуспен бекітіліп, герметикалық қуыс жасайды. Сусымалы жүктеме ауырлық күшімен келеді, ал серіппелері бар жылжымалы жұмыс элементтері материалды беру процесінде тығыздайды, сонымен бірге толтыру мен тығыздауды қамтамасыз етеді. Жүктемені бақылау салмақ механизмімен жүзеге асырылады, содан кейін контейнер бос болып өзгереді және цикл қайталанады. Ұсынылған әдіс сығылған ауаны пайдаланып діріл мен деаэрациядан бас тартуға мүмкіндік береді, контейнердің жүктеме

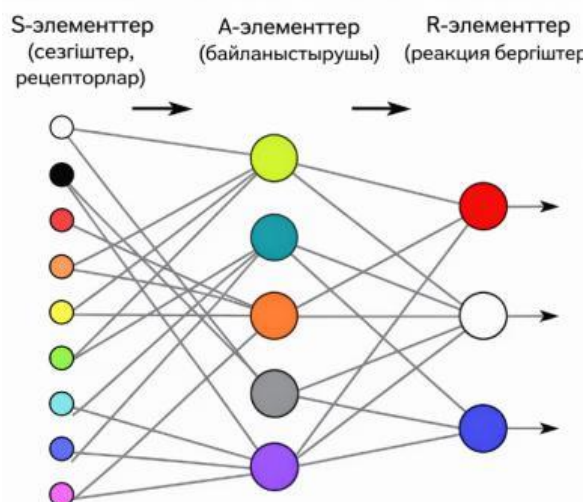
жылдамдығын арттырады, жұмыс уақытын қысқартады және энергия шығынын азайтады. Ол кез-келген көліктік-жүк желілерінде сусымалы материалдар үшін қолданылады, бұл өнімнің минималды шығынын (1% - дан аз) және жүктің жоғары сақталуын қамтамасыз етеді, бұл қосымша статикалық жүктемесі бар жартылай вагондарда тасымалдау кезінде өте маңызды. Жүргізілген талдау тақырыптың ғылыми өзектілігін және жұмсақ контейнерлермен тиеу-түсіру операцияларын автоматтандыруға таңдалған тәсілдің негізділігін растайды. [10]

3. Интеллектуалды машиналық көру жүйесі

3.1 Контейнер мойнының деформациясын модельдеу

Сусымалы материалдарды тиеу кезінде жұмсақ контейнерді мықтап бекіту автоматтандырылған орау желісінің негізгі түйіні болып табылады. Жұлдыруды түсіру және орын ауыстыру қателерін болдырмау үшін нейрондық желілік кескінді талдауды қолданатын техникалық көру жүйесі енгізілді. Перцептрондық типтегі алгоритм ағымдағы кадрды контейнердің анықтамалық моделіне сәйкестендіреді және түсіру құрылғысының орнын автоматты түрде реттейді. Машиналық көру технологияларын қолдану позициялау дәлдігін, дозалау тұрақтылығын және кешеннің жалпы өнімділігін айтарлықтай жақсартады. Сонымен қатар монтмориллонит пен вермикулит қосылған полимерлі нанокомпозиттерді жасау саласында зерттеулер жүргізілуде, бұл орау материалдарының беріктігі мен тозуға төзімділігін арттырады, олардың циклдік жүктемелер кезінде сенімділігін қамтамасыз етеді. Бақылау жүйесі мойынның геометриясын оның математикалық моделімен салыстыруды және нақты уақыттағы ауытқуларды анықтайтын анықтамалық алгоритм негізінде құрылған. [11]

Көрнекі ақпаратты өңдеу қарапайым перцептрон - сенсорлық S, ассоциативті A және шығыс R деңгейлері бар нейрондық желілік архитектура негізінде жүзеге асырылады. Сенсорлық түйіндер объектінің кеңістіктік сипаттамаларын көрсететін кіріс сигналын құрайды, ассоциативті қабат деректерді түрлендіреді және сүзеді, ал шығыс элементі түсірудің дұрыстығын шешеді. Мұндай құрылым жарық пен сыртқы әсерлер өзгерген кезде де жүйенің тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді (сурет 3.1).



Сурет 3.1 - Персептронның нейрондық желісінің құрылымы

Ассоциативті A элементтері өз атауын алды, өйткені олардың әрқайсысы біреуімен емес, бірден бүкіл ассоциативті құрылымды құрайтын сенсорлық S

элементтерінің тобымен әрекеттеседі. А элементінің активтенуі онымен байланысты S элементтерінен келетін сигналдардың жиынтық ағыны белгілі бір θ шегіне жеткенде немесе одан асқанда пайда болады. Қарапайым тілмен айтқанда, егер S элементтерінің жиынтығы сезімтал аймақта, мысалы, жұмсақ контейнердің мойын доғасы аймағында орналасса, онда тән "ақ жарық дақтары" және сенсорлардың жеткілікті белсенділігі пайда болған кезде, А-мен байланысты элемент іске қосылады, бұл доғаның талданған кескін бөлігінде болуын бекітеді.

Әрі қарай, белсендірілген А-элементтері импульстарын R шығыс түйініне жібереді. мұнда әрбір сигнал белгілі бір А - және R-элементі арасындағы байланыс күшін көрсететін w_i меншікті салмақ коэффициенті арқылы өтеді. R-элементі осындай сигналдардың жиынтығын алып, олардың өлшенген қосындысын есептейді. Егер нәтиже θ шегінен жоғары болса, онда шығуда бірлік импульсі пайда болады (1); егер төмен болса — сигнал басылады (-1). Осылайша, R элементі кіріс деректерінің жиынтығы бойынша желінің қорытынды реакциясын анықтайтын өзіндік "шешуші орталық" рөлін атқарады:

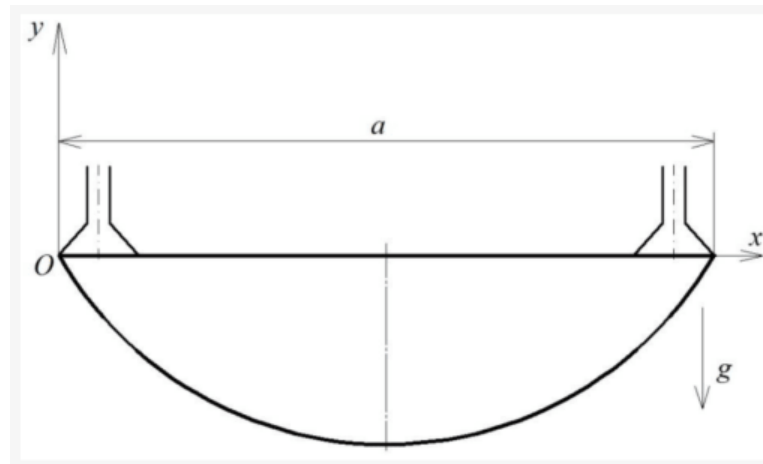
$$f(x) = \text{sign}(\sum_{i=1}^n w_i x_i - \theta) \quad (1)$$

500×500 пиксель ажыратымдылығы бар жұмсақ контейнердің мойын аймағының суреті фрагменттерге бөлінеді — нейрондық желі үшін кіріс массиві болып табылатын жеке кластерлер. Бұл фрагменттердің әрқайсысы нейрондардың жасырын қабаттарын өңдеуге бағытталған. Желінің кіріс деңгейі тандалған кескін блоктарының санымен қалыптасады, ал шығыс жіктеу нәтижесін көрсетеді — "сәйкес келеді" немесе "сәйкес келмейді". Бес Нейронды қамтитын жасырын қабат объектімен өзара әрекеттесудің ықтимал сценарийлерін талдайды: дұрыс түсіру, қате түсіру, ашудың болмауы, бекітудің бұзылуы және ішінара түсіру.

Өзірленген интеллектуалды машиналық көру жүйесі жүктеу процесінде жұмсақ контейнерлерді (ЖК) ашу және бекіту дәлдігін талдауға арналған. Түсірудің дұрыстығын тексеру перцептрондық архитектураға негізделген нейрондық желі алгоритмін қолдана отырып, мойын аймағының кескіндерін өңдеу арқылы жүзеге асырылады, бұл нақты уақыт режимінде қателерді анықтауға және жетектердің орналасуын реттеуге мүмкіндік береді. [12]

Диагностикалық жүйені құру кезінде сыртқы күш-жігерге ұшыраған кезде ЖК мойын материалының мінез-құлқының ерекшеліктерін ескеру қажет. Контейнерді пневматикалық манипуляторлармен ұстау кезінде — вакуумдық сорғыштар немесе сиялы қысқыштар болсын — матаның табиғи салбырауы орын алады. Дұрыс түсіру үшін a түсіру элементтерінің жиектері арасындағы қашықтық контейнердің номиналды енінен b аз болуы керек. Бұл позицияда мойынның бекітілмеген бөлігі иілуді тудырады, бұл контейнердің ішіне кіруге мүмкіндік береді және оның ішінен ашылуына оңтайлы жағдай жасайды.

Мұндай модель деформация геометриясын дәл сипаттауға және автоматты позициялау жүйесінің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді (сурет 3.2).



Сурет 3.2 - Сәл ашық, икемді контейнердің мойнындағы салбырау сызбасы

Жұмсақ контейнердің сәл ашылған мойнының ішкі саңылауының контурын ішкі ұстағыштар арасындағы a қашықтықты, олардың саны мен диаметрін өзгерту арқылы өзгертуге болады. Талдауды жеңілдету үшін мойын екі тірекке еркін ілінген икемді жабық жіп сияқты әрекет етеді делік. Мұндай жуықтауда оның геометриясы вариациялық есептеу әдістерімен шешілетін жіптің салбырауы туралы есепті сипаттайды, мұнда қажетті форма жүйенің минималды потенциалдық энергиясының жағдайынан анықталады.

Егер белгілеуге шеңбердің ұзындығын мойны контейнер арқылы $L(g)$ болса, $L(g) = 2B$, ал учаске ұзындығы $L(g) - a$ сәйкес келеді. Осылайша, тапсырма $Y = y(x)$ функциясын табуға дейін азаяды, мұндағы x — осьтің басындағы ұстау орнынан есептелген жіп нүктесінің координаты. Бұл жағдайда ауырлық күшінің әсерінен болатын жіп элементінің потенциалдық энергиясы салбырап тұрған бөліктің бүкіл ұзындығы бойынша интеграл арқылы көрсетіледі. Бұл вариациялық есепті шешу контейнер мойнының иілуінің оңтайлы траекториясын анықтауға мүмкіндік береді-яғни ол тепе-теңдікте болатын және ұстап тұру немесе ұстау кезінде артық кернеулерді сезінбейтін пішінін осылай табуға мүмкіндік береді:

$$U = \int_0^a \rho * y \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} * dx \quad (2)$$

Икемді контейнердің мойнының салбыраған бөлігінің ұзындығы:

$$L_g - a = \int_0^a \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} * dx \quad (3)$$

Мұнда ρ - ЖК матасының ұзындығының меншікті салмағы ($\text{H}/\text{м}^2$).

Теңдеудегі экстремалды функционалдылыққа мына теңдеуді ескере отырып қол жеткізіледі:

$$F_y - \frac{d}{dx} F_{y'} = 0 \quad (4)$$

Бұл жердегі,

$$F = \rho * y \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} * dx + \lambda \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} * dx \quad (5)$$

мында λ — анықталмаған көбейткіш.

Эйлер теңдеуін шеше отырып, осыған жете аламыз:

$$F_y = \sqrt{1 + (y')^2} * (\rho * y + \lambda) \quad (6)$$

$$F_{y'} = (\rho * y + \lambda) * y' (1 + (y')^2)^{-\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$F_y - y' F_{y'} = C_1 \quad (8)$$

Соңында мына теңдеуге қол жеткіземіз:

$$\frac{(\rho * y + \lambda)}{\sqrt{1 + (y')^2}} = C_1 \quad (9)$$

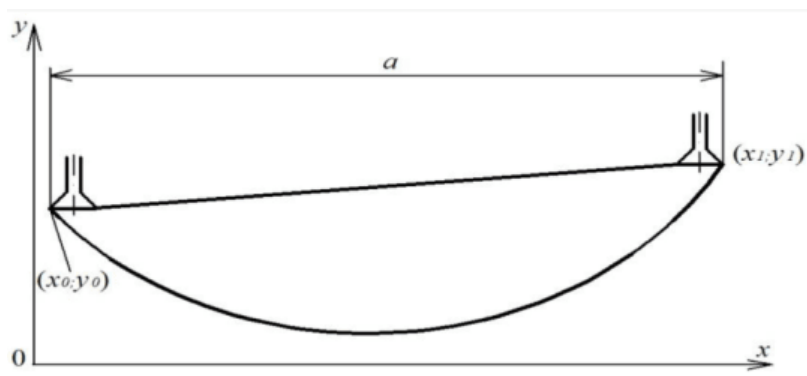
Бұл теңдеу-төменгі ЖК мойнының салбырау қисығының дифференциалдық теңдеуі. Оның шешімі келесідей:

$$y = C_1 \operatorname{ch} \frac{x - C_2}{C_1} - \lambda \quad (10)$$

Бұл өрнекте $\operatorname{ch}(z)$ гиперболалық косинус болып табылады, ал C_1 и және C_2 - белгілі бір шекаралық шарттар негізінде мәндері таңдалатын ерікті интеграциялық тұрақтылар. Олар берілген g және a параметрлерінде ЖК мойнының салбырап тұрған бөлігінің пішінін анықтайды, мұнда бос бөліктің ұзындығы ($L_g - a$) (сурет 3.3). [13]

Салбырап тұрған қисықты толық сипаттау үшін контейнердің суспензиясы мен пневматикалық ұстамалардың күш-жігерін ескеретін осы тұрақтылар мен анықталмаған λ факторын табу қажет. Бастапқы және шекаралық шарттар мойын пішінінің бекіту нүктелерінің нақты орналасуымен және контейнерді ұстау механикасымен сәйкестігін қамтамасыз ететін үш теңдеу жүйесін құрайды:

$$\begin{cases} C_1 ch \frac{x_0 - C_2}{C_1} - \lambda = y_0; \text{ мұнда } x = x_0 \rightarrow y = y_0 \\ C_1 ch \frac{x_1 - C_2}{C_1} - \lambda = y_1; \text{ мұнда } x = x_1 \rightarrow y = y_1 \\ C_1 \left(sh \frac{x_1 - C_2}{C_1} - sh \frac{x_0 - C_2}{C_1} \right) = L_g - a \end{cases} \quad (11)$$



Сурет 3.3 - Иілгіш ЖК ұстаудың жалпы жағдайы

Осы теңдеуді шеше отырып

$$2C_1 2 \left(1 - ch \left(\frac{x_1 - x_0}{C_1} \right) \right) = (y_1 - y_0)^2 - (L_g - a)^2 \quad (12)$$

Әлбетте, үстіңгі теңдеуде тек бір белгісіз C_1 тұрақтысы бар. Біз оны осы теңдеуді белгілі тәсілдердің бірімен шешу арқылы табамыз. $h \left(\frac{x_1 - x_0}{C_1} \right)$

C_1 -ді теңдеуге ауыстыру арқылы λ және C_2 анықтаймыз.

$$\lambda = C_1 ch \left(\frac{x_0 - C_2}{C_1} \right) - y_0 = C_1 ch \left(\frac{x_1 - C_2}{C_1} \right) - y_1 \quad (13)$$

Ұстау беттері бірдей көлденең деңгейде болған кезде, ЖК мойнын бекітудің нақты жағдайы үшін C_1 , C_2 және λ мәндерін есептеуге мүмкіндік беретін теңдеулер жүйесі келесідей көрінеді:

$$\begin{cases} C_1 ch \frac{-C_2}{C_1} - \lambda = 0; \text{ мұнда } x = 0 \rightarrow y = 0 - \text{ сол жақ аспа нүктесі} \\ C_1 ch \frac{a - C_2}{C_1} - \lambda = 0; \text{ мұнда } x = a \rightarrow y = 0 - \text{ оң жақ аспа нүктесі} \\ C_1 \left(sh \frac{a - C_2}{C_1} - sh \frac{-C_2}{C_1} \right) = L_g - a \end{cases}$$

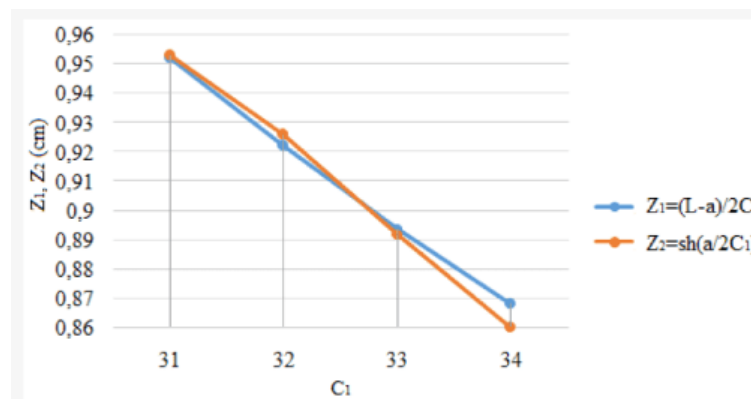
Теңдеуді шешуде графоаналитикалық тәсілді қолдана отырып C_1 , C_2 және λ мәндерін есептеуге болады, нәтижесінде келесі параметрлер қалыптасады:

$$C_2 = \frac{a}{2}, \lambda = C_1 \operatorname{ch} \frac{a}{2C_1} * C_2 = \frac{a}{2C_1} \quad (14)$$

C_1 мәні трансценденттік теңдеуді шешу арқылы анықталады:

$$\operatorname{sh} \frac{a}{2C_1} = \frac{L_g - a}{2C_1} \quad (15)$$

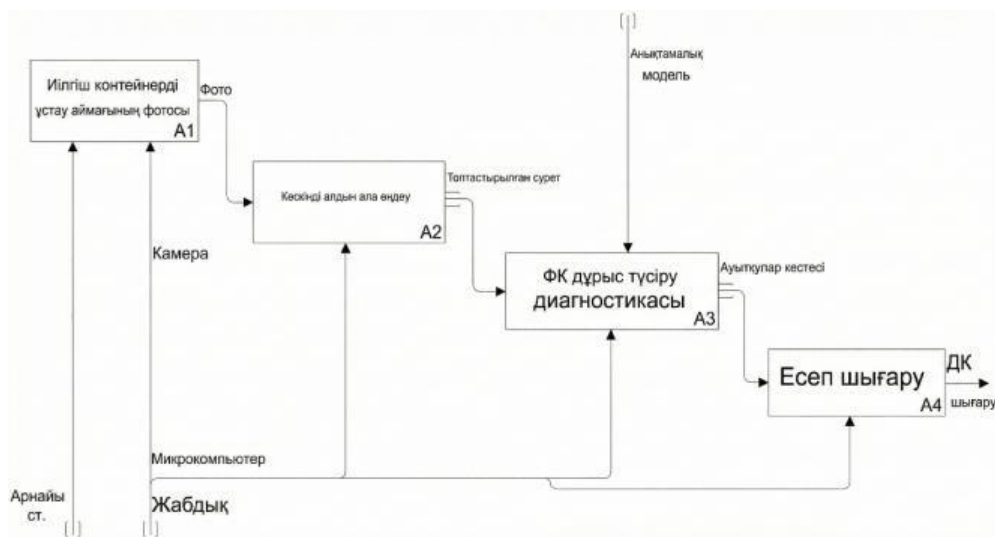
Excel бағдарламасындағы графикті пайдаланып C_1 табу әдісі көрсетілген. Теңдеуінің сол және оң жақтарын білдіретін Z_1 және Z_2 қисықтары координаттар жүйесінің оң жағында қиылысады, бұл C_1 мәнін береді. Жазықтықтың сол жағында да дәл сол шешім бар, себебі $\operatorname{sh}(x)$ функциясы тақ және екі нәтиже де бірдей (сурет 3.4). [14]



Сурет 3.4 - Трансцендентальды теңдеудің шешімін визуалды түрде анықтау

3.2 Ұстау сапасын анықтайтын нейрожелі алгоритмін құру

Икемді контейнерлерді (ЖК) дұрыс өңдеуді тексеру әдістемесі қолданыстағы сусымалы материалдарды қаптауды тексеру әдістерін талдауға негізделген. 3.5 суретте көрсетілген бірінші деңгейлі негізгі құрылым төрт маңызды блокқа бөлінген:



Сурет 3.5 - ЖК түсірудің дұрыстығын тексерудің құрылымдық диаграммасы (деңгейлік декомпозиция)

- A1. ЖК ұстау аймағының кескінін алу — ұстау механизмі ұстап тұрған контейнердің визуалды кескінін түсіру;
- A2. Көрнекі ақпаратты алдын ала өңдеу — кескінді ақ-қара масштабқа түрлендіру, сұр шкаланы теңестіру, кескінді сегменттерге немесе кластерлерге бөлу;
- A3. ЖК ұстау дәлдігін тексеру — алынған кескіннің сегменттерін анықтамалық сегменттермен салыстыру, ауытқуларды жазу, ықтималдықтарды есептеу және нәтижелерді нейрондық желінің шығыс нейрондарына жіберу;
- A4. Есеп дайындау — көлемді материалдардың ЖК ұстау дәлдігін бақылау кезінде анықталған сәйкессіздіктердің сипаттамасын жасау. [15]

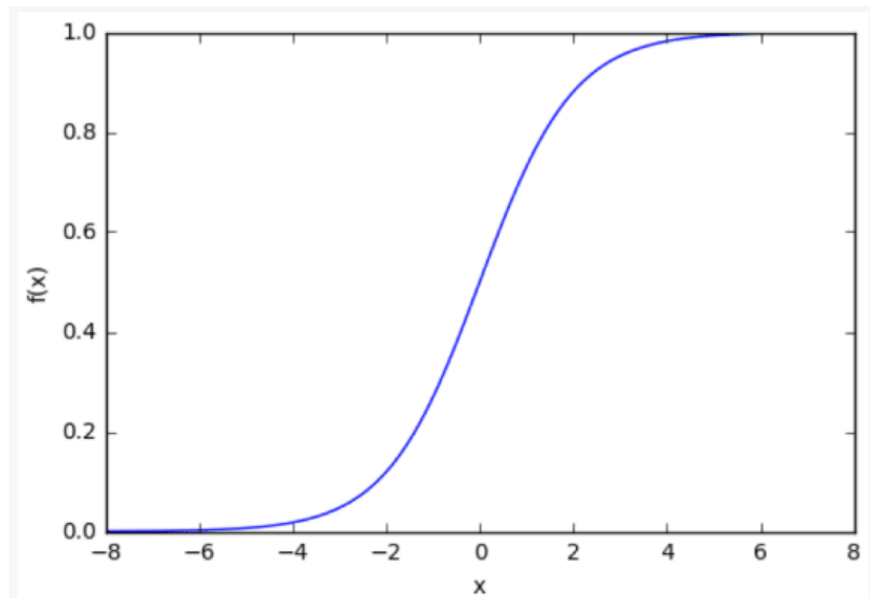
Кескінді өңдеу схемасы тану қателерін азайту үшін оны ақ-қара түске түрлендіруден басталады. Содан кейін сұр реңкті жеңілдету орын алады: кейінгі кезеңдерде дәлдікті сақтау үшін қажет емес реңктер ең жақын қолайлы мәндермен ауыстырылады. Осыдан кейін кескін кластерлерге бөлінеді және әрбір сегмент бөлек кіріс нейронына қосылады. Әрбір нейрон өз кластерін анықтамалық үлгілермен салыстырады және нәтижелер салмақты есептеу үшін матрицада сақталады, мысалы, сигма тәрізді функцияны қолдана отырып. Жасырын нейрондар тану ықтималдықтарын тудырады, олар шығыс нейрондарына беріледі. Соңғы нәтиже барлық шығыстар арасында максималды ықтималдық ретінде таңдалады, түсіру күйінің ең дұрыс анықталуын жазады. [16]

3.3 Аппараттық іске асыру және басқару жүйесін интеграциялау

ЖНЖ-де (жасанды нейрондық желі) биологиялық нейрон активация функциясы – оның атылуының сандық аналогы арқылы модельденеді. Ең жиі

қолданылатын функция - сигма тәрізді функция, ол кіріс сигналына негізделген нейронның «қозу» деңгейін анықтайды (сурет 3.6).

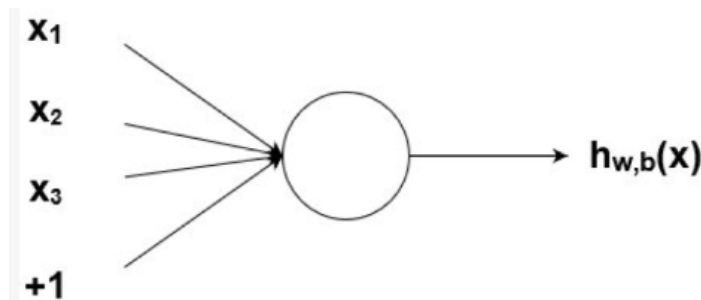
$$f(Z) = \frac{1}{1+\exp(-z)} \quad (16)$$



Сурет 3.6 - Сигма тәріздес белсендіру функциясының визуализациясы

График сигма тәрізді қисықтың x өскен сайын 0-ден 1-ге дейін тегіс көтерілетінін анық көрсетеді, бұл үздіксіздік пен дифференциалдануды көрсетеді - бұл жаттығу кезінде салмақтарды дұрыс жаңартудың негізгі қасиеті. Жасанды желіде элементтер иерархиялық қабаттарда байланысқан: бір «нейронның» шығысы екіншісінің кірісіне айналады, есептеулер тізбегін құрайды. Құрылым каскадқа ұқсайды: әрбір түйін салмақтарға көбейтілген сигналдарды жинайды, оларды қосады және оларды белсендіру функциясы арқылы іске қосады, соңғы шығыс сигналын шығарады. [17]

Түйін ақпаратты өңдеудің өзегі болып табылады. Мұнда кіріс сигналдарының сызықтық комбинациясы h белсендіру функциясы арқылы «белсендірілген» шығысқа түрлендіріледі. Негізінде, түйін - кіріс деректері желі бойымен әрі қарай берілетін басқарылатын сигналға айналатын нүкте, бұл қабаттар арасындағы байланысты қамтамасыз етеді және желіге күрделі қатынастарды анықтауды «үйренуге» мүмкіндік береді (сурет 3.7).



Сурет 3.7 – Түйін

Әрбір нейрондық түйінде кіріс сигналы тиісті әсер ету коэффициентімен масштабталады, содан кейін түзету параметрімен b қосылады. Мұны келесі формуламен өрнектеуге болады:

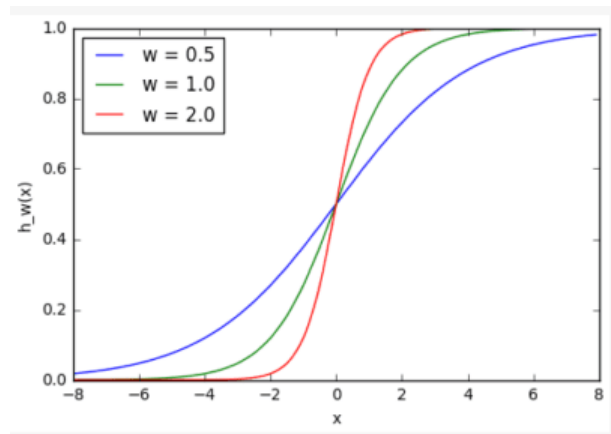
$$x_1 w_1 + x_2 w_2 + x_3 w_3 + b \quad (17)$$

мұндағы w_i - әсер ету коэффициенттері, ал b - түйіннің белсендіру шегі реттейтін ығысу термині.

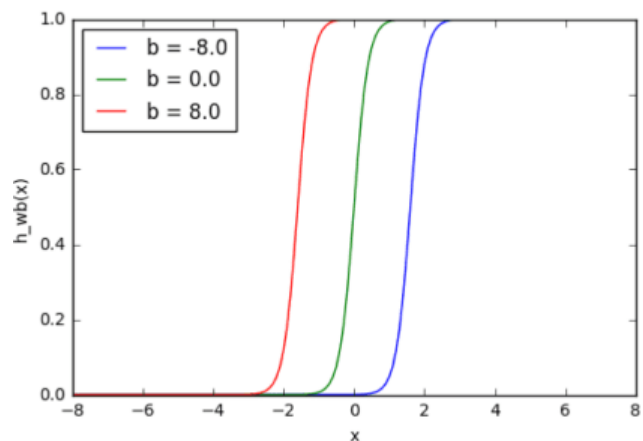
Бұл коэффициенттер желіні оқыту кезінде бейімделетіндіктен, жүйенің берілген жіктеу немесе тану тапсырмасына бейімделуіне мүмкіндік беретіндіктен маңызды рөл атқарады. Ығысу параметрі b кіріс сигналдарына әсер етпей, триггер нүктесін өзгерту арқылы түйінге қосымша «серпімділік» береді. Бір кірісті түйіннің ең қарапайым нұсқасында белсендіру функциясына түйіннің жауабын және желі бойынша сигналдың таралу бағытын анықтайтын оның коэффициентіне $x_1 w_1$ көбейтілген сигнал беріледі. [18]

График (сурет 3.8) салмақ коэффициентін w реттеу белсендіру функциясы қисығының көлбеуін өзгертетінін анық көрсетеді. Бұл кіріс сигналдары мен алынған шығыс арасындағы корреляцияның әртүрлі дәрежелерін дәл модельдеуге мүмкіндік береді.

Түйіннің жауап беру нүктесін көлденең x осі бойымен жылжыту үшін b ығысу параметрі қолданылады (сурет 3.9). Бұл ығысуды реттеу арқылы түйіннің "белсендіру" моментін өзгертуге болады, ол жауап бере бастаған кезде анықталады. Желі элементтері арасында шартты тәуелділіктер мен күрделі байланыстарды құру кезінде ығысу өте маңызды, бұл модельдің бейімделуі мен дәлдігін қамтамасыз етеді. [19]



Сурет 3.8 - Сигма тәрізді функцияның графигі, ығысу салмағының өзгеруі қисықтың көлбеулігіне қалай әсер ететінін көрсетеді



Сурет 3.9 - Сигма тәрізді функцияның ығысуын ескере отырып жасалған график

Жұмсақ контейнер мойындарының кескіндерін талдау үшін перцептрон архитектурасына негізделген жасанды нейрондық желі жасалды. Желінің кіріс қабаты 400 кескін пикселін қабылдайды, жасырын қабатта 30 нейрон бар, ал шығыс қабаты жіктеуге жауапты екі нейроннан тұрады («дұрыс қысылған»/«дұрыс қысылмаған»). [20]

Python кодындағы желі құрылымы келесідей анықталған:

```
nn_structure = [400, 30, 2]
```

Сигмоидты функция белсендіру функциясы ретінде қолданылады, ол түйіннің жалпы кіріс сигналын $[0,1]$ диапазонына тегіс түрлендіруді қамтамасыз етеді, ал оның туындысы жаттығу процесінде салмақтарды реттеу үшін қолданылады:

```
def activation(x):
```

```
    return 1 / (1 + np.exp(-x))
```

```
def activation_derivative(x):
```

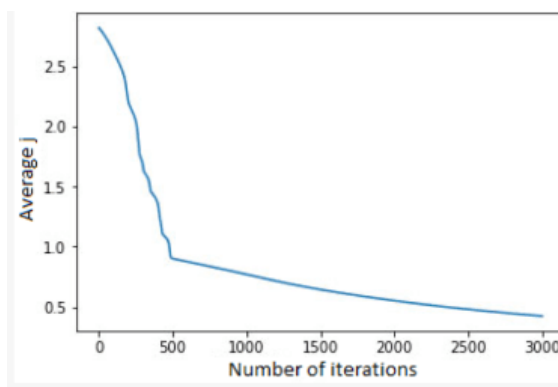
```
    return activation(x) * (1 - activation(x))
```

Оқыту мысалдарын өңдегеннен кейін, желі салмақ және ауытқу мәндерін жинақтайды. Әрі қарай, ол қатені азайту үшін түйін параметрлерін біртіндеп реттейтін градиенттік төмендеу алгоритмін іске қосады. Әрбір итерация жоғалту функциясының жаңартылған салмақтарын, ауытқуларын және орташа мәнін жазып алады. [20]

Оқыту функциясының соңғы шақыруы келесідей:

$W, b, avg_loss = train_nn(nn_structure, X_train, y_train)$

Итерациялық процесс дамыған сайын желінің қателігі азаяды, ал мойын пішінін дәл тану және оны дұрыс түсіру мүмкіндігі артады, бұл жүйені көлемді материалды қаптаманың сапасын бақылаудың тиімді құралына айналдырады (сурет 3.10).



Сурет 3.10 - Итерациялар саны артқан сайын жалпы шығын функциясының мәнінің өзгеру диаграммасы

Зерттеу барысында көлемді материалдарды тиеу кезінде икемді контейнерлерді ұстау және ашу сапасын автоматты түрде бақылауға арналған интеллектуалды машиналық көру жүйесі жасалды. Жүйе камералардан алынған визуалды ақпаратты талдайтын перцептронға негізделген нейрондық желіге негізделген. Бұл технология мойынның ағымдағы кескінін эталондық модельмен нақты уақыт режимінде салыстыруға мүмкіндік береді, позициялау қателерін анықтайды және ұстау механизмінің орнын автоматты түрде реттейді. Бұл жүйені енгізу позициялау дәлдігін, мөлшерлеу консистенциясын және қаптама жүйесінің жалпы өнімділігін айтарлықтай жақсартады.

Жоғары диагностикалық дәлдікті қамтамасыз ету үшін сыртқы күштердің әсерінен контейнер мойнының деформациясы мен салбырауын сипаттайтын физикалық және математикалық модель жасалды. Вариациялық есептеу әдістерін қолдана отырып, салбыраған бөліктің пішіні гиперболалық косинус теңдеуімен сипатталатыны анықталды. {400, 30, 2} құрылымы бар және сигма тәрізді активация функциясын пайдаланатын нейрондық желі градиенттік түсуді қолдану арқылы оқытылды. [21]

4. Манипулятордың механикалық құрылымы

4.1 Үш саусақты ұстағышты жобалау және күштерін есептеу

Манипуляторы бар роботтық жүйе салмағы бір тоннаға дейінгі жүктелген жұмсақ контейнерлерді толығымен автоматтандырылған түрде алуды және өңдеуді жүзеге асырады. Бұл ауыр қолмен жасалатын операцияларды қажет етпейді және оператордың жарақат алу қаупін іс жүзінде жояды. Ұстағыш құрылғы кез келген үлкен сөмкенің өлшемдері мен пішініне бейімделе алатын реттелетін жұмыс модульдерімен жасалған. Барлық механикалық компоненттер айтарлықтай жұмыс жүктемелеріне және үздіксіз жұмыс циклдеріне төтеп беруге арналған.

Манипулятор автоматтандырылған түсіру тізбегінің элементі ретінде жұмыс істейді: ол контейнерлерді секциялар арасында жоғары дәлдікпен беруді, ұстап тұруды және ауыстыруды қамтамасыз етеді, бұл секіру, бұрмалау немесе тұрақтылықты жоғалтусыз жүзеге асырылады. Ақылды басқару жүйесі жабдықтың жағдайын үздіксіз бақылайды, сенсор деректерін талдайды және манипулятордың әрекеттерін нақты уақыт режимінде реттейді. Бұл кез келген процесс сценарийінде үлкен сөмкелерді тұрақты ұстауды, сенімді ұстауды және қауіпсіз тасымалдауды қамтамасыз етеді. [22]

Өзірленіп жатқан манипулятор - 1000 кг дейінгі пайдалы жүктемесі бар икемді контейнерлерді қауіпсіз ұстауға, бекітуге және тасымалдауға арналған мамандандырылған механизм. Дизайн автоматтандырылған процесс цикліне біріктірілген және стандартты басқару хаттамаларын қолдайды, бұл құрылғыны кез келген заманауи өндіріс желісіне өзгертусіз біріктіруге мүмкіндік береді (сурет 4.1).

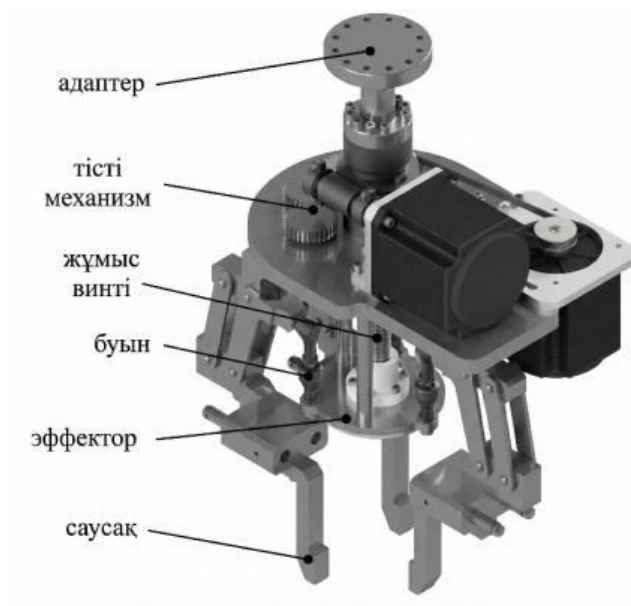
Негізгі жұмыс модулі - үш саусақты бейімделгіш ұстағыш. Әрбір саусақ контейнердің пішініне бейімделеді және оны басқарылатын үйкеліс күштерін пайдаланып, үлкен сөмкенің мата корпусына зақым келтірмей ұстайды. Механизмнің архитектурасы екі тәуелсіз жетек ішкі жүйелеріне бөлінген: біріншісі бір ұстағыш элементтің қозғалысын басқарады, ал екіншісі қалған екі саусақты синхронды түрде басқарады, бұл теңгерімді ұстауды және жүктемені тұрақты ұстауды қамтамасыз етеді.

Саусақтар 0-ден 1,05 радқа дейін (шамамен 60°) ашылу диапазонын қамтамасыз етеді және олардың 350 мм ұзындығы стандартты контейнерлердің геометриясына оңтайландырылған. Саусақтардың алға қарай ең жоғары жылдамдықты жылдамдығы 150 мм/с, ал бұрыштық жылдамдық 1,57 рад/с құрайды, бұл жылдам ұстау циклін, жоғары маневрлілікті және көлік көп жүретін жағдайларда жұмыс істеу мүмкіндігін қамтамасыз етеді. [23]

Кесте 4.1 - Өзірленіп жатқан роботқа қойылатын талаптар тізімі

Параметр	Сипаттамасы
Ең жоғары көтеру қабілеті	1000 кг-ға дейін
Қысу күші	Реттелетін, жалпы 1500–3000 Н
Ұстау саусақтарының саны	3 дана

Ұсталатын объектінің өлшемдері	Ең көбі 1200×1200 мм
Саусақтардың жұмыс диапазоны	0–1,05 рад
Позициялау дәлдігі	±5 мм
Саусақтардың ұзындығы	350 мм
Жиналу жылдамдығының ең жоғары мәні	150 мм/с
Айналу жылдамдығының ең жоғарғы мәні	1,57 рад/с



Сурет 4.1 - Жобаланған манипуляциялық роботтың құрылымдық компоненттері

Көрсетілген параметрлерді ескере отырып, ұстау күші мен қажетті жетек қуатының таңдалған мәндері көрсетілген критерийлерге толық сәйкес келеді. 3 кестеде ұстағыш элементтердің беті мен қозғалатын жүктеме арасында пайда болатын статикалық және динамикалық үйкеліс параметрлері келтірілген. Қарастырылып отырған барлық режимдер үшін ең аз жазылған үйкеліс коэффициенті 0,1 болғандықтан, бұл мән кейінгі инженерлік есептеулерде жобалық мән ($f = 0,1$) ретінде қабылданады. [24]

Кесте 4.2 – Тасымалданатын контейнерлердің материалына тән статикалық және кинематикалық үйкеліс коэффициенттерінің (f_s және f_d) мәндері

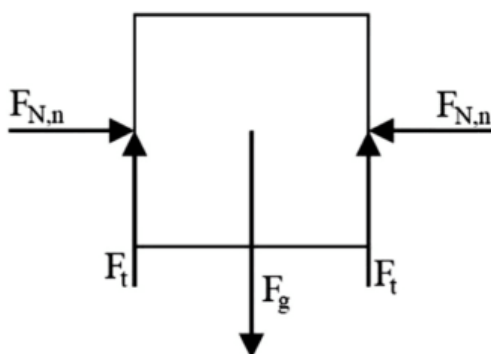
Байланыс материалы	Статикалық коэффициент f_s	Динамик алық коэффициент f_d	Есептеулерде қолданылуы
Болат – мата (күрғақ байланыс)	0,15	0,10	Статикалық ұстап тұру күшін анықтау және зат қозғалған кезде саусақтардың сырғуын есептеу үшін қолданылады.
Пластик – мата	0,25	0,18	Жеңіл және орташа контейнерлермен жұмыс істегенде динамикалық қозғалыс кезінде үйкеліс күшін бағалау үшін пайдаланылады.

Резеңке – мата	0,55	0,35	Жоғары үйкеліс коэффициенті қажет болған жағдайда, мысалы жұмсақ бетті контейнерлерді немесе ылғалды ортадағы заттарды ұстағанда қолданылады.
----------------	------	------	---

4.2 суретте манипулятордың ұстау элементтері мен тасымалданатын жүктің өзара әрекеттесуінің диаграммасы көрсетілген. Бұрыштық беттері бар нысандар үшін бір қалыпты жүктеме мәні F_N жасалады, ал сфералық нысандар үшін балама конфигурация F_n қолданылады. Сенімді ұстаудың негізгі критерийі - саусақтардың нысанмен жанасу аймағында пайда болатын үйкеліс күші F_t қозғалатын нысанның салмағынан F_g кем болмауы керек. [25]

Салмағы 1000 кг және стандартты ауырлық күші $9,81 \text{ м/с}^{-2}$ болған кезде, тайғақ қауіпсіздік коэффициенті $k=1,4$ ескеріле отырып, ауырлық күшінің шамасы механиканың негізгі теңдеуін пайдаланып есептеледі. Бұл тәсілді қолдану жүкті кез келген қалыпта қауіпсіз ұстауды қамтамасыз етеді, тайғақ қауіпін азайтады және ұстау механизмінің тұрақтылығын арттырады. Бұл есептеу әдісі заттың пішінін, жанасу беттеріндегі жүктемелердің таралуы:

$$F_g = m * g * kN \quad (18)$$



Сурет 4.2 – Ұсталған заттың бетіндегі ұстап тұру күштерінің таралу бейнесі

Барлық берілген параметрлерді ауыстырсақ, үйкеліс күші сенімді ұстау үшін қажетті минималды шектен асуы керек

$$F_t \geq F_g = 13734 \text{ N} \quad (19)$$

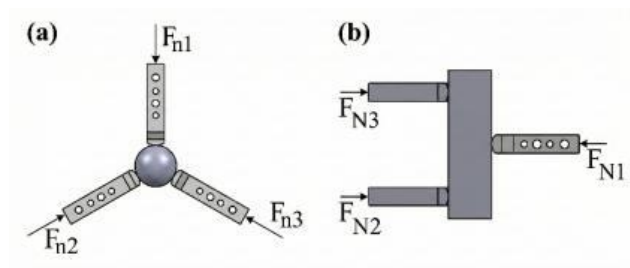
Үйкеліс коэффициентін $F_{N,n}$ ескере отырып, затты ұстап тұру үшін қажетті қысу күші келесі формула бойынша анықталады:

$$F_{N,n} = \frac{F_{g,t}}{f} N \quad (20)$$

Белгілі параметрлерді ауыстырғаннан кейін, есептеу қажетті ұстау күші 13734Н-ға жететінін көрсетеді. Манипуляторды еркін дене принципін қолдана отырып, дөңгелек жүктемемен жұмыс істеуге бейімдеген кезде, жалпы күш F_N

үш тең компонентке бөлінеді: F_{n1} , F_{n2} және F_{n3} , олардың әрқайсысы біркелкі ұстауды қамтамасыз ету үшін бірдей мәнді қабылдайды (сурет 4.3) [26]

$$F_{n1} = F_{n2} = F_{n3} = \frac{F_n}{3} N \quad (21)$$



Сурет 4.3 - Дөңгелек (a) және тікбұрышты (b) заттарды ұстаған кезде күш қолданудың схемалық көрінісі

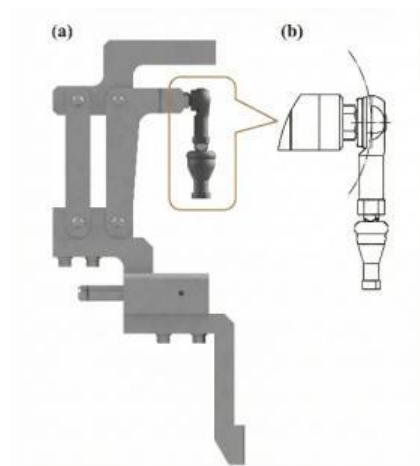
Әрбір саусақ үшін қажетті күш формула бойынша анықталады және келесідей:

$$F_n = 27468 N \quad (22)$$

Қолданылатын ұстау күші тасымалданатын заттың сырғанап немесе зақымдалмай сенімді ұсталуын қамтамасыз етеді. Бұрыштық жүктемелерді ұстаған кезде қалыпты күштердің таралуы дөңгелек жүктемелерге қарағанда ерекшеленеді: үшінші саусақ басқа екі саусақтың өзара әрекеттесуін сіңіреді.

Жантасу өзара әрекеттесулерін талдаған кезде, ең көп жүктелген бекітілген саусаққа түсетін максималды қалыпты күш $F_{n1} = 9126 N$ құрайды. Дөңгелек нысандармен салыстыру бұрыштық нысандарды ұстау үшін жоғары F_{n1} мәні қажет екенін көрсетеді; сондықтан ұстаудың тұрақтылығын дәл бағалау үшін екі пішін үшін де есептеулер жүргізілді.

Манипулятордың кинематикалық дизайны екі белсенді саусақты екі еркіндік дәрежесімен қамтамасыз ететін сфералық қосылыстарды пайдалану арқылы жүзеге асырылады. Тік қозғалыстар ұстағыштың қисық сызықты қозғалысын тудырады, бұл қосылыс бұрышымен басқарылады. 40° және 25° жұмыс диапазондары бар екі сфералық қосылыс бұрыштық және дөңгелек контейнерлердің дәл орналасуын және тұрақты ұсталуын қамтамасыз етеді (сурет 4.4). [27]



Сурет 4.4 - Манипуляция жасайтын қолдың жұмыс тұтқасының (а) және топса қосылысының қозғалыс траекториясының (b) дизайны

Тек тік қозғалыстарды орындайтын түйреуіш бір дәрежелі еркіндікті қамтамасыз ететін бұрандалы қосылыс арқылы ілінеді.

4.2 Шарлы бұранданы талдау, динамиканы модельдеу

Шарлы бұранданы жобалаудың бастапқы кезеңінде максималды жүктемені анықтау қажет. Ол үшін механизмнің жұмыс бағыты бойынша осьтік күш есептеледі. Есептеудің негізгі бастапқы параметрлері құрылымның геометриялық өлшемдері болып табылады (сурет 4.5)

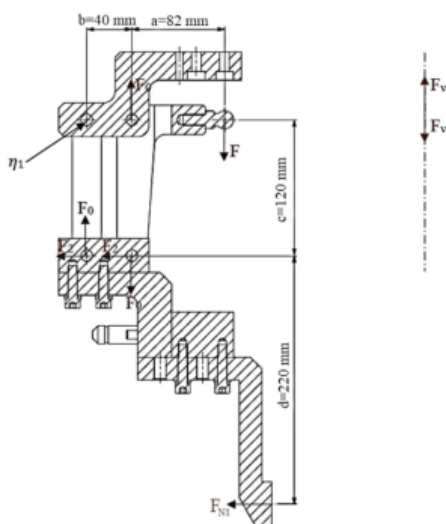
$$a = 82 \text{ мм}$$

$$b = 40 \text{ мм}$$

$$c = 120 \text{ мм}$$

$$d = 220 \text{ мм}$$

$$\eta = \text{қақпа түйінінің тиімділік коэффициенті, } \eta = 0,96$$



Сурет 4.5 - Әзірленген саусақ механизмнің геометриясының схемалық көрінісі

$F_{n1} = 9126$ Н қалыпты күшінің әсерінен пайда болған үйкеліс әсері құрылым арқылы беріледі, содан кейін механизм элементтері арасында түйреуіштер жұбы арқылы қайта бөлінеді. Жүктеме біркелкі таратылады, бұл әрбір түйреуішке күшпен көрсетілгендей тең әсерді қамтамасыз етеді деп есептеледі:

$$F_2 = 4578 \text{ Н} \quad (23)$$

Бұл қалыпты F_{n1} күшінің жартысына тең. Дегенмен, F_{n1} механизм ішінде F_0 күш жұбымен теңестірілуі керек момент жасайды. F_0 мәні келесі формула бойынша есептеледі:

$$F_0 = F_{N1} * \frac{d}{b} N \quad (24)$$

Жобаланған механизмнің геометриялық параметрлерін (сурет 19) және моменттердің тепе-теңдігін сақтау қажеттілігін ескере отырып, теңдеу келесі түрге ие болады:

$$F * a = F_2 * c + F_2 * c + F_0 * b N \quad (25)$$

Бастапқы параметрлерді теңдеуге қойғаннан кейін, дөңгелек затты жылжыту үшін $F = 38$ кН ұстау күші қажет екені белгілі болды. Бұл мән, F , түйреуіш пен механизмнің түйіскен жеріндегі үйкеліске сәйкес келеді. Механизмнің сырғанау үйкелісіне тиімділігі $\eta = 0,96$ деп алынады. Дизайн төрт қозғалмалы түйреуішті қамтитындықтан, жүйенің қозғалысының жалпы тиімділігі келесі формула бойынша анықталады:

$$\eta_c = \eta^4 = (0.96)^4 = 0.85 \quad (26)$$

Демек, F_v бұрандасының бойлық осі бойымен әсер ететін жалпы күш, әрбір F_{v1} , F_{v2} және F_{v3} түйреуіштерінің үлесінен тұрады, жүктеменің 15%-ына баламалы үйкеліс энергиясының шығындарын жабуы керек. Есептеу келесі өрнекке негізделген:

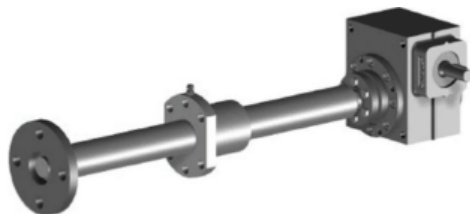
$$F_v = F_{v1} + F_{v2} + F_{v3} = F_{v1} + \frac{F_{v1}}{2} + \frac{F_{v1}}{2} = 2 * F_{v1} N \quad (27)$$

Есептеуге барлық белгілі параметрлерді енгізу арқылы бұранда элементінің бойлық осі бойымен әсер ететін жалпы күш есептеледі,

$$F_v = 44700 \text{ Н} \quad (28)$$

Құрылғының тұрақты жұмысын қамтамасыз ету үшін динамикалық жүктеме номиналды мәні есептелген күш F_v -ден асатын бұранда қажет.

Таңдалған бұранда есептелген тиімділіктен асатын тиімділік талабын да қанағаттандыруы керек. Нәтижесінде келесі параметрлері бар шарлы бұранда таңдалды: рұқсат етілген динамикалық жүктеме $F_{dyn} = 27,5$ кН, номиналды бұранда диаметрі $d_0 = 32$ мм және бұранда қадамы $t = 5$ мм. Таңдалған бұранданың схемалық көрінісі 4.6 суретте көрсетілген. [28]

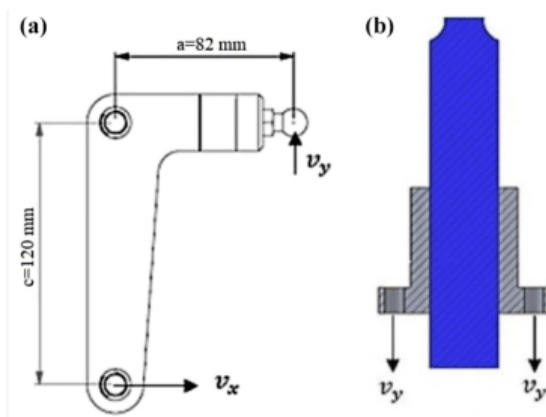


Сурет 4.6 – Жұмыс атқаратын бұранда

Таңдалған манипулятор бұрандасының дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін жұмыс параметрлері ескеріледі. Жүктеме өндіруші көрсеткендей $v_x = 25$ мм·с⁻¹ жылдамдықпен қозғалатын саусақтармен ұсталады. Бұранданың айналу жылдамдығы қажетті сызықтық қозғалысты қамтамасыз ету үшін таңдалады. Дизайн рычагты және шарнирлі механизмді қамтитындықтан әртүрлі бағыттағы жылдамдық компоненттері келесі байланыспен анықталады:

$$v_y = \frac{a}{c} * v_x \text{ мм} * \text{с}^{-1} \quad (29)$$

Манипулятор иінінің жылдамдығының компоненттері v_x және v_y деп белгіленеді (сурет 4.7), мұндағы a мен c иіннің сызықтық өлшемдерін білдіреді, сәйкесінше 82 мм және 120 мм деп алынады. [29]



Сурет 4.7 - Жобаланған механизмнің рычагының конфигурациясы: а) сыртқы өлшемдері, ә) көлденең қимасының пішіні

Осы формуланы қолданып есептеу жылдамдықтың соңғы мәнін береді:

$$v_y = 17.0833 \text{ мм} * \text{с}^{-1} \quad (30)$$

Таңдалған шарлы бұранданың суреті 4.8 суретте көрсетілген.



Сурет 4.8 - Таңдалған шарлы бұранда

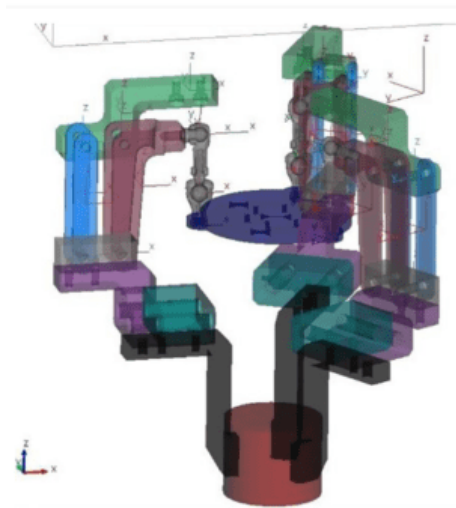
Осылайша, берілген тік жылдамдыққа v_y сүйене отырып, бұранданың қажетті орам саны $t = 5$ мм бұранда қадамын ескере отырып есептеледі.

$$n = \frac{v_y}{t} \text{ об/с} \quad (31)$$

Механизмнің тұрақты жұмысын қамтамасыз ету үшін бұранда секундына $n = 3,4167$ айналым жасауы керек. [30]

4.3 Ansys-та S559 пен AW-7042 беріктігін салыстыру

Жобаланған роботтық манипулятордың рамасы FluidSim нұсқасында көп денелі талдаудан өтті. Теориялық есептеулер динамикалық модельдеу арқылы алынған деректермен салыстырылды. Құрылғының кинематикалық және динамикалық қасиеттеріне әсер ететін негізгі компоненттері бағдарлама интерфейсіне импортталып, бірыңғай көп денелі құрылымға біріктірілді. Модель ішінде элементтер ілмектер мен кинематикалық қосылыстар арқылы өзара байланысты, қажетті қозғалыстарды қамтамасыз етеді және қажет емес қозғалыстарды блоктайды. Барлық бөлшектер толығымен қатты денелер ретінде қарастырылады. Модельдеудің соңғы кезеңі белгілі бір қосылыс түйініне әсер ететін сыртқы күшті анықтауды қамтиды. Көп денелі манипулятордың соңғы құрылымының визуализациясы 4.9-суретте көрсетілген. [31]



Сурет 4.9 – Робот манипуляторының көп денелі жүйе ретіндегі моделі

Модельденген көп компонентті манипулятор құрылымы - бұл жеке блоктардың мүмкін болатын қозғалыстарын анықтайтын ілмектермен, сондай-ақ элементтер жұптары арасындағы қажетсіз қозғалыстарды болдырмайтын шектеулермен байланысқан анықталған массасы мен инерция моменті бар қатты блоктар жиынтығы. Жүйе негізгі өзара әрекеттесу нүктелерінде күштер мен моменттерді тудыратын интеграцияланған қуат модульдерін қамтиды. FluidSim шешушісі бұл конфигурацияны келесідей жазуға болатын сызықтық емес дифференциалдық-алгебралық теңдеулер жиынтығына түрлендіреді.

$$\begin{aligned}
 \dot{q} &= A_T(q) * v \\
 M(q) * \ddot{q} &= F(q, v, q_a, t, u, F_\lambda) - J^T(q, d, q_a, t, u) * F_\lambda \\
 \dot{d} &= F_d(q, v, q_a, t, u, F_\lambda) \\
 0 &= F_a(q, d, q_a, t, u) \\
 0 &= F_b(q, v, q_a, t, u, F_\lambda)
 \end{aligned} \tag{32}$$

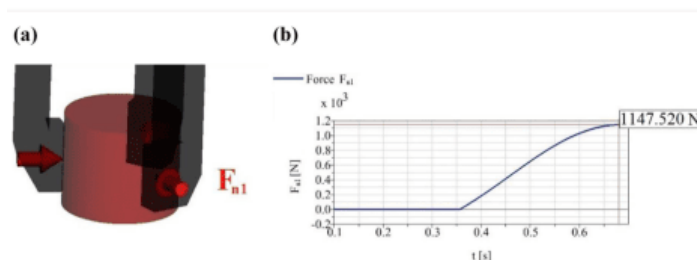
Вектор q барлық буындардың орналасуын сипаттайды, ал v олардың жылдамдықтарын сипаттайды. M матрицасы жүйенің массалық таралуын және инерциясын анықтайды, ал A_T бұрыштық ығысулардың түрленуі болып табылады. F векторы күш элементтерінде әрекет ететін күштер мен моменттерді қамтиды, ал d осы элементтердің динамикалық күйлерін білдіреді. q_a орналасулар мен үдеулердің алгебралық тәуелділіктерін ескереді. t модель уақыты интеграция қадамын анықтайды, ал басқару векторы u манипулятордың жұмысын басқару үшін буындарға әсер етеді. F_λ векторы шектеулерден туындаған күштер мен моменттерді ескереді, ал J - бұл шектеулердің Якобиан матрицасы. F_d динамикалық теңдеулерді біріктіреді, ал F_a және F_b шектеулермен енгізілген алгебралық қатынастарды сипаттайды. Осылайша, жүйенің күйі барлық элементтердің позицияларымен, жылдамдықтарымен, динамикалық және алгебралық тәуелділіктерімен толық

сипатталады, бұл манипулятордың мінез-құлқын дәл модельдеу мүмкіндігін береді:

$$x(t) = \begin{pmatrix} q \\ d \\ \dot{q} \\ F_\lambda \\ q_a \end{pmatrix} \quad (33)$$

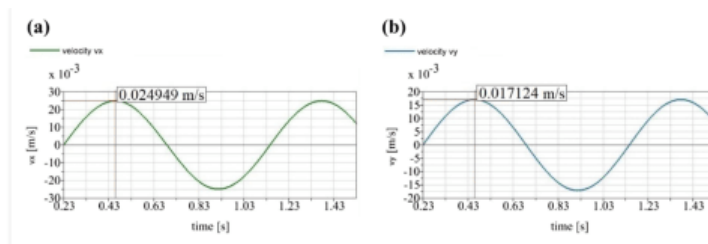
Динамикалық модельдеу кезінде манипулятор сфералық нысанды ұстады. Алынған қисықтар ұқсас есеп үшін аналитикалық есептеулердің нәтижелерімен салыстырылды. Графиктер маңызды кинематикалық және динамикалық параметрлердің өзгерістерін көрсетеді: саусақтардың нысанмен жанасу күші, буындардағы буындардың жылдамдықтары және құрылымдық элементтердің үдеуі. [32]

4.10 суретте дөңгелек нысанды ұстаған кездегі F_{n1} күшінің динамикасы көрсетілген (4.10a сурет). Қисық нөлден 9156 Н максимумға дейін сызықтық емес өсуді көрсетеді, бұл есептелген F_{n1} күшіне толығымен сәйкес келеді. Нөлдік аймақ саусақтар әлі нысанмен жанаспаған сәтті көрсетеді, ал тербеліс үлгісі көп денелі модельдеудегі таңдалған жанасу моделінің ерекшеліктерімен анықталады.



4.10-сурет - Сфералық нысанды ұстап тұрудың схемалық көрінісі және уақыт бойынша F_{n1} жанасу күшінің өзгеру графигі

Әрі қарай, модельдеу кезінде алынған бойлық және көлденең жылдамдықтар v_x және v_y аналитикалық есептеулердің нәтижелерімен салыстырылады. График сонымен қатар синусоидалы өзгерісті көрсететін бойлық жылдамдықтың v_x уақытқа тәуелділігін көрсетеді. Бұл жылдамдықтың шың мәні $0,024949 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} = 24,949 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$ жетеді, бұл іс жүзінде белгіленген номиналды мәнмен $v_x = 25 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$ сәйкес келеді (4.11 сурет).

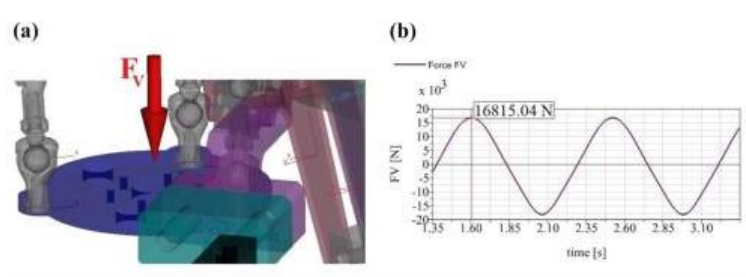


Сурет 4.11 - Тұтқаның топса нүктелеріндегі жылдамдықтардың v_x және v_y өзгерістерінің уақыттық профильдері

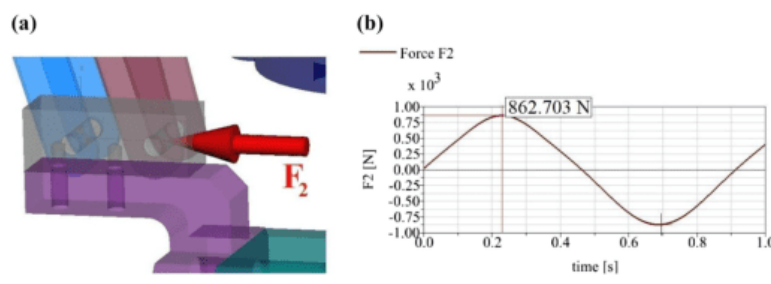
Тік жазықтықта жылдамдықты талдау v_y айқын синусоидальды тербеліс үлгісін көрсетеді. Модельдеу кезінде анықталған максималды амплитуда $0,017124 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1} = 17,124 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$ болды, бұл күтілетін жобалық мәнге толық сәйкес келеді (сурет 4.12).

Жетек бұрандасы ұстағыш саусақтарының осьтік қозғалысын қамтамасыз етеді, контейнерді ұстап тұру немесе босату кезінде жоғары немесе төмен бағытталған күш F_v тудырады. Графикалық нәтижелер бұл күштің циклдік тербелістерін анық көрсетеді, шыңы шамамен 167 кН құрайды, бұл 1 тонналық жүктеме үшін аналитикалық есептелген мәнге толығымен сәйкес келеді. [33]

Сонымен қатар, рычаг элементін түйреуішке қосатын түйреуіштегі күш F_2 периодты үлгіні көрсетеді және шамамен 9156 Н шыңына жетеді. Бұл деректер динамикалық модельдеудің жоғары сенімділігін және үлкен өлшемді үлкен қапшық контейнерлерімен жұмыс істеген кезде есептеулердің дәлдігін растайды (сурет 4.13).



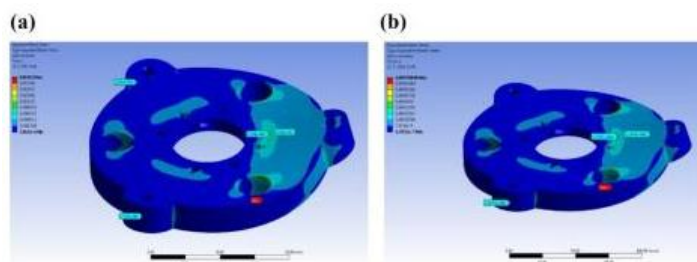
Сурет 4.12 — Белсенді винттегі F_v осьтік күшінің таралуының иллюстрациясы (a) және оның уақыт бойынша тербелістерінің графикалық көрінісі (b)



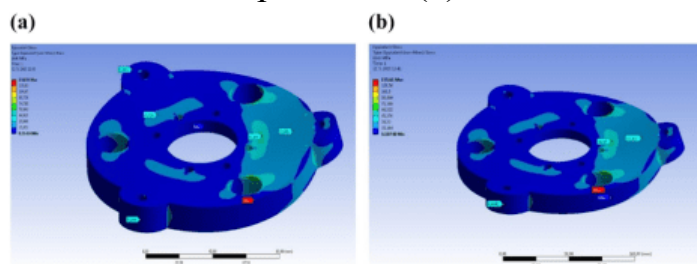
Сурет 4.13 - Күштің F_2 түйреуішке (а) және оның уақыт динамикасына (b) әсері

Үлкен сөмкелерді ұстаған кезде деформациялардың негізгі концентрациясы манипулятордың жетек бөлігінде пайда болады, онда жүктеме саусақтар арасында біркелкі емес таралады, бұл жұмыс дәлдігіне тікелей әсер етеді. Талдау үшін екі құрылымдық қорытпа тандалды: AW-7042 алюминийі және S559 болаты. Болат жоғары беріктікке ие (алюминий үшін 220 МПа-ға қарсы 340 МПа беріктігі), бірақ тығыздығы жоғары (7850 2700 кг/м³-ге қарсы). [34]

Беріктік зерттеуі Ansys-те шекті элемент әдісін қолдана отырып жүргізілді. Бекіту X және Y координаттары бойынша жүргізілді, ал Z осі бойымен қозғалыс еркін болды. Бұрыштық контейнерлерді ұстаған кезде соңғы эффекторға максималды саусақ күштері қолданылды. Модельдеу дәлдігі үшін шекті элемент өлшемі 1,3 мм-ге орнатылды. Талдау нәтижелері әрбір материал үшін Миссес критерийіне сәйкес кернеудің таралуын, деформация шамасын және ығысуларын көрсетті. Бұл деректер бізге конструкцияның сенімділігін бағалауға және салмағы 1 тоннаға дейінгі үлкен сөмкелерді жылжытқан кезде манипулятордың ұзақ мерзімді жұмыс істеуі үшін ең қолайлы материалды таңдауға мүмкіндік берді (сурет 4.15).



Сурет 4.15 - Жұмыс элементінің ең үлкен деформациялары: (a) AW-7042 алюминий қорытпасы, (b) S559 болаты



Сурет 4.16 - Фон Миссес критерийі бойынша жетектегі кернеу картасы: (a) AW-7042 алюминий қорытпасы, (b) S559 болаты

Жетек пен бұранда жетегінің түйіскен жерінде максималды ығысулар тіркелді: AW-7042 алюминий қорытпасы 0,129 мм ығысқан, ал S559 болат

дайындамасы тек 0,045 мм ығысқан. Алюминий элементі $\varepsilon = 0,0021$ кезінде салыстырмалы түрде үлкен созылуды көрсетеді, ал болат $\varepsilon = 0,00071$ көрсетеді, бұл оның жоғары қаттылығы мен жүктемеге төзімділігін көрсетеді (сурет 4.16).

Фон Мисс критерийін қолданып жүргізілген кернеу талдауы екі материал үшін де ұқсас таралуды анықтады: $\sigma_{\max}$ алюминий үшін 161,55 МПа және болат үшін 145,78 МПа болды, бұл беріктік шегінен (алюминий үшін 220 МПа және болат үшін 340 МПа) айтарлықтай төмен, бұл манипулятордың 1 тоннаға дейінгі жүктемелермен жоғары қауіпсіздік шегі мен қауіпсіз жұмысын қамтамасыз етеді. [35]

Алюминий қорытпасы жетектің массасын азайтатынын, жетектегі инерциялық жүктемелерді азайтатынын және механизмнің реакциясын жеделдететінін, ал болат жүктеме кезінде минималды ығысуды қамтамасыз ететінін, ұсталған жүктемені өңдеу дәлдігін арттыратынын атап өткен жөн. Бұл деректер манипулятордың негізгі компоненттері үшін жеңіл конструкцияны максималды қаттылықпен теңестіре отырып, оңтайлы материалды таңдауға мүмкіндік береді. Зерттеуде салмағы 1000 кг-ға дейінгі үлкен жұмсақ контейнерлерді автоматты түрде түсіру және өңдеуге арналған роботтық ұстағыштың дизайны ұсынылады. Дизайн шешімдері ұзақ мерзімді пайдалану сенімділігіне және жабдықтың істен шығу ықтималдығын азайтуға бағытталған.

Манипулятор әртүрлі пішіндегі және өлшемдегі контейнерлерді дұрыс ұстай алатын үш саусақты бейімделгіш ұстау жүйесімен жабдықталған. Екі саусақ дәл орналастыру және ұстауды оңтайландыру үшін арнайы жасалған реттелетін механизммен басқарылады. Есептеу зерттеулеріне үйкелісті ескере отырып, заттарды қауіпсіз ұстау үшін қажетті күштерді анықтау, сондай-ақ құрылымдық компоненттерге: болттарға, түйреуіштерге, жетек модуліне және жұмыс бұрандасына түсетін жүктемелерді талдау кірді. Жұмыс бұрандасының жетегін есептелген жүктемелер негізінде таңдап, ұстау блогының сенімді сызықтық қозғалысын қамтамасыз етті. Көп денелі модельді қолдана отырып динамикалық модельдеу аналитикалық болжамдармен жоғары дәрежеде сәйкестік көрсетті, бұл әзірленген дизайнның дұрыстығын растады.

Сыни жүктемесі бар компоненттің - соңғы эффектордың - беріктік талдауы AW-7042 алюминий қорытпасы мен S559 құрылымдық болатын пайдаланып жүргізілді. Екі материал да ішкі кернеудің қолайлы таралуын қамтамасыз етеді, бірақ болат минималды деформацияны және контейнердің дәл орналасуын көрсетеді, бұл сенімділік пен дәлдік талаптарын ескере отырып, манипулятордың негізгі компоненті үшін оны таңдаулы етеді. [36]

5 Автоматтандыру және PLC логикасы

5.1 Siemens S7-1200 негізінде басқару жүйесін құрастыру

Биг-бэг қаптарын түсіруге арналған манипулятордың жұмыс алгоритмі дайын өніммен толтырылған қаптарды автоматты түрде түсіру және тасымалдау процесін толық бақылайды. Жүйе іске қосылған сәттен бастап барлық орындаушы механизмдер мен датчиктер өздігінен тексеруден өтеді. Егер құрылғылардың барлығы қалыпты жұмысқа дайын болса, жүйе автоматты режимге ауысады. Осы кезде басқару панелінде жүйенің дайын екені туралы хабарлама пайда болады.

Толтырылған қап туралы сигнал түскеннен кейін, салмақ пен деңгей датчиктері арқылы қаптың нақты массасы тексеріледі. Егер салмақ 500 бен 1000 килограмм аралығында болса, қап толық деп есептеледі және процесс ары қарай жалғасады. Ал егер салмақ бұл шектен асып кетсе немесе жеткіліксіз болса, экранда ескерту шығып, жүйе ақауды түзеткенше жұмысын тоқтатады. Бұл кезең өнімнің қауіпсіздігін қамтамасыз ету және манипулятордың шамадан тыс жүктелуін болдырмау үшін қажет.

Қаптың салмағы дұрыс анықталғаннан кейін қаптың жоғарғы бөлігі жабылады. Бұл үшін арнайы жабу тетігі іске қосылады. Жүйе автоматты түрде қаптың мойнын қысып, герметикалық түрде бекітеді, осылайша материалдың төгілуінің алдын алады. Жабу процесі аяқталған соң, манипулятордың ілгіш механизмі белсендіріледі. Ілгіш тетіктер қаптың төрт бұрышындағы ілгектерді ұстап, қапты жоғары көтереді. Көтеру биіктігі мен қозғалыс траекториясы алдын ала берілген бағдарлама арқылы анықталады. Сенсорлар қаптың қозғалысын бақылайды, ал траекториядан ауытқу немесе бөгет анықталған жағдайда манипулятор дереу тоқтайды.

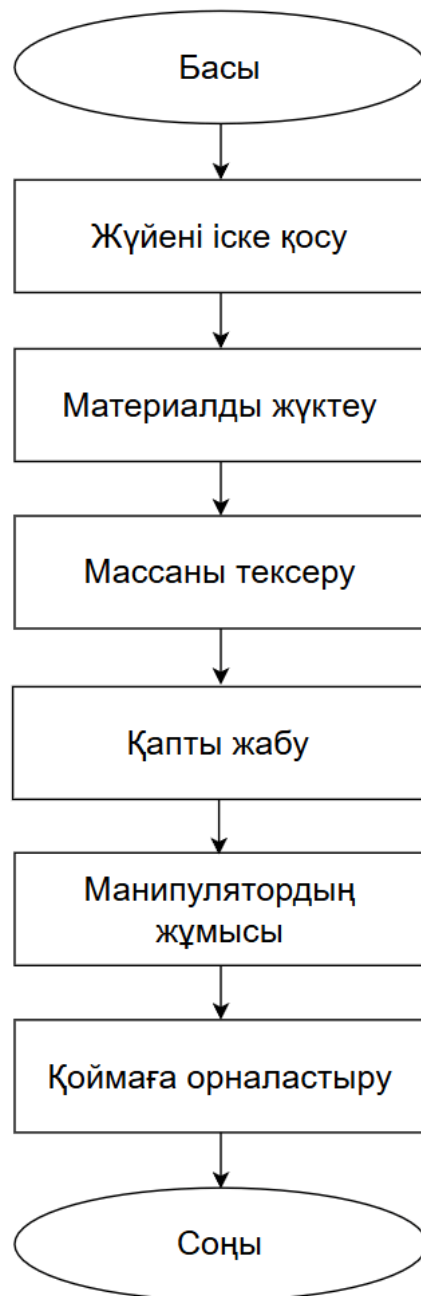
Көтеру процесі сәтті аяқталғаннан кейін манипулятор қапты белгіленген орынға, яғни түсіру немесе сақтау аймағына жеткізеді. Бұл аймақ көбінесе конвейер немесе дайын өнім қоймасының бөлігі болып табылады. Манипулятор қапты мұқият түсіріп, оны конвейерге немесе платформаға орналастырады. Осы сәтте ілгіш механизм қапты босатады және бастапқы қалпына оралады. Бұл операция жаңа циклді бастауға мүмкіндік береді.

Жүйе автоматты түрде үздіксіз режимде жұмыс істейді, яғни бір қапты түсіріп болған соң келесі қапты өңдеуге дайын тұрады. Оператор НМІ панелі арқылы барлық процесті бақылай алады. Экранда қаптың салмағы, манипулятордың орналасуы, жабу тетігінің күйі және жалпы жүйенің жұмыс жағдайы көрсетіледі. Сондай-ақ, «Старт», «Стоп», «Қолмен басқару» және «Аварияны қалпына келтіру» батырмалары арқылы жүйені басқаруға мүмкіндік бар. [37]

Авариялық жағдайлар кезінде жүйе бірден тоқтатылады және панельде тиісті хабарлама пайда болады. Мұндай жағдайларға қаптың жоқтығы, ілгіш механизмінің істен шығуы, қаптың салмағының нормадан ауытқуы немесе қауіпсіздік датчиктерінің сигнал беруі жатады. Бұл хабарламалар операторға

жүйедегі ақауды уақытылы анықтап, қауіпсіз жұмыс режимін қалпына келтіруге мүмкіндік береді.

Биг-бэг қаптарын түсіруге арналған автоматтандырылған манипулятор жүйесі өндірістік процестің тиімділігін арттырып, адам еңбегін азайтады. Ілгіш механизмі мен автоматты жабу жүйесі материалдың төгілуін болдырмай, қауіпсіз әрі дәл жұмыс істеуді қамтамасыз етеді (сурет 5.1).



Сурет 5.1 - Басқару нысаны жұмысының алгоритімі

5.2 Ұстау, көтеру және тасымалдау алгоритмдерін әзірлеу

Өндірістік кәсіпорындарда Big-Bag форматындағы (0,5–1 тонна) қаптар арқылы шикізат пен дайын өнімді тасымалдау және түсіру кеңінен қолданылады. Мұндай ауыр жүкті қолмен түсіру еңбек қауіпсіздігіне қауіп төндіреді және уақытты көп талап етеді. Осы мәселені шешу үшін роботтандырылған манипуляторлар негізінде автоматтандырылған түсіру жүйелері енгізілуде. Бұл жүйелерді жобалау және басқару кезінде Siemens компаниясының TIA Portal және WinCC бағдарламалық кешендері негізгі құрал ретінде қолданылады.

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) – бұл манипулятордың қозғалысын, тензодатчиктен келетін мәліметтерді, қап фиксациясын және қауіпсіздік функцияларын бір ортада біріктіріп, толық автоматтандырылған басқару жүйесін құруға арналған интеграцияланған платформа. TIA Portal көмегімен SIMATIC S7-1200 немесе S7-1500 контроллерлері үшін басқару алгоритмдері құрастырылады, ал робот манипуляторы Profinet немесе Profibus хаттамалары арқылы PLC-ге қосылады. [38]

TIA Portal жүйесінің техникалық сипаттамалары:

- а) қолдайтын контроллерлер: S7-1200, S7-1500;
 - б) бағдарламалау тілдері: LAD (релейлік логика), FBD (функционалдық блок диаграммасы), STL (құрылымдық текст);
 - с) қозғалыс басқару функциялары (Motion Control);
 - д) Profinet арқылы робот пен тензодатчиктерді қосу;
 - е) PLCSIM арқылы манипулятор жұмысының виртуалды симуляциясы.
- Манипулятордың PLC-де жүзеге асырылатын негізгі функциялары:
- Big-Bag қапты анықтау және фиксациялау;
 - Захватты ашу/жабу логикасы;
 - Қапты көтеру, патрубокқа орнату және босату операциялары;
 - Түсірілетін материал массасын тензодатчик арқылы өлшеу және автоматты тоқтату;
 - <500 кг – недогруз режимі, >1000 кг – авариялық тоқтату.

WinCC (Windows Control Center) – операторлық интерфейсті құруға арналған визуализация құралы. Бұл платформада жүйенің барлық параметрлері нақты уақыт режимінде көрсетіліп, манипулятордың әрбір әрекеті бақыланады.

WinCC жүйесінің функционалдық мүмкіндіктері:

- 1) Big-Bag қаптың ағымдағы салмағын көрсету;
- 2) Манипулятор күйін визуалдау (қозғалыс, фиксация, авария);
- 3) Апаттық журнал жүргізу;
- 4) Оператор командалары («Старт», «Стоп», «Сброс аварии», «Ручной режим»);
- 5) Графикалық мнемосхема арқылы процесті бақылау.

TIA Portal мен WinCC кешенін қолдану автоматтандырылған манипулятор жүйесінің тиімділігін арттырып қана қоймай, қаптарды түсіру

процесін қауіпсіз, тұрақты және толық басқарылатын режимде жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде еңбек шығынын азайтады, өнімділікті арттырады және өндірістегі технологиялық процестің үздіксіздігін қамтамасыз етеді (сурет 5.2). [39]



Сурет 5.2 – CPU 1200C бақылаушы

Манипулятор жүйесін басқаруға қажетті барлық енгізу және шығару сигналдарының тағайындау толық көрсетілген. Бұл сұлбада датчиктерден, жетектерден және атқарушы механизмдерден келетін сигналдардың контроллердің нақты арналарына қалай қосылғаны айқын бейнеленген. Аталған сигналдар бағдарламалық логиканы құрудың бастапқы негізі болып табылады және процестің барлық кезеңдерін дәл басқаруға мүмкіндік береді (сурет 5.3).

биг-бэг ▸ PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] ▸ PLC tags

Tags User constants System constants

PLC tags

	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Con
1	старт	Default tag table	Bool	%I0.0	☐	☒	☒	☒	
2	д1	Default tag table	Bool	%I0.1	☐	☒	☒	☒	
3	д2	Default tag table	Bool	%I0.2	☐	☒	☒	☒	
4	запуск системы	Default tag table	Bool	%Q1.0	☐	☒	☒	☒	
5	подача мешка	Default tag table	Bool	%Q1.1	☐	☒	☒	☒	
6	м/захват	Default tag table	Bool	%Q1.2	☐	☒	☒	☒	
7	нет мешка	Default tag table	Bool	%Q1.3	☐	☒	☒	☒	
8	м/п	Default tag table	Bool	%Q1.4	☐	☒	☒	☒	
9	м/освободить	Default tag table	Bool	%Q1.5	☐	☒	☒	☒	
10	в/м	Default tag table	Bool	%Q1.6	☐	☒	☒	☒	
11	надув	Default tag table	Bool	%Q1.7	☐	☒	☒	☒	
12	открыть з/з	Default tag table	Bool	%Q2.0	☐	☒	☒	☒	
13	заккрыть з/з	Default tag table	Bool	%Q2.1	☐	☒	☒	☒	
14	подача	Default tag table	Bool	%Q2.2	☐	☒	☒	☒	
15	сигнал блокировки	Default tag table	Bool	%Q2.3	☐	☒	☒	☒	
16	аварийная остановка	Default tag table	Bool	%Q2.4	☐	☒	☒	☒	
17		Default tag table	Bool	%Q2.5	☐	☒	☒	☒	

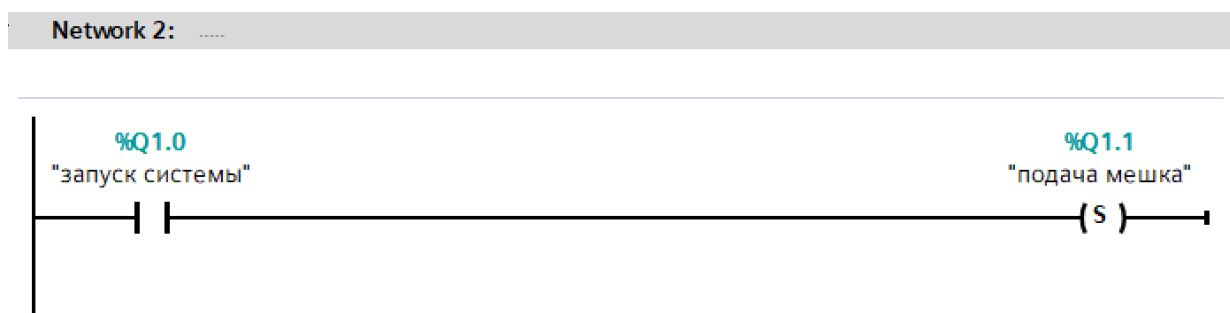
Сурет 5.3 – PLC tags

5.4 суретте басқару жүйесінің негізгі автоматты режимі іске қосылады. «Старт» батырмасы басылғанда және авариялық жағдай жоқ болған кезде, жүйе өзін-өзі ұстап тұру режиміне өтеді. PLC контроллері %I0.0 кіріс сигналын қабылдайды, ал %Q2.5 шығысында аварияның болмауы тексеріледі. Осы шарттар орындалған жағдайда %Q1.0 «жүйені іске қосу» сигналы активтеліп, жүйенің одан әрі автоматты жұмысын қамтамасыз етеді. [40]



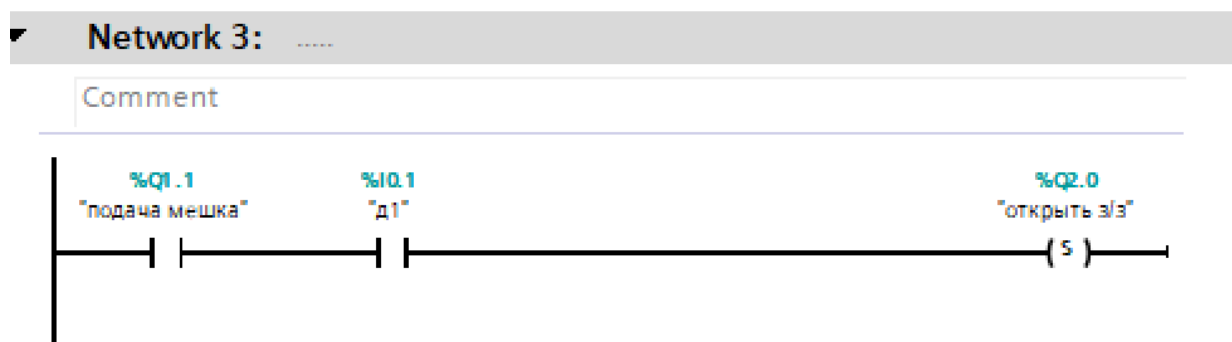
Сурет 5.4 – Жүйені іске қосу блогы

5.5 суретте жүйе іске қосылғаннан кейін қапты беру механизмі автоматты түрде жұмысқа қосылады. %Q1.0 сигналы белсенді болған кезде, контроллер %Q1.1 шығысын қосып, бос биг-бэг қапты беру құрылғысын іске қосады. Бұл кезеңде жүйе қаптың манипулятор аймағына жеткізілуін қамтамасыз етеді.



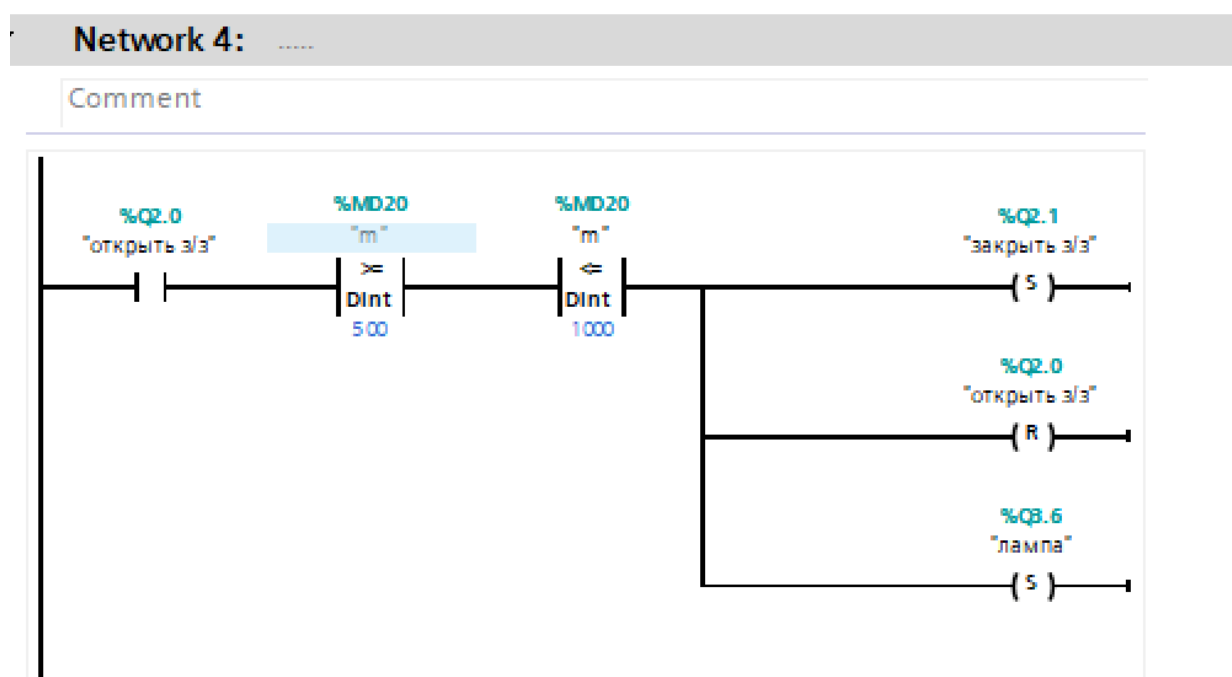
Сурет 5.5– Биг-бэг қапты беру процесін бастау

5.6 суретте желіде қап беру және датчик арқылы растау жағдайында клапан ашылады. Егер «Қап беру» (%Q1.1) сигналы белсенді болып, Д1 датчигі (%I0.1) қаптың бар екенін растаса, онда «Клапанды ашу» (%Q2.0) сигналы қосылады. Бұл сигнал арқылы клапан ашылып, материалдың берілуі немесе төгілуі басталады.



Сурет 5.6– Клапанды ашу

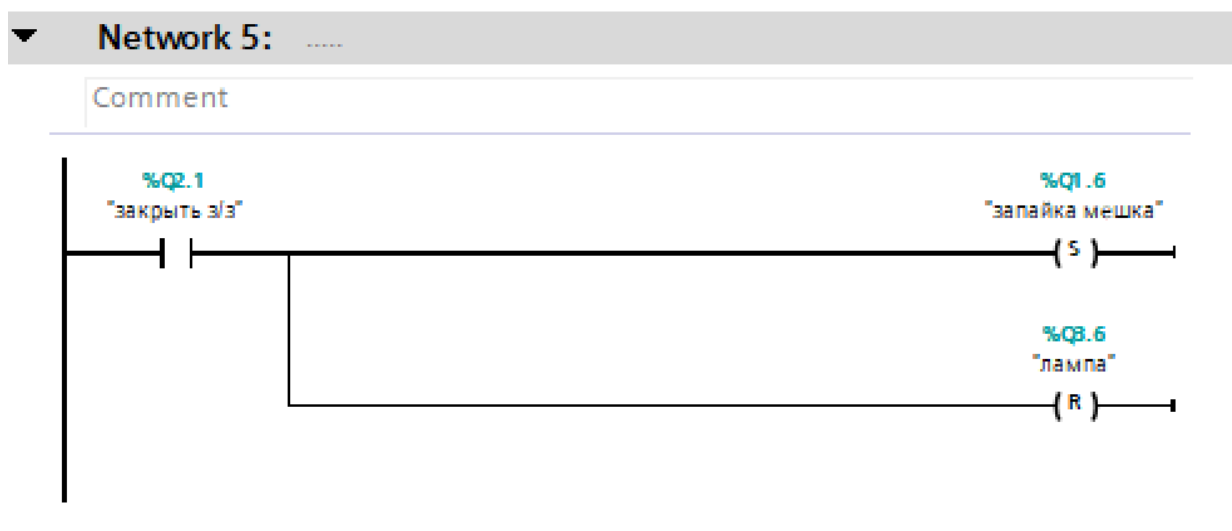
5.7 суретте жүйенің жұмыс шарты мен әрекеті салмақ немесе деңгей көрсеткішіне байланысты жүзеге асырылады. Егер %Q2.0 шығысы белсенді болса, яғни «заслонканы ашу» командасы берілген жағдайда, және %MD20 айнымалысының мәні 500-ден кем емес әрі 1000-нан аз болса, жүйе автоматты түрде келесі әрекеттерді орындайды. Біріншіден, %Q2.1 шығысы іске қосылады, бұл «заслонканы жабу» командасын білдіреді. Сонымен қатар, «ашу» сигналы — %Q2.0 өшіріледі, ал %Q3.6 шығысы арқылы «индикатор шамы» қосылады. Бұл процесс материалдың қажетті деңгейге жеткенін білдіреді, сондықтан жүйе артық толтырудың алдын алу үшін заслонканы жауып, визуалды түрде операторға хабар береді. [41]



Сурет 5.7– Network 4

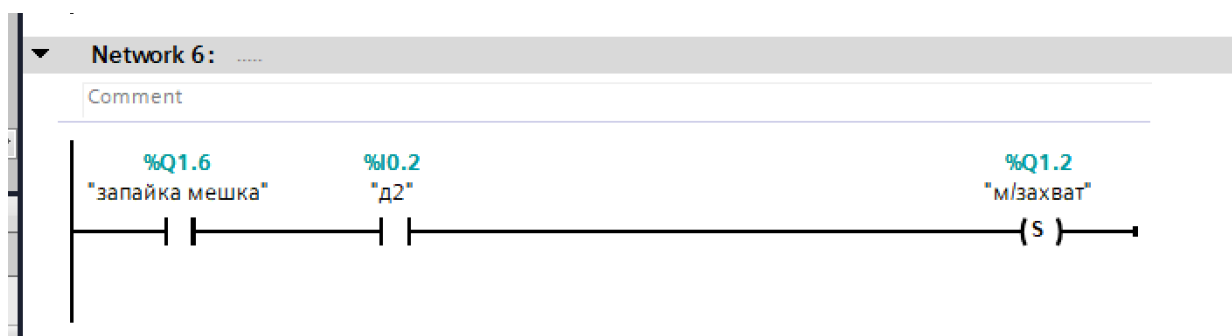
5.8 суретте заслонка жабылғаннан кейінгі әрекеттер орындалады. Егер %Q2.1 шығысы белсенді болса, яғни заслонка толық жабылған болса, жүйе автоматты түрде %Q1.6 шығысын қосады, ол «қапты жабу (запайка)

механизмін» іске қосады. Сонымен бірге, алдыңғы Network-та қосылған %Q3.6 «шам сигналы» сөндіріледі. Бұл кезеңде жүйе өніммен толтырылған қапты тығыздау немесе жабу операциясын орындайды, осылайша келесі кезеңге дайындық жүргізіледі.



Сурет 5.8– Network 5

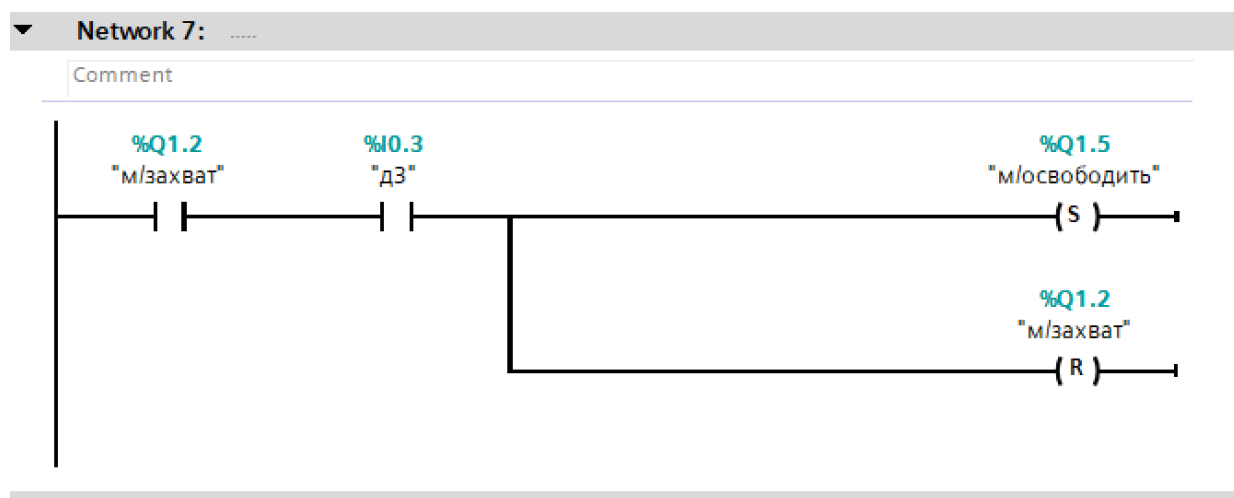
5.9 суретте қаптың жабылуы аяқталғаннан кейін манипулятордың қозғалысы басталады. Егер %Q1.6 шығысы белсенді болса, яғни «қап жабылып жатқан» сәт болса және %I0.2 кірісі белсенді күйге өтсе (мысалы, операцияның аяқталғанын көрсететін шектік датчиктің сигналы), онда жүйе %Q1.2 шығысын қосады — бұл «қапты ілу немесе көтеру механизмі» командасын білдіреді. Осылайша, жабылған және дайын болған қап ілгіш механизм арқылы келесі аймаққа бағытталады.



Сурет 5.9 – Network 6

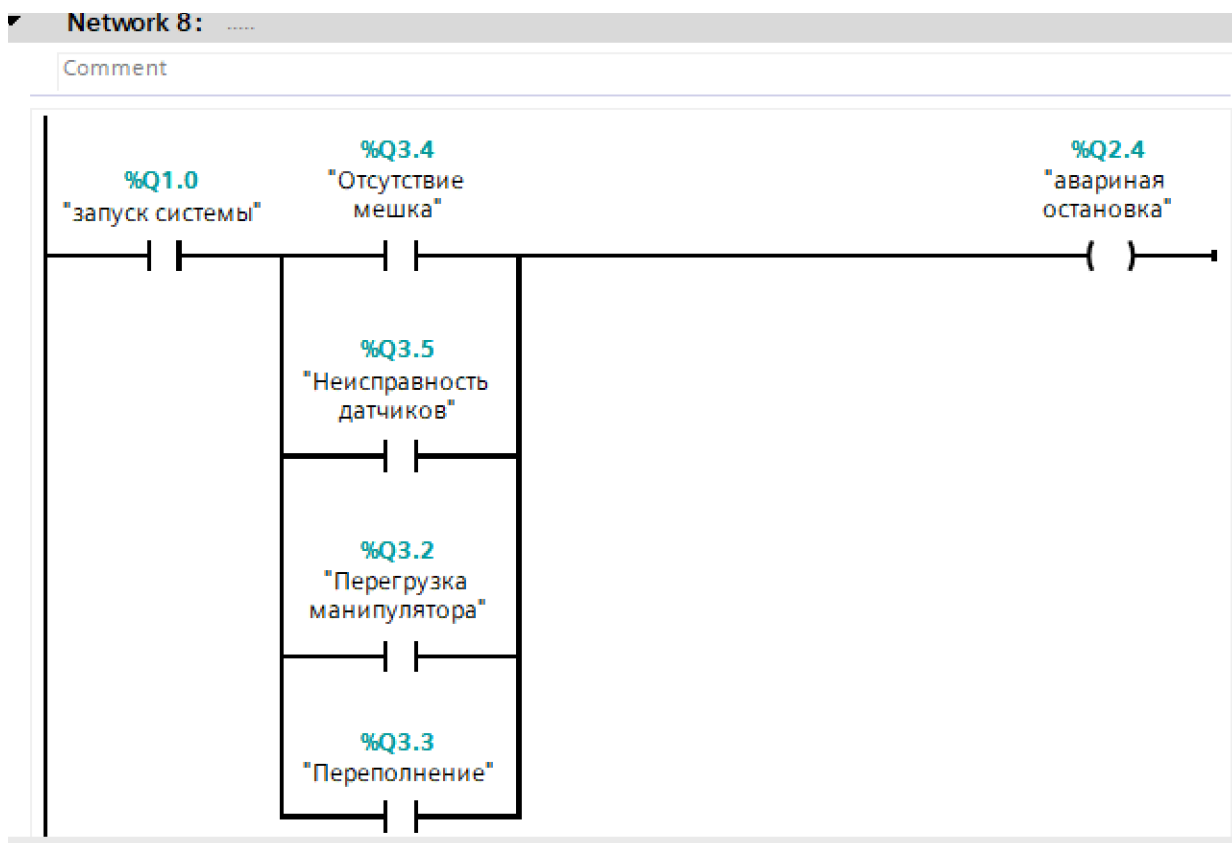
5.10 суретте манипулятор қапты тасымалдап болған соң орындалатын әрекет көрсетіледі. Егер %Q1.2 шығысы белсенді болып, сонымен қатар %I0.3 кіріс сигналы іске қосылса (мысалы, орын ауыстырудың аяқталғанын білдіретін датчик), жүйе автоматты түрде %Q1.5 шығысын қосады, бұл «қапты босату» командасы болып табылады. Сонымен бірге, бұрын белсенді болған

%Q1.2 сигналы өшіріледі. Бұл кезеңде ілгіш механизм қапты белгіленген жерге қойып, оны босатады, нәтижесінде бір циклдің соңғы механикалық бөлігі аяқталады.



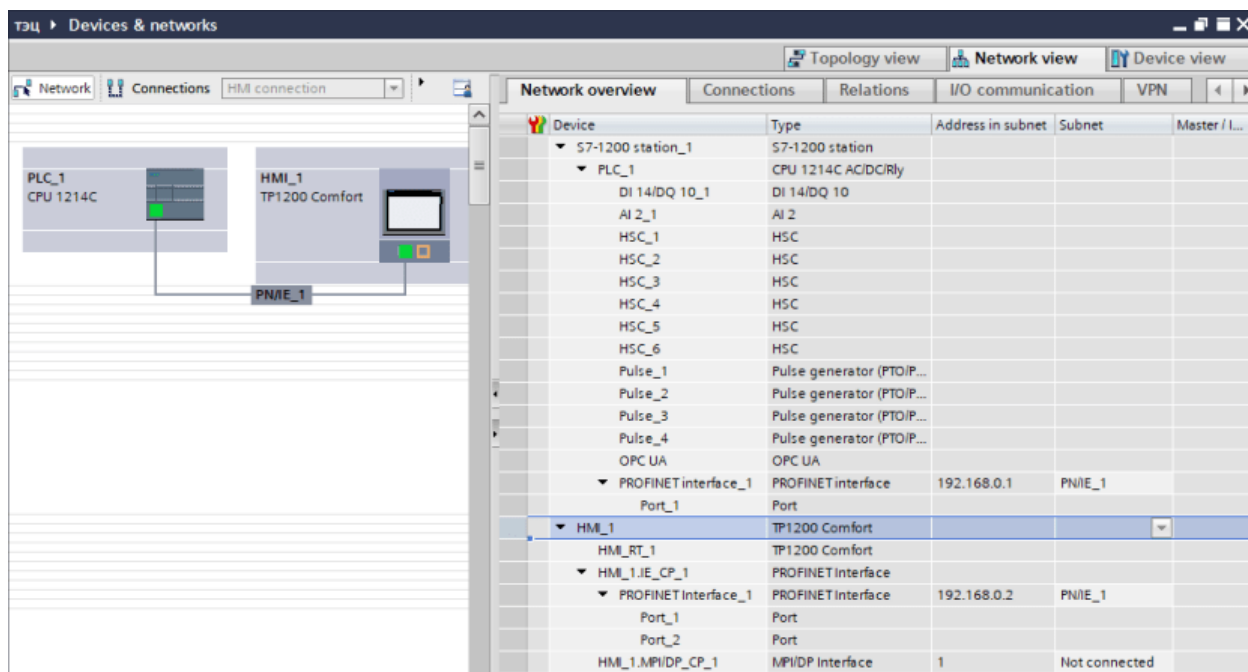
Сурет 5.10 – Network 7

5.11 суретте жүйенің жалпы жұмысқа рұқсат беру логикасын қамтамасыз етеді. Егер %I0.0 кірісі белсенді болса, яғни оператор жүйені іске қосқан жағдайда және бірде-бір авариялық жағдай тіркелмесе (%Q3.4 – «қап жоқ», %Q3.5 – «датчик ақауы», %Q3.2 – «манипулятордың артық жүктелуі», %Q3.3 – «артық толтыру» сигналдары өшірілген болса), онда жүйе %Q2.4 шығысын қосады. Бұл шығыс жүйенің жұмыс істеуіне немесе қауіпсіз тоқтауына рұқсат беретін сигнал болып табылады. Нәтижесінде, барлық датчиктер мен механизмдер қалыпты режимде жұмыс істеуге дайын болады, ал жүйе толық циклды автоматты түрде орындай алады. [42]



Сурет 5.11 – Network 8

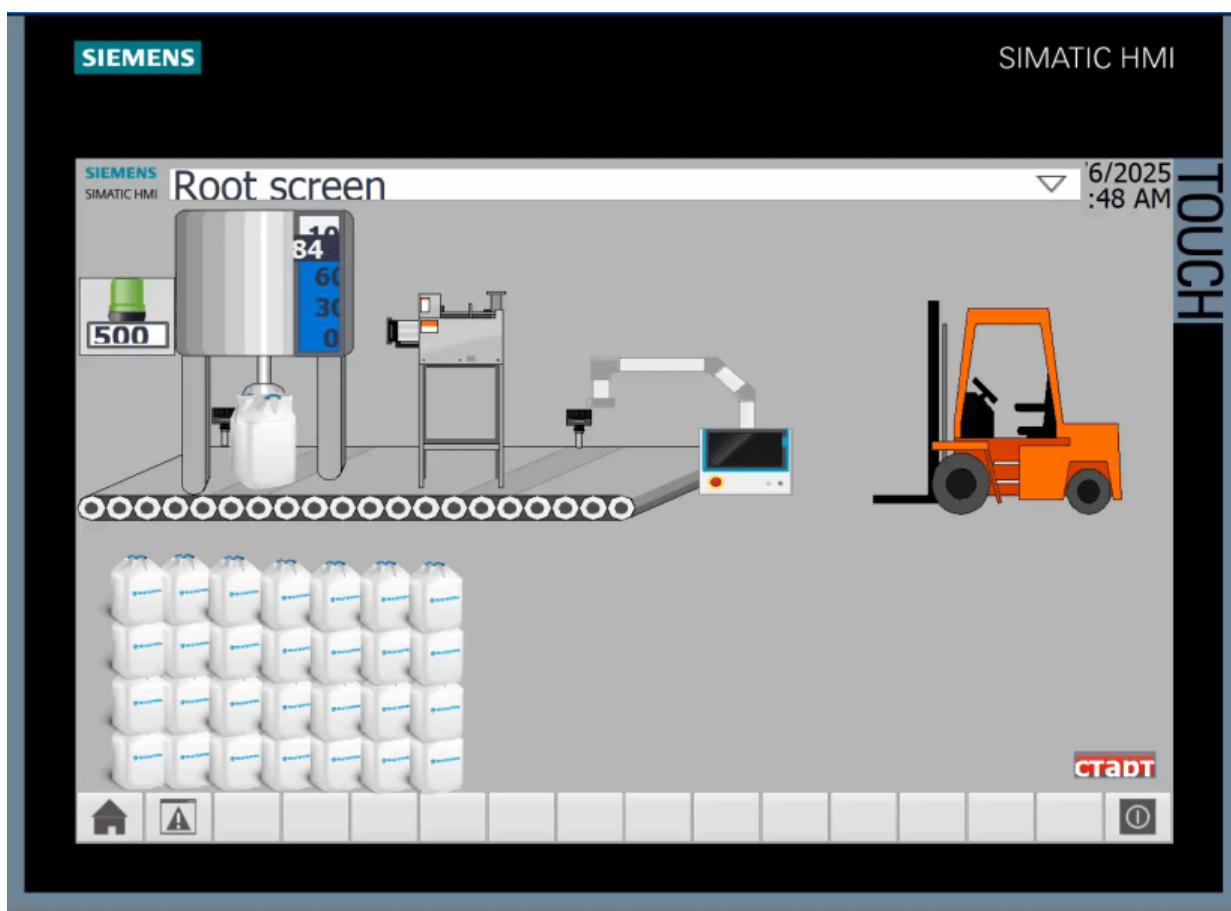
Бақылаушытың жоғарғы деңгеймен байланысы 5.12 суретте көрсетілген.



Сурет 5.12 - Автоматты жұмыс орны орнында WinCC

5.3 SCADA WinCC жүйесінде HMI интерфейсін дайындау

Биг-бэг қаптарын автоматты түрде түсіру және тиеу процесін басқаруға арналған манипулятор жүйесінің мнемосхемасы 5.13 - суретте көрсетілген. Бұл мнемосхема өндірістегі барлық негізгі тораптар мен басқару элементтерінің өзара байланысын көрнекі түрде бейнелейді. Суретте манипулятордың қозғалыс траекториясы, қапты анықтау датчиктері, тензометриялық өлшеу жүйесі, жетектерді басқару арналары және HMI панеліндегі визуалды бақылау элементтері толық көрсетілген. Мнемосхема арқылы оператор жүйенің нақты уақыт режимінде жұмыс барысын бақылай алады, әрбір операцияның орындалу кезеңін көріп, қажет болған жағдайда қашықтан басқару немесе авариялық тоқтату функцияларын іске қоса алады.

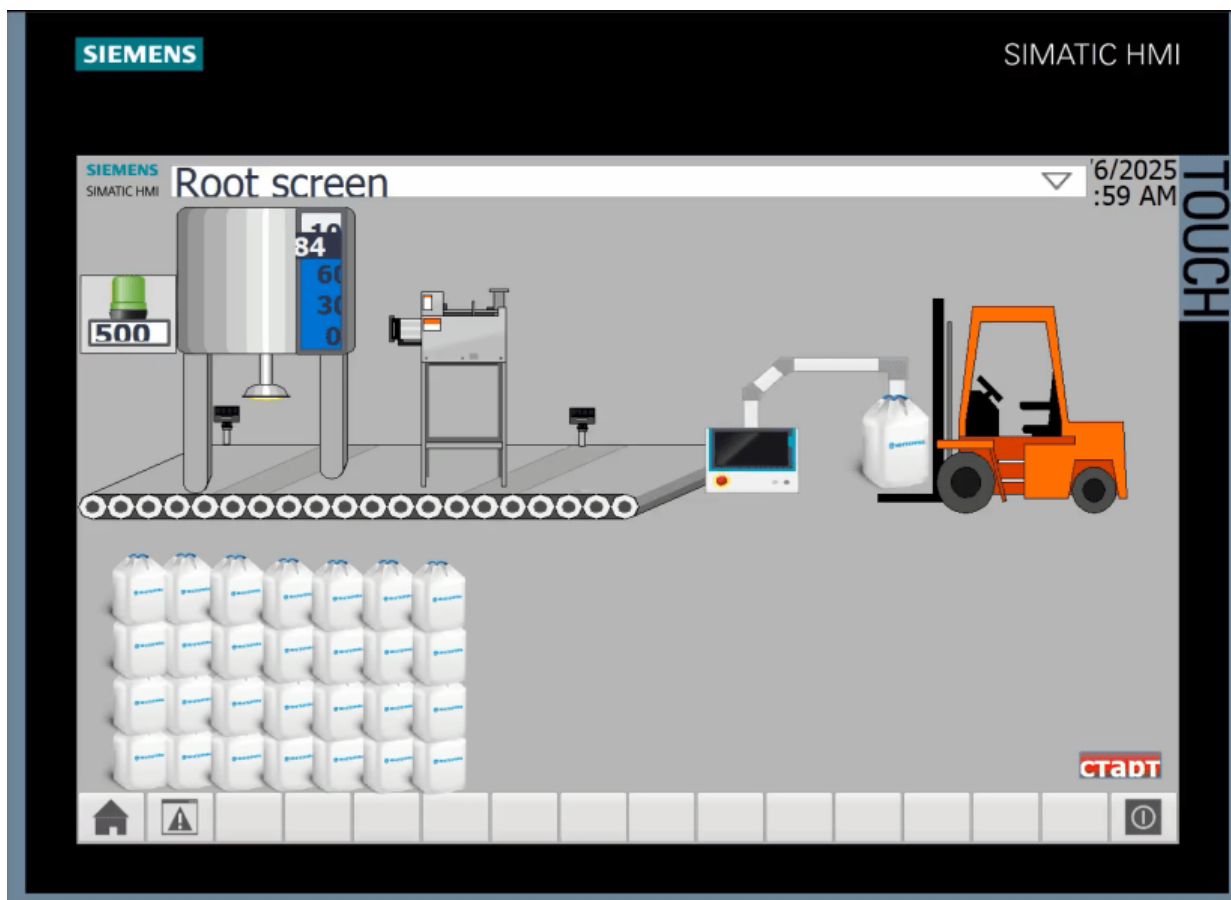


Сурет 5.13 - Визуалдау терезесі

5.14 суретте манипулятордың толық автоматтандырылған жұмыс кезеңі бейнеленген, мұнда ол дайын, өніммен толтырылған биг-бэг қапты белгіленген орыннан алып, тасымалдау көлігіне орналастырады.

Бұл кезеңде жүйе толық циклдің соңғы бөлігі болып табылады. Алдымен қап салмағы өлшеніп, жабу (қапты тығыздау немесе запайка) процесі аяқталғаннан кейін ілгіш механизмі бар манипулятор іске қосылады. Манипулятор қапты ұстап, оны абайлап көтереді және арнайы бағыттауш

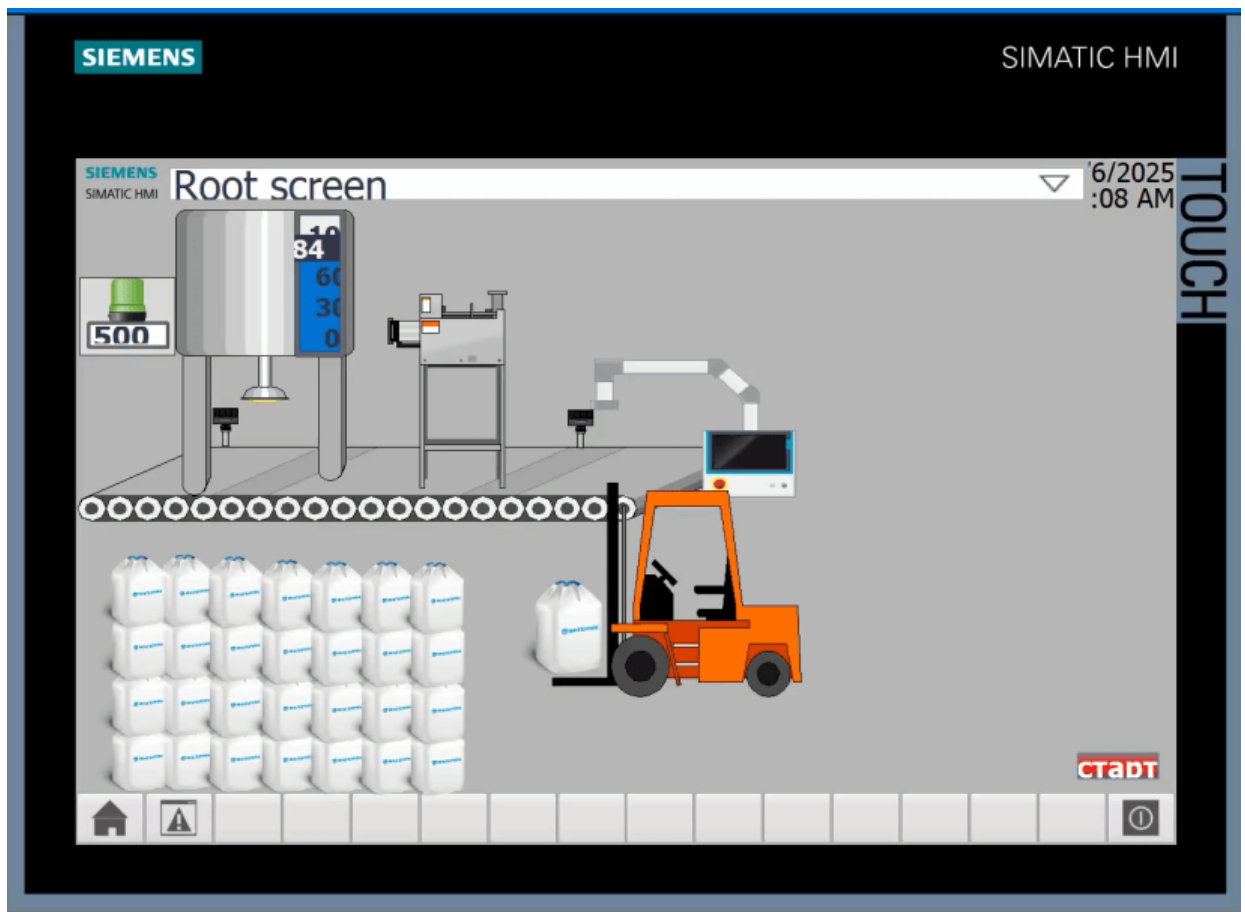
бойымен көлік құралына қарай жылжытады. Барлық қозғалыс траекториясы алдын ала бағдарламаланған, сондықтан жүйе соқтығысу немесе тербеліс сияқты қауіпті жағдайлардың алдын алады. [43]



Сурет 5.14 - HMI басқару терезесі

5.15 суретте көрсетілген келесі кезең – толтырылған және жабылған биг-бэг қаптың тасымалдау көлігі арқылы қоймаға жеткізілу процесі.

Бұл сатыда манипулятор қапты көлік құралына орналастырғаннан кейін, автоматты басқару жүйесі көлікке қозғалыс рұқсатын береді. Тасымалдау құралы жүйемен байланысқан және қозғалыс бағыты алдын ала бағдарламаланған. Көлік қозғалысын бастаған сәттен бастап, қауіпсіздік датчиктері мен бағыттаушы жүйе оның траекториясын бақылайды. [44]



Сурет 5.15 - Басқару және бақылау дисплейі

6 Қысқыш құрылымын жетілдіруде ТРИЗ әдістемесін қолдану

Кәсіби құзыреттіліктерімді кеңейту және инновациялық жобалау әдістерін меңгеру үшін осы зерттеудің авторы Берлин техникалық университетінде (Technische Universität Berlin, Германия) ТРИЗ - өнертапқыштық есептерді шешу теориясы бойынша екі апталық жазғы тағылымдамадан өтті.

Тағылымдама мыналарды қамтыды:

- Техникалық қайшылықтарды ресімдеу әдістері;
- Инженерлік жүйелердегі қайшылықтарды шешудің стандартты ТРИЗ әдістері;
- Өнертапқыштық есептерді шешу алгоритмдері (АРИЗ);
- Техникалық жүйелердің өмірлік циклін талдау және даму бағыттарын іздеу.

ТРИЗ-ді логистика және механикалық инженерия мәселелеріне, соның ішінде көлемді материалдарды өңдеуге және икемді қаптамамен өзара әрекеттесу механизмдерін әзірлеуге қолдануға ерекше назар аударылды. Икемді контейнерлердегі көлемді жүктерді өңдеудің технологиялық ағын схемасын әзірлеу кезінде типтік инженерлік қайшылық анықталды: түсіру үшін икемді контейнерді сенімді ұстауды қамтамасыз ету қажет болды, бірақ сонымен бірге оның құрылымын бұзуы немесе тығыздағышын бұзуы мүмкін шамадан тыс қысым жасау мүмкін болмады (сурет 6.1).

Бұл мәселені шешу үшін ТРИЗ:

- a) 35 әдісі - Нысанның физикалық қасиеттерін өзгерту қолданылды, бұл келесі техникалық шешімге әкелді. Қатты механикалық ұстағыштарға балама ретінде қысым датчиктері бар реттелетін жұмсақ ұстағыштарды пайдалану қарастырылды; Сонымен қатар, пішінін контейнер бетіне бейімдейтін пневматикалық ұстағыштарды пайдалану идеясы ұсынылды;
- b) 10-әдіс - Алдын ала әрекет (ұстағышқа түсетін жүктемені азайту үшін контейнер түсіру платформасында алдын ала бағдарланған);
- c) 17-әдіс - Басқа өлшемге көшу (түсіру процесінің бір бөлігін тік бағыттан көлбеу жазықтыққа ауыстыру, бұл түсіру кезінде қажетті күшті азайтты).

Осылайша, шетелдік тағылымдама кезінде зерттелген ТРИЗ құралдарын пайдалану бізге негізгі дизайн және логистикалық қайшылықтарды анықтауға және шешуге мүмкіндік берді, осылайша жұмсақ контейнерлерде көлемді жүктерді түсірудің ұсынылған схемасының тиімділігі мен қауіпсіздігін арттырды (сурет 6.2). [45]



Сурет 6.1 - Шетелдік тағылымдамадан өткені туралы сертификат



Сурет 6.2 - Шетелдік тағылымдамадан өткені туралы сертификат

7 Қауіпсіздік және ЭСР қорғанысы

7.1 FIBC-пен жұмыс кезіндегі статикалық тұтану қаупін бағалау

Көтеру жабдықтары мен механикаландыруды пайдалануды қажет ететін жүктерді басқару жоғары қауіпті операциялар ретінде жіктеледі. Бұл мақалада қайта пайдалануға болатын жұмсақ контейнерлермен жұмыс істеген кезде технологиялық персоналдың (соның ішінде нақты операцияға қатыспайтындардың) қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесі қарастырылады. Біздің ойымызша, жарақаттардың алдын алудың ең тиімді әдісі - қызметкерді тиеу кезінде қауіпті аймақтан - жүк көлігінің жүксалғышынан физикалық түрде алып тастау. Жарақаттардың алдын алу әдістерін кешенді талдау үшін біз егістіктегі дақылдарды (көкөністер, картоп) механикаландырылған тиеу кезінде жұмысшылардың жарақат алу моделін қарастыруды ұсынамыз, бұл қауіпсіздік теориясында адам-техника-жұмыс ортасы жүйесімен (АТЖО) сипатталады. Ауыл шаруашылығындағы көлік және тиеу операциялары үшін тиімді шешімдердің бірі - тиеу жабдықтары кабинасынан қашықтан басқарылатын (мысалы, пневматикалық) ұстағыш құрылғыларды пайдалану. Балама нұсқа - ауыл шаруашылығы саласында қолданылатын картоп сияқты сусымалы материалдар үшін автоматты ұстағыштар. Біздің ойымызша, қашықтан басқарылатын құрылғыларды пайдалану егінді тиеу кезінде жарақат алу қаупін айтарлықтай азайтады, себебі бұл жүк көлігінде ілмектің болуын болдырмайды.

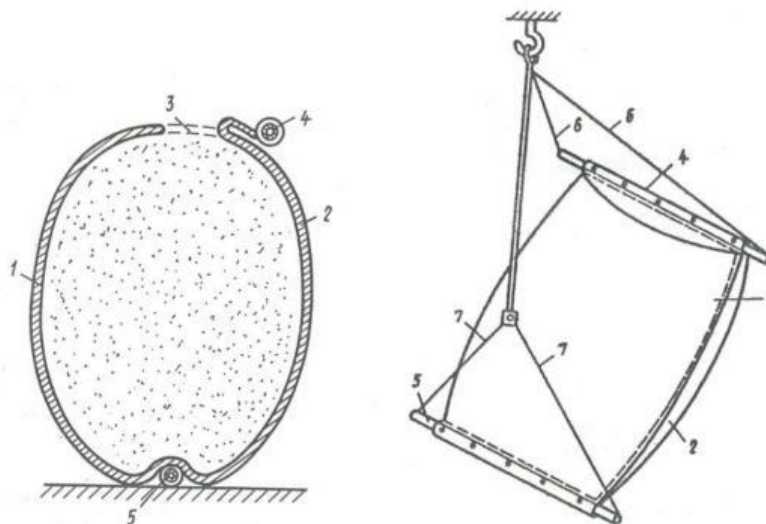
Механикаландырылған тиеу және түсіру жұмыстары өте қауіпті деп саналатынын қайталап айту керек. Қауіп тек жабдықтың техникалық ақауларынан ғана емес, сонымен қатар адамдарға - процеске тікелей қатысатындарға да, айналасындағыларға да зиян келтіру мүмкіндігінен туындайды. Жарақаттың алдын алу әдістерін мұқият анықтау үшін, егістікте көкөністерді механикаландырылған тиеу сияқты белгілі бір операция шеңберінде жұмысшылардың мінез-құлық аспектілерін (және жарақат механизмдерін) талдау ұсынылады. Қауіпсіздік теориясындағы мұндай талдаудың анықтамалық моделі - адам-техника-жұмыс ортасы (АТЖО) жүйесі.

Бұл жүйеде «оператор» - жұмыс функциясын орындайтын қызметкер, оның мәні жұмыс объектісімен, жабдықпен және қоршаған ортамен өзара әрекеттесуді қамтиды. Бұл өзара әрекеттесу ақпараттық модельді және тиісті жабдықты басқару элементтерін саналы түрде қолдану арқылы жүзеге асырылады. «Жұмыс ортасы» ұғымы бірнеше құрамдас бөліктерді қамтиды: жұмыс объектісінің өзі (техногендік факторлар әсер ететін объект), қолданылатын технологиялық тәсілдер (ресми бекітілген стандарттар мен нұсқаулар және бейресми, қалыптасқан тәжірибелер немесе әдеттер) және жұмыс қауіпсіздігі мен тиімділігіне шешуші әсер етуі мүмкін қоршаған орта. ҚТ моделінде жүйенің әрбір элементі (шаршау немесе жеке мәселелерге байланысты назары азаюы мүмкін адамның өздерін қоса алғанда) және ең бастысы, олардың өзара әрекеттесу процестері) қауіп көздері болып табылады.

Айқын мысал - кенеттен қолайсыз ауа райында жабдықтың істен шығуынан жарақат алу қаупінің күрт артуы. Бұл қауіпті дәл сандық бағалау көптеген факторларға байланысты қиын болғандықтан, қауіпсіздік мәселесі екі негізгі жолмен шешіледі: компоненттердің ақауларға төзімділігін арттыру және оператордың ықтимал зиянды элементтермен байланысын физикалық түрде жою арқылы. [46]

Қауіпсіздіктің практикалық әдістерін сипаттау үшін екі термин енгізілген. Біріншісі - «гомосфера», ол адам әрекет кезінде болатын жұмыс аймағын немесе кеңістігін білдіреді. Екіншісі - «нокосфера», қауіптер үздіксіз болатын немесе кез келген уақытта туындауы мүмкін кеңістік ретінде анықталады. Қарастырылып отырған әдістің негізгі стратегиясы - гомосфера мен нокосфераның кеңістіктік (физикалық) немесе уақытша (технологиялық) бөлінуін қамтамасыз ету. Бұл екі аймақты біріктіру, мысалы, кран операторы жағдайында, қауіпсіздік тұрғысынан қолайсыз. Іс жүзінде бұл қағида автоматтандыруды және қашықтан басқару жүйелерін енгізу арқылы жүзеге асырылады. Тиеу операциялары кезіндегі негізгі мақсат - сусымалы материалдарды өңдеу кезінде көлік құралының кузовында адамның болуын толығымен жою (сурет 7.1).

Жоғарыда айтылғандай, ауыл шаруашылығы саласында бұл тәсілді енгізудің бір нұсқасы - жабдықты кабинадан қашықтан басқарылатын (электрлік немесе пневматикалық) ұстағыштармен немесе толығымен автоматты сусымалы жүк ұстағыштарымен жабдықтау. Біз мұндай технологияларды пайдалану ауыл шаруашылығы өнімдерін көлік құралдарына тиеу және түсіру кезінде тәуекелдерді айтарлықтай азайта алады деп санаймыз.



Сурет 7.1 – Икемді контейнерді көтеру схемасы: (а) – тірек бетіне орнатылған контейнер; (б) – көтергіш құрылғының астына көтерілетін контейнер. 1, 2 – корпусың бүйір панельдері; 3 – материалды толтыруға/таратуға арналған жоғарғы саңылау; 4 – жоғарғы ілмек бекіту нүктесі; 5 – төменгі ілмек бекіту нүктесі; 6 – жоғарғы ілмек элементтері; 7 – төменгі ілмек элементтері

Жұмсақ тасымалдау модулі жоғары беріктіктегі синтетикалық матадан жасалған. Дизайн екі бүйір панельді 1 және 2 және жоғарғы жағында тиеу люкін 3 қамтиды. 2-панель өте биік және қосымша тұрақтылық үшін жоғарғы бүктемесі бар. Аспа элементтері қатты құбырлы бағыттаушылар 4 және 5 болып табылады: бағыттаушы 4 2-панельдің бүктелген аймағында бекітілген, ал бағыттаушы 5 модульдің төменгі жиегі бойымен өтеді. Түлеу үшін контейнер көлденең тірек бетіне қойылады және тиеу люкін 3 арқылы толтырылады. Көтеру жоғарғы және төменгі ілмектер 6 және 7 арқылы жүзеге асырылады, ал материалдың төгілуін болдырмау үшін люкті 2 кеңейтілген бүйір панель жабады. Түсіру модульді еңкейту арқылы жүзеге асырылады – модуль төменгі ілмектер 7 арқылы көтеріледі, ал жоғарғы ілмектер 6 босатылады.

Икемді, үлкен сыйымдылықты өнеркәсіптік пакет, халықаралық деңгейде Flexible Intermediate Bulk Container (FIBC) ретінде белгілі және өнеркәсіпте көбінесе «үлкен пакет» ретінде белгілі, құрғақ, түйіршікті және ұнтақталған материалдарды тасымалдауға және уақытша сақтауға арналған икемді контейнер болып табылады. Бұл полипропилен талшықтарынан жасалған көп қабатты синтетикалық матадан жасалған, бір немесе бірнеше көтеру ілмектерімен нығайтылған берік контейнер, бұл оны стандартты қойма жабдықтарын пайдаланып өңдеуге мүмкіндік береді. Бұл контейнерлердің жүк көтергіштігі бірнеше жүз килограмнан бірнеше тоннаға дейін.

20 ғасырдың ортасынан бастап икемді контейнерлер көлемді логистикада маңызды рөл атқарды. Қазіргі уақытта олар ауыл шаруашылығы, химиялық заттар, құрылыс қоспаларын өндіру, фармацевтика және тамақ өңдеуді қоса алғанда, үлкен сыйымдылықты құрғақ өнімдерді өңдейтін барлық дерлік салаларда қолданылады. FIBC құмды, полимер түйіршіктерін, минералды тыңайтқыштарды, шайыр ұнтақтарын, тұқымдарды және басқа да көптеген материалдарды тасымалдауға жарамды. Бұл контейнерлердің танымалдылығы олардың практикалық болуына байланысты: бір жүкті (300–500 кг) босату бірнеше ондаған секундты алады. Олардың икемді дизайны сақтауды жеңілдетеді - пайдаланғаннан кейін контейнерлер минималды көлемге дейін бүктеледі. Түсіру үшін олардың төменгі бөліктері бөлінген немесе клапанды, ал тығыздау қажет болса, жүкті ылғалдан қорғау үшін ішіне полиэтилен төсемі орналастырылады. [47]

7.2 Контейнерлерді МТЭ талаптарына сай жіктеу және таңдау

Ыңғайлылығы мен әмбебаптығына қарамастан, үлкен пакеттерді пайдалану қауіптермен байланысты, олар әсіресе жарылғыш ортада жұмыс істеген кезде айқын көрінеді. Құю процесінде сусымалы материалдар бір-бірімен және жабдық беттерімен белсенді түрде әрекеттеседі. Олар жанасқанда және содан кейін бөлінгенде, статикалық электр энергиясының жиналуының негізгі себебі болып табылатын трибоэлектрлік зарядтау пайда болады.

Ұнтақ жоғары жылдамдықпен қозғалғанда, зарядтың пайда болу қарқындылығы көбінесе жүйенің оны қоршаған беттер арқылы тарату мүмкіндігінен асып түседі. Егер контейнер оқшаулағыш матадан (мысалы, стандартты полипропилен) жасалған болса, зарядтар іс жүзінде анықталмайды және ұзақ уақыт сақталады. Нәтижесінде, контейнер қабырғаларында және өнімнің өзінде ондаған киловольтқа жететін айтарлықтай электрлік потенциалдар айырмашылығы пайда болады - бұл белгілі бір жағдайларда қауіпті ұшқын тудыруға жеткілікті (сурет 7.2).



Сурет 7.2 – Жұмсақ контейнерді тасымалдау

Икемді контейнерлермен жұмыс істеу кезіндегі негізгі қауіптердің бірі - өңдеу кезінде статикалық электр тогының жиналу мүмкіндігі. Негізгі қауіп артық заряд кенеттен босатылған кезде пайда болады, бұл құбылыс электростатикалық разряд (ЭСР) деп аталады. ЭСР әртүрлі электрлік потенциалы бар нысандар арасында зарядтың лезде берілуі ретінде анықталады. Жеткілікті кернеу кезінде мұндай разряд ұшқынның бұзылуы түрінде болады. Күнделікті өмірде бұл құбылыс қысқа мерзімді жағымсыз сезіммен шектеледі, бірақ микроэлектроникада ол сезімтал электрондық компоненттерге зақым келтіруі мүмкін.

Икемді контейнерлерде (ИСР) тасымалданатын көптеген ұнтақ және түйіршікті материалдар минималды энергия көзімен тұтануға бейім. Сондықтан, бақыланбайтын электростатикалық разрядтар (ЭСР) жұмыс станцияларын жобалау, контейнер түрлерін таңдау және өрттің алдын алу шараларын әзірлеу кезінде ескерілуі тиіс маңызды қауіп факторы болып табылады. ЭСД ықтималдығын азайту икемді контейнерлерді түсіруді қамтитын процестердің қауіпсіз жұмыс істеуінің негізі болып табылады.

8. Тасымалдау кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету

8.1. Өндірістік жарақаттарды талдау

Нақты өмірдегі өндірістік апаттарды зерттеу кішігірім қателіктердің қайғылы жағдайларға әкелуі мүмкін екенін түсінудің кілті болып табылады. Бір оператордың қатысуымен болған екі оқиға ерекше қызығушылық тудырады, олар жарылғыш ортада жұмыс істеген кездегі процедуралық сәтсіздіктердің өлімге әкелетінін көрсетеді.

Екі оқиға да бір операцияны қамтыды: тұтанатын шайырды 6000 галлондық араластыру бакына түсіру. Еріткіш осы бактың ашық қақпағынан қатты буланып, ауаны тұтанатын булармен толтырып, өте қауіпті жұмыс ортасын жасады.

Бірінші оқиғада қызметкер С типті икемді үрленетін контейнерді (FIBC) пайдаланды. Бұл контейнер түрі электростатикалық разрядтың (ЭСР) алдын алу үшін арнайы жасалған және жерге қосу жүйесіне қосылуы керек өткізгіш жіптермен жабдықталған. Бұл контейнерде осы мақсатта арнайы сым мен қысқыш болды. Оператор FIBC-дегі жерге қосу сымның жоқ екенін анықтады, бірақ түсіруді бастау туралы саналы шешім қабылдады. Шайырды тасымалдау кезінде контейнерде шығу жолы жоқ статикалық электр тогы пайда болды, ол бұзылу қаупіне дейін жетті. Ұшқын пайда болды. Қолданылған шайырдың тұтану энергиясы төмен (МТЭ) және еріткіш буының концентрациясы жоғары болғандықтан, ұшқын бірден жарылысқа себеп болды. Люктің жанында процесті бақылап отырған қызметкер өрттің эпицентрінде қалып, басына, мойнына және қолына қатты күйік алды.

Дәл осындай тапсырманы орындау кезінде сол қызметкермен екінші оқиға болды. Бұл жолы басқа С типті контейнер пайдаланылды - ішкі өткізгіш алюминий төсемі бар контейнер, ол да жерге қосу жүйесіне қосылуды қажет етті. [48]

Оператордың айтуынша, ол процедураны орындап, қысқышты жерге қосу жүйесіне қосқан. Осыған қарамастан, шайыр түсіріле бастағаннан кейін 10 секундтан кейін екінші, одан да күшті жарылыс болды. Қызметкер тағы да екінші және үшінші дәрежелі ауыр күйік алды. Осы оқиғадан кейін ол кәсіби міндеттерін орындаудан қатты қорқатынын айтып, жұмыстан кетті.

Екінші оқиғаны тергеу тұйыққа тірелді. Жерге қосу дұрыс жасалғанын анықтау мүмкін болмады. Негізгі дәлелдер - жерге қосу қысқышы және контейнердің өзі - өртте толығымен жойылды. Сондықтан, оператордың жерге қосу тізбегінің үздіксіздігін қамтамасыз ете алмауында қателік жіберу мүмкіндігін жоққа шығаруға болмайды.

Бұл оқиғалар “жобалау деңгейіндегі қауіпсіздік” пен “нақты пайдалану кезіндегі қауіпсіздік” арасындағы маңызды алшақтықты көрсетеді. С типті икемді контейнердің дизайны электростатикалық разрядтардың алдын алуға арналған жақсы ойластырылған инженерлік шешім болып табылады. Дегенмен, оператор бір процедуралық қадамды - жерге қосу тізбегіне

қосылуды өткізіп жіберген бойда оның бүкіл қауіпсіздік дизайны бірден жойылады. Осылайша, бүкіл қорғаныс жүйесі адам қателігіне толығымен тәуелді болады. Мұндай процедуралық жүйелердің осалдығы айқын: егер технологиялық процестің сенімділігі толығымен адамның мінсіз сәйкестігіне сүйенсе, істен шығу тек уақыт мәселесі. Бұл оқиғалар қырағылыққа емес, қатені физикалық түрде жоятын инженерлік кедергілерді енгізу қажеттілігін көрсетеді - мысалы, расталған жерге қосу сигналынсыз түсіруге жол бермейтін блоктау жүйелері арқылы.

Бір қызметкермен екі бірдей оқиғаның орын алуының өзі ерекше біліктіліктің жоқтығын емес, компанияның қауіпсіздікті басқаруындағы терең жүйелік кемшіліктерді көрсетеді. Қайталанатын апат - бұл оператордың екі бөлек қатесі емес, түзетілмеген бір жүйелік ақау. Бірінші өрт дабыл сигналы болуы керек еді, ол дереу жауап беруді талап етеді: жұмысты тоқтату, процедураларды кешенді аудиттеу, жоспардан тыс қайта сертификаттау және қосымша бақылау шараларын енгізу. Ұқсас оқиғаның екінші рет орын алуы бірінші апаттан тиімді қорытынды жасалмағанын бұлтартпас дәлелдейді.

Бұл қауіпсіздік теориясында «ауытқуларды қалыпқа келтіру» деп аталатынның классикалық мысалы. Белгілі және айқын бұзушылық (жерге қосылмаған жабдықпен жұмыс істеу) тиісті қатандықпен жазаланбайтын жағдай біртіндеп ерекшеліктен қолайлы тәжірибеге айналады. Бұл қауіпті тәртіп нормаға айналады, бұл сөзсіз апатқа әкеледі.

8.2. FIBC жіктелуі және таңдауы

Өрт қаупін сандық түрде есептеу (квантификация) және тиімді қорғаныс стратегияларын сауатты әзірлеу үшін негізгі түсінік қажет. Бұл жанғыш заттардың өздерінің маңызды қасиеттерін де, осы заттар қолданылатын ортаның нақты параметрлерін де толық түсінуге негізделген.

Статикалық электр тогының өрт қаупін сандық бағалау және тиісті қорғаныс шараларын таңдау үшін жанғыш заттың тұтануға сезімталдығын түсіну өте маңызды. Бұл сипаттама Минималды тұтану энергиясы (МТЭ) деп аталатын негізгі параметрмен өлшенеді.

Негізінен, МТЭ - жарылғыш қоспаның (шаң немесе ауадағы бу болсын) электр ұшқындарымен, соның ішінде электростатикалық разрядтармен (ЭСР) тұтануға сезімталдық шегі. Миллиджоульмен (мДж) өлшенген бұл мән неғұрлым төмен болса, қауіп соғұрлым жоғары болады: бұл тіпті өте әлсіз энергия көзі де жарылысты бастауы мүмкін дегенді білдіреді.

МТЭ туралы білім қауіптің сенімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Мысалы, егер заттың МТЭ 10 мДж немесе одан аз болса, ол адам денесінде жиналған статикалық электр разрядымен тұтануға бейім деп саналады. 3 мДж-ден төмен МТЭ бар материалдар өте қауіпті болып саналады және тұтануға өте сезімтал болғандықтан, ең қатаң бақылау шараларын қажет етеді. Бұл параметрді анықтау қауіпсіздік мамандарына оны өндірістегі ықтимал ЭСД көздерімен (мысалы, щетка немесе тәж разрядтары, сондай-ақ оқшауланбаған

жабдықтан шыққан ұшқындар) байланыстыруға және тұтану ықтималдығын анықтауға мүмкіндік береді.

МТЭ ресми анықтамасы - ұшқын ретінде разрядталған кезде қатаң анықталған сынақ жағдайларында тұтанғыш қоспаның ең тұтануға сезімтал концентрациясын тұтандыра алатын электр энергиясының ең аз мөлшері (конденсаторда сақталады).

Кесте 8.1 - Әртүрлі жанғыш заттар үшін тұтану шегі энергиясы

Заттың түрі	Материал	Ең төмен тұтану энергиясы, мДж
Сұйықтық/Бу	Бензин	0.80
	Этанол	0.65
	Пропанол	0.65
	Этилацетат	0.46
	Метан	0.28
	Пропан	0.25
	Этан	0.24
	Гексан	0.24
	Метанол	0.14
	Ацетилен	0.017
	Сутегі	0.011
	Көміртек күкіртті (CS_2)	0.009
Ұнтақ/Қатты бөлшектер	Мырыш ұнтағы	200
	Бидай ұны	50
	Полиэтилен	30
	Қант	30
	Магний	20
	Күкірт	15
	Алюминий ұнтағы	10
	Эпоксидті шайыр	9
	Цирконий	5

Тиісті FIBC түрін таңдау екі негізгі параметрмен анықталады: өңделетін материалдың тұтануға сезімталдығы (оның МТЭ) және жұмыс аймағының ерекше сипаты. FIBC жіктелуіндегі негізгі айырмашылық олардың электростатикалық қасиеттерінде, атап айтқанда, оң жерге қосу қажеттілігінде.

- А типі - полипропиленнен (диэлектрик) жасалған стандартты өнім және ешқандай антистатикалық қорғанысты қамтамасыз етпейді. Оны жарылғыш атмосферада қолдануға болмайды;

- В типті материал төмен тесілу кернеуі бар (6 кВ-тан аз) материалдан жасалған. Бұл қасиет күшті және қауіпті ұшқын разрядтарының пайда болуына жол бермейді. Бұл контейнерлер жанғыш шаңмен пайдалануға жарамды, бірақ жанғыш газдар немесе булар бар ортада пайдалануға тыйым салынады;

- С типі тоқылған өткізгіш талшықтардан жасалған. Оның қауіпсіз жұмысы зарядты ағызу үшін жерге қосу жүйесіне сенімді және міндетті түрде қосылуға байланысты;

- D типі, керісінше, жерге қосуды қажет етпейтін арнайы антистатикалық матадан жасалған. Ол статикалық зарядты тәж разряды арқылы атмосфераға тікелей қауіпсіз түрде таратуға арналған.

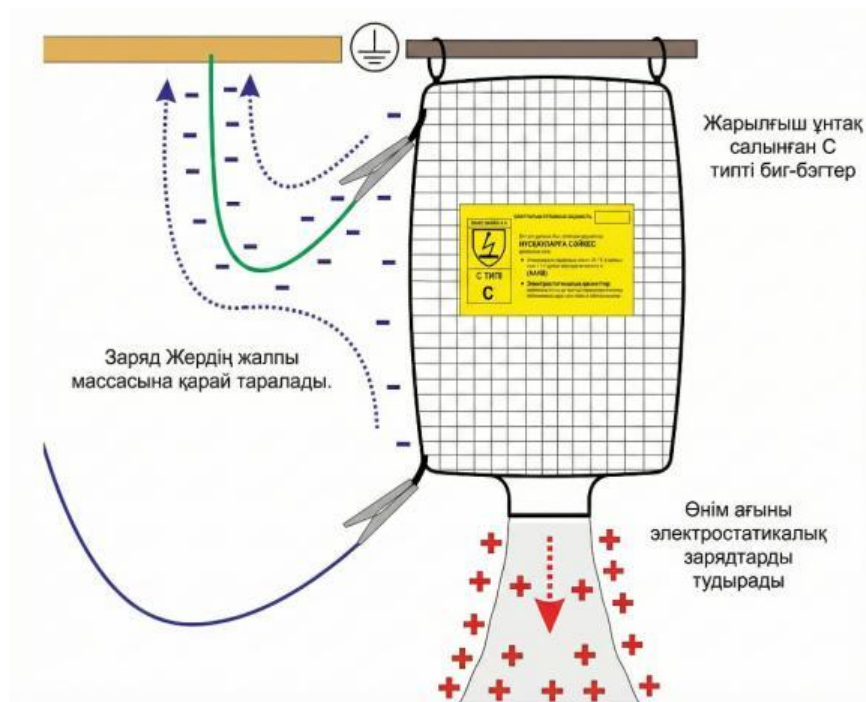
Сондықтан, белгілі бір контейнер түрін пайдалану туралы шешім ұсыныстарда егжей-тегжейлі көрсетілгендей (кесте 8.2) өнімнің МТЭ және қоршаған атмосфера түрін талдауға негізделген.

Кесте 8.2 - Әр түрлі үлкен FIBC пайдалану бойынша ұсыныстар

Шаңның тұтану энергиясы (МТЭ)	Өрт қауіпсіз орта	Шаңға байланысты жарылыс қаупі бар орта	Газ немесе булар бар жарылыс қауіпті орта (ПА/ПВ топтары)
$MTЭ > 1000 \text{ мДж}$	A, B, C, D	B, C, D	C, D
$1000 \text{ мДж} \geq MTЭ > 3 \text{ мДж}$	B, C, D	B, C, D	C, D
$MTЭ \leq 3 \text{ мДж}$	C, D	C, D	C, D

Берілген кестелердегі ақпарат біртұтас «МТЭ-FIBC-Атмосфера» байланысына негізделген қауіпсіздік шешімдерін қабылдаудың бірыңғай алгоритмін құрайды. Бұл таңдау процесі қатаң бірізділікті талап етеді: біріншіден, өңделетін материалдың минималды тұтану энергиясы (МТЭ) анықтамалық кітаптарға жүгіну немесе зертханалық сынақтар жүргізу арқылы анықталуы керек. Екіншіден, жұмыс аймағы дәл сипатталуы керек; мысалы, еріткіш буларының болуы оны автоматты түрде жарылғыш атмосфера ретінде жіктейді. Соңында, осы екі кіріс параметрін пайдаланып, берілген жағдайлар үшін жалғыз қолайлы икемді контейнер (FIBC) түрі таңдалуы керек.

Мысал ретінде, еріткіш булары бар аймақта (жарылғыш газ атмосферасы) 9 мДж МТЭ бар эпоксидті шайырмен жұмыс істеген кезде, 8.2-кесте А немесе В типті контейнерлерді пайдалануға қатаң тыйым салады. Мұндай қауіпті жағдайларда ережелер С типті контейнерлерді (жерге тұйықталуы керек) немесе D типті контейнерлерді пайдалануды анық талап етеді(сурет 8.1).



Сурет 8.1 - Жарылғыш ұнтақтармен жұмыс істеген кезде статикалық электр тогын разрядтау механизмі

8.3 Стандарттар және белсенді жер үсті мониторинг жүйелері

С типті икемді контейнерлерді (FIBC) пайдалану кезінде электростатикалық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін тиісті салалық стандарттарды қатаң сақтау және жерге қосу тізбегін тексеру үшін сенімді инженерлік тәжірибелерді қолдану маңызды.

Барлық нұсқаулық құжаттарға ортақ негізгі талап - С типті контейнердің электрлік кедергісі төмен болуы және тексерілген жерге қосу нүктесіне сенімді түрде қосылуы.

Бұл саланы екі негізгі халықаралық стандарт қамтиды: NFPA 77 (Статикалық электрге практикалық нұсқаулық) және IEC 61340-4-4.

1) NFPA 77 С типті FIBC арнайы жерге қосу ұшымен жабдықталуын талап етеді. Бұл ұш контейнер ішіндегі барлық өткізгіш компоненттерге тексерілген электрлік қосылымға ие болуы керек. Стандарт нақты критерийді белгілейді: осы өткізгіш элементтер мен жерге қосу түйіспесі арасындағы кедергі $1,0 \times 10^7$ Ом аспауы керек;

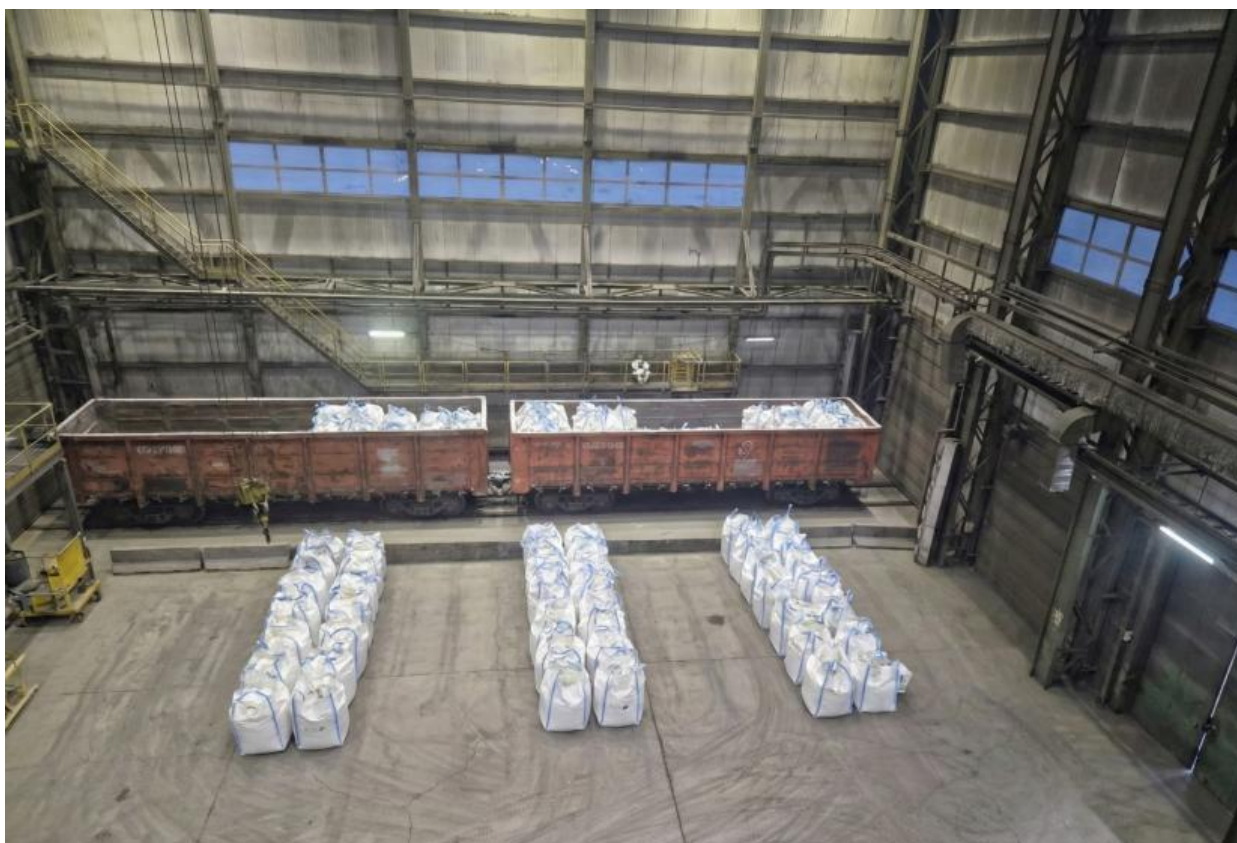
2) IEC 61340-4-4 контейнер арқылы өтетін кедергі 1×10^8 Ом аз болуы керек деген жалпы талапты енгізеді. Дегенмен, ең қауіпті орталар үшін — ең аз тұтану энергиясы (MIE) 3 мДж немесе одан аз болатын тұтанғыш газдармен, булармен немесе шаңдармен жұмыс істеген кезде — бұл стандарт талапты күшейтеді: контейнердің кез келген нүктесінен жерге қосу нүктесіне дейінгі кедергі 1×10^7 Ом аспауы тиіс.

Қарапайым кабель және қысқыш сияқты стандартты жерге қосу құралдарын пайдалану бүкіл қауіпсіздік жүйесін толығымен адам қателігіне

тәуелді етеді. Қайғылы оқиғалар көрсеткендей, бұл «пассивті» тәсіл өте сенімсіз, себебі ол процедуралық қателіктерге толығымен осал: оператор қысқышты қосуды ұмытып кетуі, оны оқшауланған (мысалы, боялған) бетке қателесіп қосуы немесе жұмыс кезінде байланыс үзілуі мүмкін.

Жабдықтың «жобалау» қауіпсіздігі мен «жұмыс» шындығы арасындағы бұл өлімге әкелетін алшақтықты жою үшін белсенді жерді бақылау жүйелері қолданылады. Олардың негізгі айырмашылығы - олар жай ғана қосылымды қамтамасыз етіп қана қоймай, оның сапасын нақты уақыт режимінде үздіксіз тексереді. Мұндай жүйелердің жұмыс принципі үздіксіз диагностикаға негізделген. Құрылғы (көбінесе тізбектің тұтастығын бақылау үшін екі қысқышты пайдаланады) сынақ сигналын ішкі қауіпсіз тізбек арқылы өткізеді. Бұл сигнал бүкіл тізбек арқылы өтеді: жүйеден, қысқыштар арқылы, икемді контейнердің өткізгіш жіптері арқылы, жерге қосу шинасындағы қосылу нүктесіне дейін және кері. Бұл цикл кезінде жүйе жалпы электр кедергісін өлшейді.

Негізгі элемент - оң блоктаулардың болуы. Жүйе өлшенген кедергіні стандарттармен белгіленген қауіпсіз шекті мәнмен үздіксіз салыстырады (мысалы, 10^7 Ом-нан аз). Тек кедергі қолайлы диапазонда болған жағдайда ғана жүйе қосу сигналын шығарады (сурет 8.2).



Сурет 8.2 – Биг Бэг қаптар

Адами қателіктер қаупін азайтудың ең тиімді стратегиясы - сенімді байланыс орнатылмаған жағдайда процестің басталуына физикалық түрде кедергі келтіретін аппараттық блоктау жүйесімен жабдықталған белсенді бақылау жүйелерін біріктіру. Икемді контейнер жеткізушілерін мұқият таңдау да маңызды: сатып алулар тек өнімдері NFPA 77 немесе IEC 61340-4-4 стандарттарының қатаң критерийлеріне сәйкес келетініне кепілдік берілген сертификатталған өндірушілерден ғана жасалуы керек. Техникалық тұрғыдан алғанда, қолданылатын диагностикалық жабдық мата құрылымындағы өткізгіш жіптердің тұтастығын ғана емес, сонымен қатар «шынайы жерге қосу» тізбегіне тікелей қосылудың болуын да тексере алуы керек. Өлшеу жүйесінің жұмыс кедергісінің барлық диапазонында дұрыс жұмыс істеуі, ақаулы контейнерлерді дәл қабылдамауды қамтамасыз ету және қызмет көрсетуге жарамды контейнерлерді пайдаланған кезде жалған дабылдарды жою өте маңызды.

Тек стандартты қысқыштар мен кабельдер сияқты қарапайым жерге қосу әдістеріне ғана сүйену қауіпсіздіктің елесін ғана тудырады, себебі бұл минималды шаралар жасырын жабдық ақауларына немесе сөзсіз адамның немқұрайлылығына қарсы дәрменсіз. Тіпті икемді контейнер түрі мен техникалық жерге қосу схемасын ең мұқият таңдау да, егер персонал әдейі немесе байқаусызда бекітілген ережелерді елемесе, пайдасыз болады. Сондықтан, электростатикалық тұтанудың нақты қаупін бейтараптандыру ресми сәйкестіктен жүйелік тәуекелдерді басқару стратегиясына және зарядты тарату процестерін мұқият жоспарлауға ауысуды талап етеді.

Басқару тұрғысынан алғанда, озық белсенді мониторинг жүйелерін енгізу және персоналды оқыту шығындары пайдалану шығындары ретінде емес, апатты сценарийлердің алдын алуға арналған маңызды стратегиялық инвестициялар ретінде жіктелуі керек. Төтенше жағдайлардан туындайтын жиынтық қаржылық шығындар, соның ішінде медициналық өтемақы, сот істері, айыппұлдар, инфрақұрылымды қалпына келтіру және жұмысқа орналастыру шығындары алдын алу шараларының құнынан бірнеше есе асып түседі. Өткен оқиғаларды талдау салдары физикалық жарақаттардан тысқары шығып, өндірістің тоқтап қалуына, жабдықтың жойылуына және психологиялық жарақат салдарынан білікті персоналдың жоғалуына әкелетінін көрсетеді.

Сайып келгенде, ұзақ мерзімді тұрақтылық пен пайдалылыққа тек сенімді инженерлік кедергілер мен мызғымас корпоративтік қауіпсіздік мәдениетінің кешенді синтезі арқылы ғана кепілдік беруге болады. Техникалық шешімдер негіз болғанымен, статикалық электр физикасы бойынша үнемі, терең оқытусыз және процедуралардан кез келген ауытқуларға қатаң нөлдік төзімділіксіз олар тиімсіз болып қалады. [49]

9 Көтергіш жабдықтар нарығының көшбасшыларын талдау

Cargotec конгломератының бөлімшесі ретінде Kalmar мамандандырылған логистикалық жабдықтардың жаһандық нарығында жетпіс жылдан астам тәжірибесі бар негізгі ойыншы ретінде өзін көрсетті. 1949 жылы Финляндияда құрылған компания порт кешендеріне, қойма терминалдарына және тарату орталықтарына арналған шешімдердің жетекші жеткізушісіне айналды, халықаралық деңгейде өкілдіктердің кең желісін құрды.

Өндірушінің технологиялық портфолиосы контейнерлерді өңдеу жабдықтарының кең ауқымын, соның ішінде гонт крандарын, терминалдық тракторларды, рельсті және доңғалақты көтергіш жабдықтарды қамтиды. Бұл өнімдер теңіз және өзен порттарының, сондай-ақ теміржол жүк станцияларының жұмысын қолдайтын әртүрлі типтегі көлік тораптарында кеңінен қолданылады. Техникалық жабдықтардан басқа, компания жүк ағындарын үйлестіру үшін кешенді автоматтандырылған экожүйелерді ұсынады (сурет 9.1).

Компанияның стратегиялық басымдығы - электрлік мобильділік және автоматтандырылған басқару жүйелері саласында озық шешімдер жасауға бағытталған зерттеулер мен әзірлемелерді белсенді түрде қаржыландыру. Бұл инновацияларды енгізу қауіпсіздік стандарттары мен пайдалану тиімділігін айтарлықтай жақсартуға бағытталған. Үздіксіз даму және технологиялық инновацияларға деген ұмтылыс брендке саладағы көшбасшылық орнын сақтап қалуға, бүкіл әлемдегі тұтынушылардың қажеттіліктерін тез қанағаттандыруға мүмкіндік береді. [50].



Сурет 9.1 – Фин компаниясының өнімдері

ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертация ауыр жұмсақ контейнерлерді қауіпті күрделі түсіруді қауіпсіз, автоматтандырылған процеске айналдыратын кешенді шешімді әзірледі. Негізгі жетістік манипулятордың «интеллектуализациясы» болды: машиналық көру мен нейрондық желіні енгізудің арқасында жүйе енді соқыр жұмыс істемейді. Енді робот сөмкенің дұрыс ұсталғанын тәуелсіз бағалайды және оның қозғалыстарын нақты уақыт режимінде реттейді, бұл икемді контейнерлерді автоматтандырудағы негізгі мәселені - олардың болжанбайтын пішінін жояды.

Жұмыстың негізгі басымдығы - қауіпсіздікті түбегейлі жақсарту. Нақты әлемдегі оқиғаларды талдау нұсқаулар мен адамның бақылауы статикалық шаң жарылыстарының алдын алуда тиімсіз екенін көрсетті. Сондықтан басқару жүйесіне «қатаң» қорғаныс енгізілді: белсенді жер үсті мониторингі енді сенімді байланыс орнатылмаған жағдайда манипулятордың іске қосылуына физикалық түрде кедергі келтіреді. Бұл техникалық шешім адамдарды қауіпті жүктеме аймағынан шығарумен бірге оператордың шаршауына немесе қателігіне тәуелсіз жарақаттар мен апаттарға қарсы сенімді тосқауыл жасайды.

Инженерлік тұрғыдан алғанда, жоба бірқатар виртуалды сынақтар мен модельдеулер арқылы өзінің сенімділігін дәлелдеді. ТРИЗ (өнертапқыштық тәсіл) қолдану жүктемені мықтап, бірақ ақырын ұстап тұратын, матаны жыртпай ұстайтын ұстағыш конструкциясын жасауға көмектесті. Материалдарды таңдау кездейсоқ емес, беріктік есептеулеріне негізделген: болат конструкция алюминий конструкциясына қарағанда орналасу дәлдігі жағынан тиімдірек екені дәлелденді, себебі ол жүктеме кезінде аз деформацияланады, бұл бүкіл жүйенің ұзақ мерзімді және тұрақты жұмысын қамтамасыз етеді.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. Shintake, J.; Cacucciolo, V.; Floreano, D.; Shea, H. Soft Robotic Grippers. *Advanced Materials* 2018, 30, pp. 1707035. <https://doi.org/10.1002/adma.201707035>
2. Hughes, J.; Culha, U.; Giardina, F.; Guenther, F.; Rosendo, A.; Iida, F. Soft Manipulators and Grippers: A Review. *Frontiers in Robotics and AI* 2016, 3, pp. 1–14. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2016.00069/full>
3. Konstantinova, J.; Jiang, A.; Althoefer, K.; Dasgupta, P.; Liu, T. Tactile Sensing in Bulk Material Handling. *IEEE Sensors Journal* 2017, 17, pp. 6426–6437. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7932863>
4. Tai, K.; El-Sayed, A.; Shahriari, M.; Biglarbegan, M.; Mahmud, S. State of the Art: Robotic Grippers in Product Assembly. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 2017, 44, pp. 65–79. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2015.09.005>
5. Gao, G.; Xiao, J. Grasping Strategy for Deformable Objects using a Multi-fingered Robotic Hand. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* 2017, pp. 256–263. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7989645>
6. Zaidi, S.; Corrales, J.A.; Bouzgarrou, B.C.; Mezouar, Y.; Sabourin, L. Model-Based Strategy for Grasping 3D Deformable Objects Using a Multi-Fingered Robotic Hand. *Robotics and Autonomous Systems* 2017, 95, pp. 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2017.06.011>
7. Sanchez, J.; Corrales, J.A.; Bouzgarrou, B.C.; Mezouar, Y. Robotic Manipulation and Sensing of Deformable Objects in Domestic and Industrial Applications: A Survey. *International Journal of Robotics Research* 2018, 37, pp. 688–716. <https://doi.org/10.1177/0278364918779133>
8. Nawda, S.; Abderrahim, M. Handling of Deformable Objects in Industrial Applications: A Review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2019, 105, pp. 2735–2750. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-019-04473-3>
9. Binyamin, M.; Rimai, D.S.; Kurfess, T.R. Automation of Big Bag Filling and Handling Systems. *Journal of Manufacturing Science and Engineering* 2020, 142, pp. 091004. <https://doi.org/10.1115/1.4048321>
10. Wang, Z.; Torigoe, Y.; Hirai, S. A Prestressed Soft Gripper: Design, Modeling, Fabrication, and Tests for Food Handling. *IEEE Robotics and Automation Letters* 2017, 2, pp. 1909–1916. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7944641>
11. Pham, H.L.; Esser, A.; Pfeiffer, S.; Anton, M.; Stork, S. Handling of Non-Rigid Goods in Logistics: Challenges and Solutions. *Logistics Journal* 2019, 2019, pp. 1–12. https://doi.org/10.2195/lj_Proc_pham_en_201912_01
12. Tawk, C.; in het Panhuis, M.; Spinks, G.M.; Alici, G. Bio-inspired 3D Printed Soft Vacuum Actuators for Handling Fragile Objects. *Soft Robotics* 2018, 5, pp. 685–694. <https://doi.org/10.1089/soro.2017.0087>

13. Bläsi, D.; Stuecheli, M. Automated Handling of FIBCs (Big Bags) in Chemical Logistics. *Bulk Solids Handling* 2018, 38, pp. 34–39. <https://www.bulk-online.com/en/article/automated-handling>
14. Kozlov, A.; Petrov, P. Automation of Loading and Unloading Operations of Big-Bags in Warehouse Logistics. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 2020, 709, pp. 033088. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/709/3/033088>
15. Gerez, L.; Chang, C.M.; Liarokapis, M. A Hybrid, Motor-Tendon Actuated Soft Hand for Grasping and Manipulation of Deformable Objects. *IEEE International Conference on Soft Robotics* 2020, pp. 435–441. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9115982>
16. Siemens AG. SIMATIC S7-1500/ET 200MP Manual Collection; Siemens Industry Online Support: Nuremberg, 2023; pp. 1–2540. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/86140384/>
17. Siemens AG. Programming Guide for S7-1200/S7-1500; Entry ID: 81318674, 2021; pp. 1–138. <https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/81318674>
18. Berger, H. Automating with SIMATIC S7-1500: Configuring, Programming and Testing with STEP 7 Professional; Wiley-VCH: Weinheim, 2017; pp. 1–850. <https://www.wiley.com/en-us/Automating+with+SIMATIC+S7+1500-p-9783895784605>
19. Siemens AG. SIMATIC S7-1200 Programmable Controller System Manual; Siemens AG: Nuremberg, 2022; pp. 1–1650. <https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109797241>
20. Kaftan, J. Practical Industrial Data Communications: Best Practice Techniques; Elsevier: Amsterdam, 2019; pp. 101–350. <https://www.sciencedirect.com/book/9780750658072/practical-industrial-data-communications>
21. Langmann, R.; Stiller, M. The PLC as a Smart Service in Industry 4.0. *Applied Sciences* 2019, 9, pp. 3815. <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/18/3815>
22. Siemens AG. SIMATIC S7-PLCSIM Advanced: Function Manual; Siemens AG: Nuremberg, 2021; pp. 1–284. <https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109795016>
23. Gonzalez, I.; Calderon, A.J.; Figueiredo, J.; Sousa, J.M.C. A Mechatronic System Controlled by a PLC for Educational Purposes. *IEEE Access* 2017, 5, pp. 2487–2498. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7864455>
24. Siemens AG. Industrial Ethernet / PROFINET System Manual; Siemens AG: Nuremberg, 2020; pp. 1–412. <https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/19292127>
25. Modbus Organization. Modbus Messaging on TCP/IP Implementation Guide V1.0b; Modbus.org, 2018; pp. 1–46. https://modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf
26. Siemens AG. S7-1200 Motion Control V6.0 to V7.0 Function Manual; Siemens AG: Nuremberg, 2021; pp. 1–320. <https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109773400>

27. Al-Chalabi, H.; Lund, D. PLC Programming with SIMATIC S7-1500 (TIA Portal); Independently published, 2019; pp. 15–210. <https://www.amazon.com/PLC-Programming-SIMATIC-S7-1500-Portal/dp/1795493026>
28. Siemens AG. WinCC V7.5 SP2: Working with WinCC; System Manual, 2020; pp. 1–2100. <https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109792647>
29. Krug, M.; O'Neil, E. Industrial Automation with Siemens S7-1500 and TIA Portal. IEEE Industrial Electronics Magazine 2018, 12, pp. 6–15. <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=4154>
30. Siemens AG. PID Control with SIMATIC S7-1200/S7-1500; Application Example, 2021; pp. 1–68. <https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/109746374>
31. Siciliano, B.; Khatib, O. Springer Handbook of Robotics, 2nd ed.; Springer: Berlin, 2016; pp. 125–150. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-30301-5>
32. Craig, J.J. Introduction to Robotics: Mechanics and Control, 4th ed.; Pearson: New York, 2018; pp. 75–120. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/introduction-to-robotics-mechanics-and-control/P200000003504>
33. Corke, P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB; Springer: Berlin, 2017; pp. 200–245. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-54413-7>
34. Spong, M.W.; Hutchinson, S.; Vidyasagar, M. Robot Modeling and Control, 2nd ed.; Wiley: Hoboken, 2020; pp. 150–190. <https://www.wiley.com/en-us/Robot+Modeling+and+Control%2C+2nd+Edition-p-9781119524836>
35. Lynch, K.M.; Park, F.C. Modern Robotics: Mechanics, Planning, and Control; Cambridge University Press: Cambridge, 2017; pp. 300–350. http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Modern_Robotics
36. IFR International Federation of Robotics. World Robotics 2021: Industrial Robots; VDMA: Frankfurt, 2021; pp. 1–25. <https://ifr.org/worldrobotics/>
37. Kuka AG. KUKA System Software 8.5: Operating and Programming Instructions; Kuka AG: Augsburg, 2019; pp. 1–550. <https://www.kuka.com/en-de/services/downloads>
38. Abbasi, S.; Fesharakifard, R. Optimal Design of a Hydraulic Manipulator for Heavy Load Handling. International Journal of Mechanics and Applications 2018, 8, pp. 1–9. <http://article.sapub.org/10.5923.j.mechanics.20180801.01.html>
39. Fanuc Corp. R-30iB Plus Controller Maintenance Manual; Fanuc America: Rochester Hills, 2018; pp. 1–980. <https://www.fanucamerica.com/support>
40. Yaskawa Electric Corp. MOTOMAN Manipulator Manual; Yaskawa: Kitakyushu, 2020; pp. 1–420. <https://www.yaskawa.com/products/robotics/industrial-robots>
41. Groover, M.P. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing, 5th ed.; Pearson: New York, 2019; pp. 250–310. <https://www.pearson.com/store/p/automation-production-systems-and-computer-integrated-manufacturing/P100000854495>

42. Bolton, W. *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering*, 7th ed.; Pearson: London, 2019; pp. 110–145. <https://www.pearson.com/en-gb/subject-catalog/p/mechatronics-electronic-control-systems-in-mechanical-and-electrical-engineering/P200000004128>
43. Alciatore, D.G. *Introduction to Mechatronics and Measurement Systems*, 5th ed.; McGraw-Hill: New York, 2019; pp. 50–95. <https://www.mheducation.com/highered/product/introduction-mechatronics-measurement-systems-alciatore/M9780073380230.html>
44. Bishop, R.H. *Mechatronics: An Introduction*; CRC Press: Boca Raton, 2017; pp. 20–48. <https://www.routledge.com/Mechatronics-An-Introduction/Bishop/p/book/9780849363580>
45. Regtien, P.P.L.; Dertien, E. *Sensors for Mechatronics*, 2nd ed.; Elsevier: Amsterdam, 2018; pp. 150–185. <https://www.sciencedirect.com/book/9780128138106/sensors-for-mechatronics>
46. Fraden, J. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*, 5th ed.; Springer: San Diego, 2016; pp. 300–345. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-19300-0>
47. Novickij, J. Manipulators for Handling Flexible Containers in Logistics. *Logistics & Transport* 2021, 12, pp. 42–49. <https://doi.org/10.26411/83-1734-2015-2-42-4-19>
48. Siemens AG. *SINAMICS S120 Commissioning Manual*; Siemens AG: Nuremberg, 2020; pp. 1–680. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109781582>
49. Chen, F.; Dong, Y. Robot Learning for Manipulation of Deformable Objects: A Review. *arXiv preprint* 2022, arXiv:2205.04753, pp. 1–18. <https://arxiv.org/abs/2205.04753>
50. ISO. *ISO 21898:2004 (Confirmed 2019). Packaging — Flexible intermediate bulk containers (FIBCs) for non-dangerous goods*; International Organization for Standardization: Geneva, 2019; pp. 1–32. <https://www.iso.org/standard/35343.html>



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

7M07107 - «Робототехника және мехатроника» білім беру бағдарламасы

Қурмашев Б.Ғ. магистрлік диссертациясына ғылыми жетекшіден берілген

ПІКІР

Тақырыбы: « 0,5-1 тонналық тығыздалған жұмсақ контейнерлерді түсіруге
арналған манипуляторды әзірлеу »

Магистрант Қурмашев Бекжан Ғабитұлының диссертациялық жұмысы өндірістік логистика мен автоматтандырудың маңызды бағыты – ауыр жүк контейнерлерін (биг-бэгтерді) түсіру процесін роботтандыруға арналған. Жұмыс барысында білім алушы тақырыптың өзектілігін дұрыс негіздеп, қолданыстағы технологияларды терең талдай отырып, өндірістік қауіпсіздік пен тиімділікті арттыруға бағытталған жаңа инженерлік шешім ұсынды.

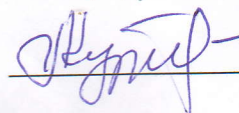
Зерттеу барысында магистрант манипулятордың кинематикалық және динамикалық есептеулерін жүргізіп, Siemens TIA Portal ортасында автоматтандырылған басқару жүйесін сәтті жобалады. Әсіресе, биг-бэгтердің физикалық ерекшеліктерін ескеретін ұстау механизмін оңтайландыруы және PLC негізіндегі адаптивті басқару алгоритмдерін енгізуі оның инженерлік дайындығының жоғары деңгейін көрсетеді.

Қурмашев Б.Ғ. ғылыми ізденіс кезінде жоғары жауапкершілік, дербестік және зерттеушілік қабілет танытты. Жұмыстың нәтижелері виртуалды ортада (PLCSIM) тестіленіп, оң нәтижелер көрсетті, сондай-ақ негізгі тұжырымдар ғылыми жарияланымдар арқылы көпшілікке ұсынылды. Бұл зерттеудің нәтижелері нақты өндірістік міндеттерді шешуге дайын екендігін айқындайды.

Қорытындылай келе, диссертациялық жұмыс магистратураның барлық талаптарына сәйкес орындалған, аяқталған ғылыми еңбек болып табылады. Магистрант Қурмашев Б.Ғ. 7M07107 «Робототехника және мехатроника» ББ бойынша магистр академиялық дәрежесін алуға, ал диссертациялық жұмыс 95% бағалаймын.

Ғылыми жетекші

т.ғ.к., қауымдастырылған профессор

 Курманғалиева Л.А.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Курмашев Бекжан Ғабитұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: 0,5-1 тонналық тығыздалған жұмсақ контейнерлерді түсіруге арналған манипуляторды әзірлеу

Научный руководитель: Ляззат Курмангалиева

Коэффициент Подобия 1: 0.4

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 105

Знаки из здругих алфавитов: 19

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2026-01-06

Дата

Заведующий кафедрой



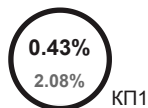
Отчет подобия

Метаданные

Название организации		Подразделение		
Satbayev University		ИАиИТ		
Название				
0,5-1 тонналық тығыздалған жұмсақ контейнерлерді түсіруге арналған манипуляторды өзірлеу				
Автор		Научный руководитель / Эксперт		
Құрмашев Бекжан Ғабитұлы		Ляззат Құрманғалиева		
Количество слов	Количество символов	Дата отчета	Дата редактирования	Идентификатор документа
14790	121745	1/6/2026	1/6/2026	333043278

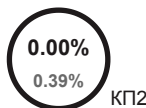
Объем найденных подоби

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.



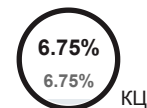
25

Длина фразы для коэффициента подоби 2



14790

Количество слов



121745

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		19
Интервалы		0
Микропробелы		105
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		17

Источники

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 Подоби 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	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-13343-5_5	29 0.20 %
2	https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-dinamicheskogo-momenta-v-glavnoy-linii-prokatnoy-kleti-toistolstovogo-stana	29 0.20 %
3	Pulse-driven MEMS gas sensor combined with machine learning for selective gas identification Dai, Fa, Liu, Yijun, Li, Mingjie, Luo, Wenxin, Wang, Xin;	20 0.14 %

4	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-18072-0_9	20 0.14 %
5	https://www.mdpi.com/1996-1073/13/11/2825	19 0.13 %
6	http://pdclab.seas.ucla.edu/Publications/Malhajeri/Alhajeri_2023.pdf	18 0.12 %
7	https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0892705720930782	17 0.11 %
8	Double Lighting Machine Vision System to Monitor Harvested Paddy Grain Quality during Head-Feeding Combine Harvester Operation Naoshi Kondo, Kazuya Yamamoto, Tetsuhito Suzuki, Yuichi Ogawa, Usman Ahmad, Harshana Habaragamuwa, Mahirah Jahari, Munenori Miyamoto;	16 0.11 %
9	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11117635/	16 0.11 %
10	https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-kompensatsii-dinamicheskikh-nagruzok-elektroprivoda-prokatnoy-kleti-za-schet-operezhayushchego-uvelicheniya-skorosti	13 0.09 %

База данных RefBooks (0.52 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
Источник: Paperity		
1	Designing a computer-vision-based artifact for automated quality control: a case study in the food industry Kühl, Niklas, Xiong, Felix, Stauder, Maximilian;	27 (3) 0.18 %
2	Double Lighting Machine Vision System to Monitor Harvested Paddy Grain Quality during Head-Feeding Combine Harvester Operation Naoshi Kondo, Kazuya Yamamoto, Tetsuhito Suzuki, Yuichi Ogawa, Usman Ahmad, Harshana Habaragamuwa, Mahirah Jahari, Munenori Miyamoto;	24 (2) 0.16 %
3	Pulse-driven MEMS gas sensor combined with machine learning for selective gas identification Dai, Fa, Liu, Yijun, Li, Mingjie, Luo, Wenxin, Wang, Xin;	20 (1) 0.14 %
4	Research on defect detection of bottle cap interior based on low-angle and large divergence angle vision system Chen Li, Yongjing Yin, Pi Yuan, Yujie Yan, Bowen Chen;	6 (1) 0.04 %

Домашняя база данных (0.00 %)

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

Программа обмена базами данных (0.00 %)

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

Интернет (1.56 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
5	https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-kompensatsii-dinamicheskikh-nagruzok-elektroprivoda-prokatnoy-kleti-za-schet-operezhayushchego-uvelicheniya-skorosti	35 (3) 0.24 %
6	https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-dinamicheskogo-momenta-v-glavnoy-linii-prokatnoy-kleti-tolstolistovogo-stana	29 (1) 0.20 %
7	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-13343-5_5	29 (1) 0.20 %
8	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-18072-0_9	20 (1) 0.14 %

9	https://www.mdpi.com/1996-1073/13/11/2825	19 (1) 0.13 %
10	https://thescipub.com/pdf/ajeassp.2018.297.308.pdf	18 (3) 0.12 %
11	http://pdclab.seas.ucla.edu/Publications/Malhajeri/Alhajeri_2023.pdf	18 (1) 0.12 %
12	https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0892705720930782	17 (1) 0.11 %
13	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11117635/	16 (1) 0.11 %
14	https://www.mdpi.com/2075-1702/3/2/93/htm	11 (1) 0.07 %
15	https://dl.acm.org/doi/abs/10.1109/CEC48606.2020.9185513	11 (1) 0.07 %
16	https://www.semanticscholar.org/paper/Quality-inspection-improvement-for-cheese-packaging-Wang-Cheng/019e79e64c89fbb3843234dcdb9c021fca7802ff	8 (1) 0.05 %

Исключенные фрагменты

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
	Designing a computer-vision-based artifact for a... ☒	27 (0.18%)
	Double Lighting Machine Vision System to Monitor... ☒	24 (0.16%)
	Pulse-driven MEMS gas sensor combined with machi... ☒	20 (0.14%)
	Research on defect detection of bottle cap inter... ☒	6 (0.04%)
	https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-kompens... ☒	35 (0.24%)
	https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-dina... ☒	29 (0.20%)
	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-... ☒	29 (0.20%)
	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-... ☒	20 (0.14%)
	https://www.mdpi.com/1996-1073/13/11/2825 ☒	19 (0.13%)
	http://pdclab.seas.ucla.edu/Publications/Malhaje... ☒	18 (0.12%)
	https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0892705... ☒	17 (0.11%)

CERTIFICATE

is awarded to

Kurmashev Bekzhan

for being an active participant in
XI International Scientific and Practical Conference

“EUROPEAN CONGRESS OF SCIENTIFIC DISCOVERY”

24 Hours of Participation
(0,8 ECTS credits)

MADRID

13-15 October 2025

sci-conf.com.ua



НОВАЯ НАУКА

Международный центр
научного партнерства



NEW SCIENCE

International Center
for Scientific Partnership

СЕРТИФИКАТ

настоящим удостоверяется, что

**Курмашев
Бекжан Габитулы**

магистрант
Satbayev University

принял(а) участие
в XVI Международной научно-практической конференции

НАУКА МОЛОДЫХ – НАУКА БУДУЩЕГО

16 октября 2025 г.
Российская Федерация
г. Петрозаводск



Директор
МЦНП «НОВАЯ НАУКА»
И.И. Ивановская



НОВАЯ НАУКА
Международный центр
научного партнерства

e **LIBRARY.RU**



Crossref