ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Коммерциялық емес акционерлік қоғам
«ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Ғарыштық инженерия кафедрасы

«ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ»

Кафедра меңгерушісі: PhD, доцент Алипбаев К.А.

_____ «___» _____ 2021ж.

(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Айналмалы жұптары бар үш еркіндік дәрежесі бар манипуляциялық роботтарды жобалау
Мамандығы: 5В074600 – Ғарыштық техника және технологиялар
Орындаған: Мұхамбетиярова А.Ғ. Тобы: КТТ(СУЛА)к-17-1
Ғылыми жетекшісі: PhD, доцент Шингисов Б.Т.

_____ «___» _____ 2021ж.

(қолы)

Кеңесшілер:

экономикалық бөлім бойынша: т.ғ.д., доцент. Салыкова М.

_____ «___» _____ 2021ж.

(қолы)

тіршілік қауіпсіздігі бойынша: аға оқытушы Сапаев Т.М

_____ «___» _____ 2021ж.

(қолы)

Нормативті бақылаушы: PhD, доцент Алипбаев К.А.

_____ «___» _____ 2021ж.

(қолы)

Рецензент: т.ғ.к., аға оқытушы Ералиев А.К.

_____ «___» _____ 2021ж.

(қолы)

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Коммерциялық емес акционерлік қоғам
«ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Телекоммуникация және ғарыш техникасы институты
«Ғарыштық инженерия» кафедрасы
«Ғарыштық техника және технологиялар» мамандығы

дипломдық жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Мұхамбетиярова Ақерке Ғабитқызы

Жұмыстың тақырыбы: «Айналмалы жұптары бар үш еркіндік дәрежесі бар манипуляциялық роботтарды жобалау»

20__ ж. «__» ____№___ ректордың бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «7» *маусым 2021 ж.*

Жұмысқа алғашқы деректер (талап етілетін жобалау (зерттеу) нәтижелерінің параметрлері): *Еркіндік қозғалысы 3 дәрежелі манипуляциялық роботтың 3Д моделі; жұмыс істеу принципі.*

Міндеттер:

1. Өндірістік робот-манипуляторлардың тарихы, артықшылықтары:

2. Манипуляциялық роботтың жұмыс істеу принциптері;

2.1. Роботтың 3Д моделі;

3. Робот-манипулятордың кинематикасы, жұмыс кеңістігі;

4. Инвестициялық шығындарды есептеу;

5. Жарықтануды есептеу.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Лесков А.Г., Бажинова К.В., Сильверстова Е.В. – Кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов, 2017. – 103 с.

2. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. – Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов, 1986. – 264 с.

3. Черноусько Ф.Л., Болотник Н.Н., Градецкий В.Г. – Манипуляционные роботы: динамика, управление, оптимизация, 1989. – 363 с.

4. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление, 2007. – 488

Дипломдық жобаны дайындау

КЕСТЕСІ

№	Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелер тізбесі	Ғылыми жетекшіге және консультанттарға ұсыну мерзімдері	Ескертпе
1	Кіріспе	14.03.2021	
2	Технологиялық бөлім	01.04.2021	
3	Еркіндік қозғалысы үш дәрежелі айналмалы жұпты манипуляциялық роботты жобалау	15.04.2021	
4	Есептік бөлім	02.05.2021	
5	Экономикалық бөлім	21.05.2021	
6	Өмір-тіршілік қауіпсіздігі және еңбек қорғау бөлімі	23.05.2021	

Тапсырманың берілген күні «__» _____ 2021ж.

Кафедра меңгерушісі _____ PhD, доцент Алипбаев К.А.
(қолы)

Жетекшісі _____ PhD, доцент Шингисов Б.Т.
(қолы)

Тапсырманы орындауға қабылдады _____ студент Мұхамбетиярова А.Ғ.
(қолы)

Алматы 2021

Аңдатпа

Бұл дипломдық жұмыс «Айналмалы жұптары бар үш еркіндік дәрежесі бар манипуляциялық роботтарды жобалау» тақырыбында жазылған. Дипломдық жұмыс 5 бөлімнен тұрады, соның ішінде – өмір-тіршілік қауіпсіздігі және экономикалық бөлімдері. Жұмыстың көлемі – 54 бет.

Бірінші бөлімде манипуляциялық роботтардың шығу тарихы, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері, жетекші өндірушілері қарастырылған. Сонымен қатар, сұрыптауға арналған манипуляциялық роботқа сипаттама берілген.

Арнайы бөлімде манипуляциялық роботтың 3Д моделі сызылды. Есептік бөлімде манипуляциялық роботқа кинематикалық талдау жүргізілген және жұмыс кеңістігінің теңдеуі жазылған.

Экономикалық бөлімде осы дипломдық жұмысқа бизнес-жоспар құрылды. Бизнес-жоспар құрамында инвестициялық шығындар мен экономикалық тиімділігі есептелінді.

Өмір-тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде еңбек жағдайлары талданды және кабинеттің табиғи мен жасанды жарықтануы есептелінді.

Аннотация

Эта дипломная работа написано на тему «Проектирование манипуляционных роботов с тремя степенями свободы с вращательными парами». Работа состоит из 5 глав, в том числе, раздел безопасности жизнедеятельности и экономический раздел. Объем работы – 54 страниц.

В первом разделе рассказывается история манипуляционных роботов, их достоинства и недостатки, а также их ведущие производители. Также есть описание робота-манипулятора для сортировки.

В специальном разделе была нарисована 3D-модель робота-манипулятора. В разделе расчетов был проведен кинематический анализ манипуляционного робота и написано уравнение рабочего пространства.

В экономической части разработан бизнес-план для этой дипломной работы. В бизнес-плане рассчитаны инвестиционные затраты и экономическая эффективность.

Проанализированы условия работы в главе безопасности жизнедеятельности и произведен расчет естественного и искусственного освещения помещения.

Abstract

This diploma work is written on the topic "Design of manipulative robots with three degrees of freedom rotating pairs". The work consists of 5 chapters, including the section on life safety and the economic section. The volume of the diploma work is 54 pages.

The first section tells the history of manipulation robots, their advantages and disadvantages, as well as their leading manufacturers. There is also a description of a sorting robot arm.

In a special section, a 3D model of a robotic arm was drawn. In the calculation section, a kinematic analysis of the manipulation robot was carried out and the equation of the working space was written.

In the economic part, a business plan has been developed for this thesis. The business plan calculates investment costs and economic efficiency.

The working conditions in the chapter on life safety are analyzed and the calculation of natural and artificial lighting of the room is made.

Мазмұны

Кіріспе 8
1 Технологиялық бөлім 9
1.1 Манипуляторлық роботтардың тарихы 9
1.2 Өндірістік роботтарды пайдаланудың артықшылықтары мен кемшіліктері 11
1.3 Өнеркәсіптегі манипуляциялық роботтар 13
1.4 Өнеркәсіптегі роботтардың жетекші әзірлеушілері 16
1.4.1 KUKA, Германия 16
1.4.2 ABB, Швеция және Швейцария 17
1.4.3 FANUC, Жапония 17
1.4.4 Panasonic, Жапония 18
1.4.5 OTC Daihen, Жапония 19
1.4.6 YASKAWA Electric, Жапония 19
1.4.7 Kawasaki, Жапония 20
1.5 Іріктеуге арналған робот-манипуляторлар 20
2 Еркіндік қозғалысы үш дәрежелі айналмалы жұпты манипуляциялық роботты жобалау 22
2.1 Роботтың жұмыс істеу принциптері 22
2.2 Сервомоторлар 23
2.3 Микроконтроллерлер 26
3 Есептік бөлім 30
3.1 Қима модулі 30
3.2 Статикалық айналмалы момент 31
3.3 Алға кинематикасы 31
3.4 Кері кинематика 35
3.5 Жұмыс кеңістігі 37
4 Экономикалық бөлім 39
4.1 Жұмыстың мақсаттары мен міндеттері 39
4.2 Бизнес-жоспар 39
4.3 Түйіндеме 39
4.4 Нарықтағы құрал-жабдықтарды талдау 40
4.5 Инвестициялық шығындар 40
4.6 Экономикалық тиімділігі 42
4.7. Жобаның ықтимал бағасын анықтау 42
5 Өмір-тіршілік қауіпсіздігі және еңбек қорғау бөлімі 44
5.1 Еңбек жағдайларын талдау 44
5.2 Бөлменің табиғи жарықтануын есептеу 46
5.3 Бөлменің жасанды жарықтануын есептеу 49
5.4 Өмір-тіршілік қауіпсіздігі бөлімі бойынша қорытынды 50
Қорытынды 51
Пайданылған әдебиеттер тізімі 52

Кіріспе

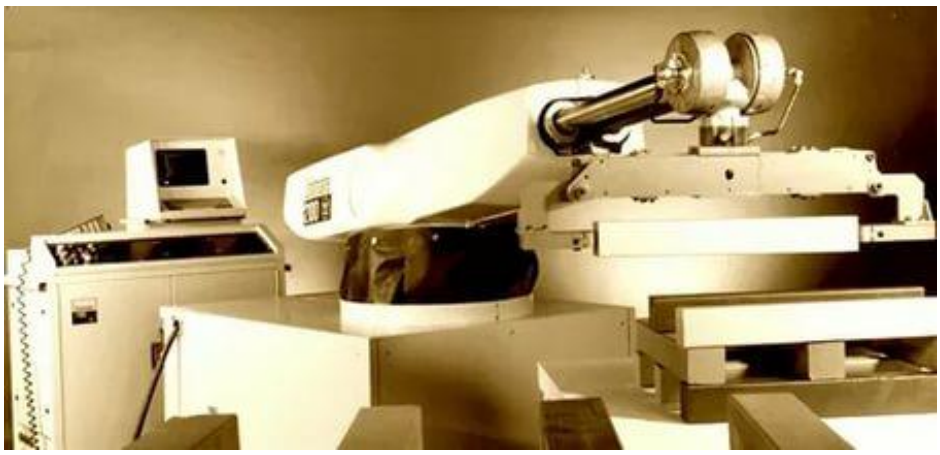
Жұмысты дәл және нақты орындау үшін роботтарды адам еңбегінің орнына пайдалану, еңбектің өнімділігін арттырады және өндірістің шығынын азайтады. Манипуляциялық робот айналмалы түйіндерді соңғы эффектормен байланыстыратын буындардан тұрады. Түйіндердің саны роботталған қолдың еркіндік дәрежесінің санын білдіреді. Түйіндер, бекітілген буындарды айналдыру үшін қажетті моментті қамтамасыз ететін сервомоторлардың көмегімен іске қосылады. Микроконтроллерлер сервомотор біліктерінің бұрыштық қозғалысын басқаруға қажетті электр сигналдарын жіберу үшін қолданылады.

Бұл дипломдық жұмыста үш еркіндік дәрежесі бар робот қолына жобалау процедурасы мен есептеулері келтірілген. Осы жұмыста талқыланған роботты қолданудың мысалы – заттарды түсі бойынша сұрыптау роботы. Үш еркіндік дәрежесі бар манипулятордың алға және кері кинематикасы орнатылды. Алға кинематикасы берілген бұрылу бұрыштары үшін соңғы эффектордың орны мен бағытын сипаттайды. Ал, кері кинематика, соңғы эффектордың қалаған позициясы мен бағдарына жету үшін қажет түйісу бұрыштарын анықтайды. Сонымен қатар, статикалық моменттер, сәйкес келетін көлденең қималар және жұмыс кеңістігі анықталды.

1 Технологиялық бөлім

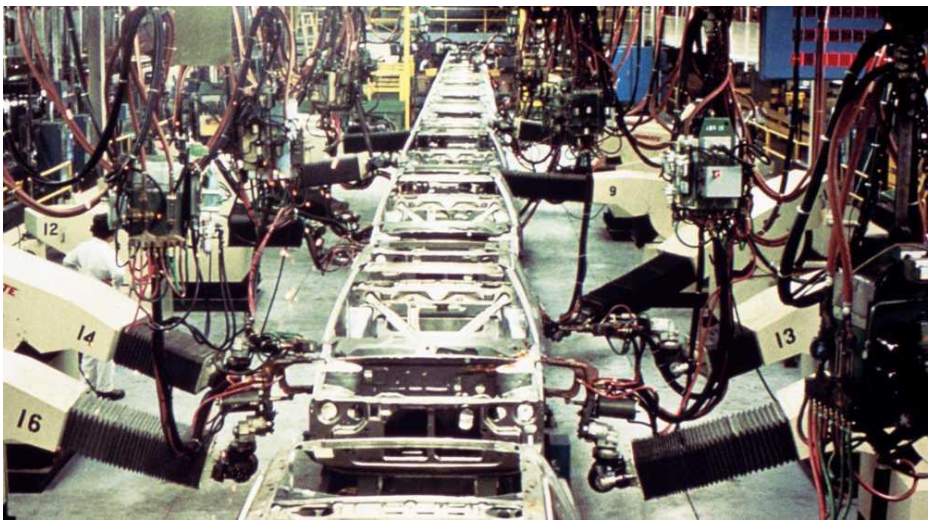
1.1 Манипуляторлық роботтардың тарихы

Өнеркәсіптік роботтардың тарихы 1950 жылдардан басталады. Алғашқы роботтар сол жылы пайда болды және олар аспаптарды жасауға, қарапайым монотонды процестерге бағытталды. Бірінші роботты қолды өнертапқыш Джордж Девол жасады, робот салмағы екі тоннаға жуықтады. Манипулятор магниттік барабанда жазылған бағдарламамен басқарылды. Бұл роботқа алғашқы патент 1961 жылы алынды және Unimation Inc. құрылды (Сурет 1.1).



Сурет 1.1 - Unimate роботы

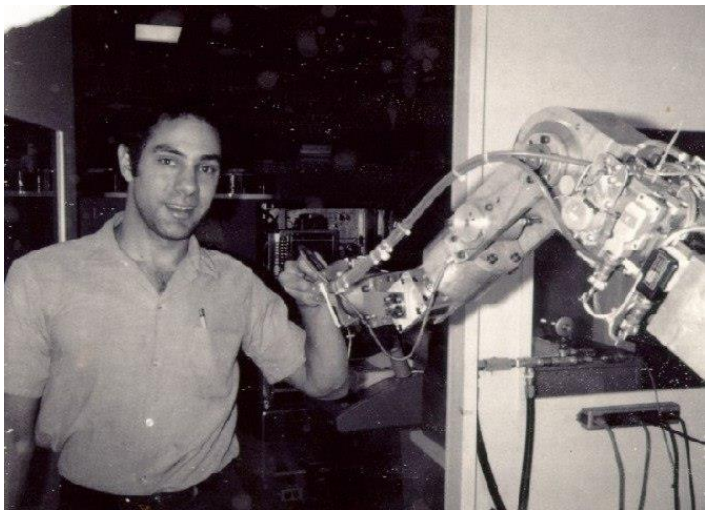
Бірінші Unimate роботы General Motors (Сурет 1.2), Нью-Джерси, 1961 жылы жөнелтілді, содан кейін Chrysler және Ford зауыттары. Unimate роботы күшейткіштермен жасалған және магниттік барабанда жазылған әрекеттер тізбегін орындау үшін жалпыланған координаттарда бағдарламаланған. Роботталған қолдың 5 еркіндік дәрежесі және екі саусақпен ұстағыш болған. Жұмыстың дәлдігі 1,25 мм-ге дейін өсті және адамдарға қарағанда өнімді бола бастады, яғни жұмысты тиімді және жылдам орындады.



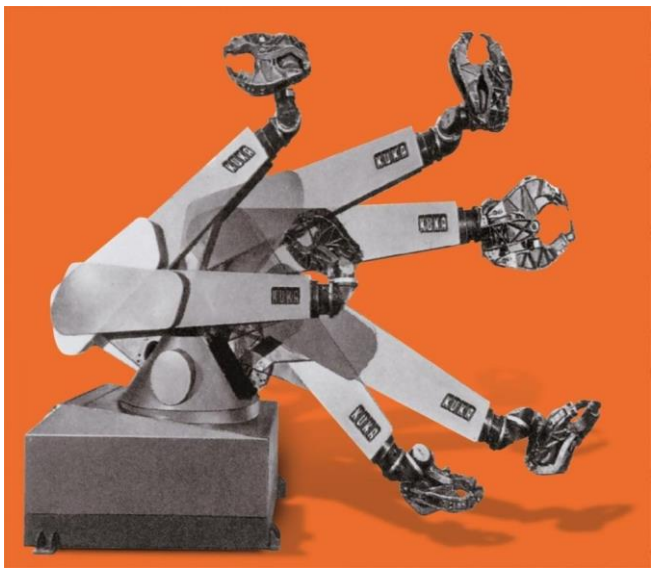
Сурет 1.2 - Unimate роботы General Motors зауытында

Кейінірек Unimation өз технологиясын Kawasaki Heavy Industries және GuestNettlefold-қа ауыстырды, осылайша Жапония мен Ұлыбританияда Unimate роботының өндірісі ашылды.

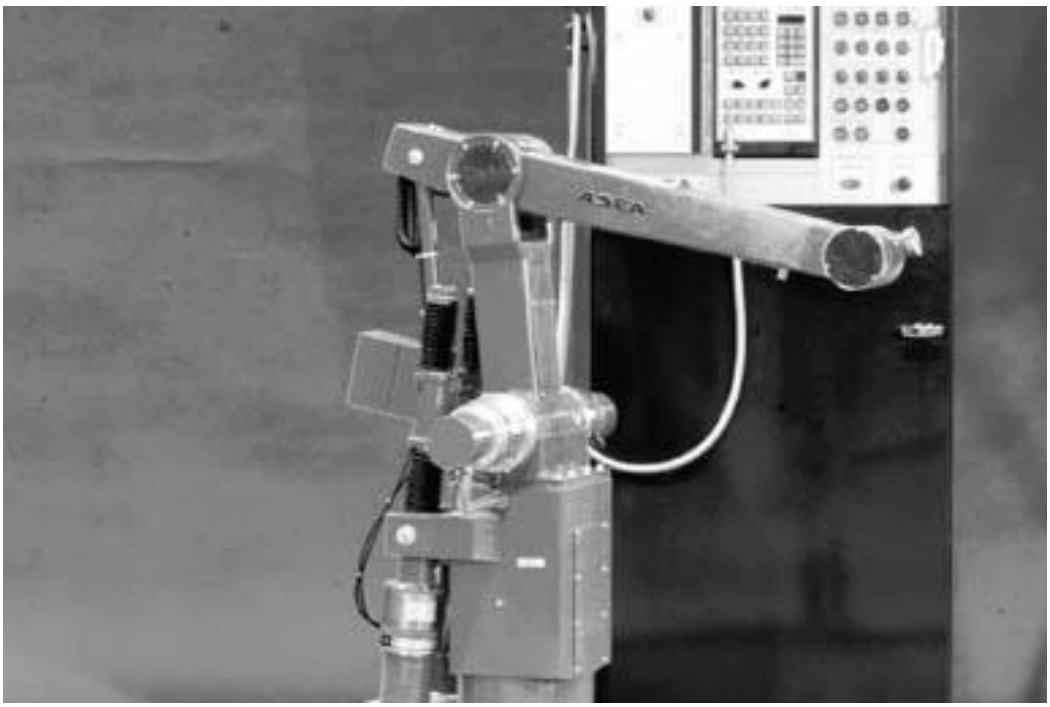
1967 жылдан бастап Еуропада өнеркәсіптік роботтар пайда болды, олар суретшілер мен дәнекерлеушілердің жұмысын зерттеп, игере бастайды. 1969 жылы Стэнфорд университетінің машина жасау факультетінің студенті Виктор Шейнман электр жетектері мен компьютерлік басқаруы бар «Стэнфорд Арм» деп аталатын заманауи роботтың прототипін жасады (Сурет 1.3). 1969 жылы Nachi робототехника саласында өндірісті бастады. 1973 жылы KUKA Robotics неміс компаниясы өзінің алғашқы Famulus роботын ұсынды (Сурет 1.4). Швейцарияның ABB Robotics компаниясы нарыққа ASEA роботын ұсынды (Сурет 1.5). Екі роботта да алты электромеханикалық приводты буын бар. 1974 жылы Fanuc компаниясында өнеркәсіптік роботтар әзірленіп, өндіріле бастайды, ал 1977 жылы Motoman компаниясында алғашқы Yaskawa роботты пайда болады.



Сурет 1.3 - Виктор Шейнман өзінің «Стэнфорд Арм» атты роботымен



Сурет 1.4 - KUKA Robotics компаниясының алғашқы Famulus роботы



Сурет 1.5 - ABB Robotics компаниясының ASEA роботы

Өнеркәсіптік робототехниканың одан әрі өсуі компьютерлердің, электрониканың дамуымен және автомобиль нарығында роботтардың негізгі тұтынушылары болып табылатын компаниялардың кеңеюімен байланысты болды. 1980 жылдары General Motors автоматтандыруға 40 миллиард доллардан астам қаражат жұмсаған. Роботтардың негізгі нарығы – көптеген компаниялар орналасқан Жапонияның ішкі нарығы болып келеді. Оларға мысал келтірсек: Kawada, Yaskawa, Fuji, Denso, Epson, Fanuc, Intelligent Actuator, Kawasaki, Nachi, Nidec. 1995 жылы бүкіл әлемде қолданылып жүрген 700000 роботтың 500000-ы Жапонияда болған.

1.2 Өндірістік роботтарды пайдаланудың артықшылықтары мен кемшіліктері

Көптеген жағдайларда заманауи өндірістік робот-манипуляторлар қол еңбегін алмастырады. Осылайша, робот құралды құралға бекітеді және бөлшектерді өңдейді немесе оларды әрі қарай өңдеу үшін жұмыс аймағына жібереді. Роботтың бірнеше шектеулері бар, мысалы, қол жетімділік аймағы, жүк көтергіштігі, кедергілерден аулақ болу, әр қозғалысты алдын ала бағдарламалау қажеттілігі. Бірақ жүйені дұрыс қолдану және алдын-ала талдау кезінде робот бірқатар өндірістік артықшылықтар бере алады, жұмыс процесінің сапасы мен тиімділігін арттырады.

Роботты өңдеу процесіне енгізудің өзектілігін бағалау үшін өнеркәсіпте роботты пайдаланудың бірқатар артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Артықшылықтарын айта кететін болсам, олар келесідегідей:

1. Өнімділік. Роботты пайдаланған кезде өнімділік әдетте жоғарылайды. Бұл, ең алдымен, өңдеу кезінде жылдамырақ қозғалу және позициялау,

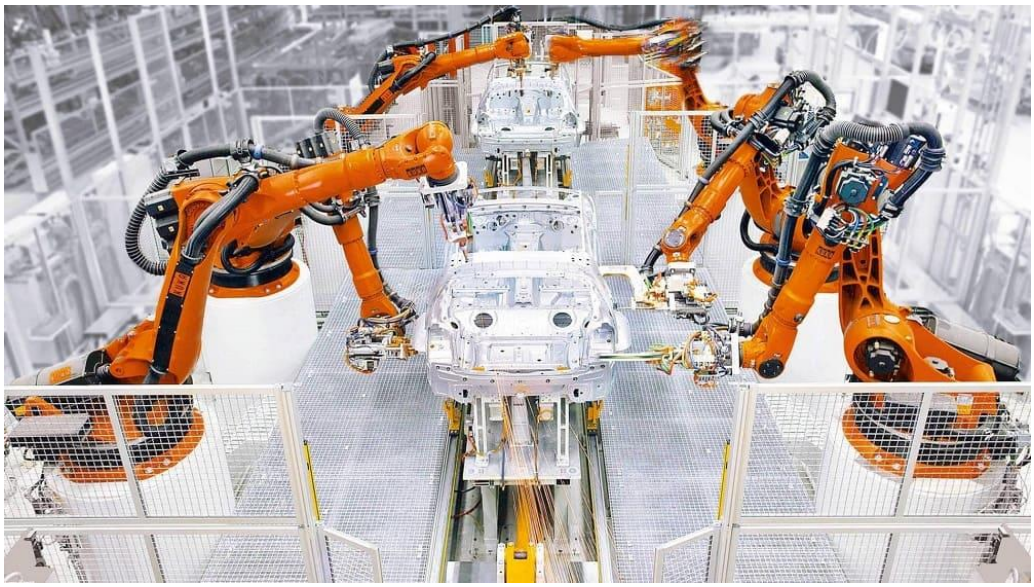
сондай-ақ тәулігіне 24 сағат тоқтаусыз жұмыс істей алу сияқты факторларға байланысты.

2. Экономикалық көрсеткіштерді жақсарту. Адамды ауыстыру арқылы робот мамандардың жалақысының құнын төмендетеді. Бұл фактор жалақысы жоғары, үстеме және түнгі уақытта жұмыс істейтін экономикалық дамыған елдер үшін ерекше маңызды. Егер сіз роботты немесе автоматтандырылған жүйені қолдансаңыз, сізге дүкендегі процесті басқаратын оператор ғана керек, ал оператор бірден бірнеше жүйені басқара алады.

3. Өңдеу сапасы. Өндірістік роботқа негізделген технологиялық жүйені енгізу себебі көбінесе өнім құжаттамасында көрсетілген өңдеу сапасын қамтамасыз ету қажеттілігі болып табылады. Өнеркәсіптік роботтардың орналасуының жоғары дәлдігі мен қайталануы өнімнің дұрыс сапасын қамтамасыз етеді және өндірістік ақаулардың пайда болуын болдырмайды. Адам факторын жою өндірістік қателіктердің минимизациясына және өндірістік бағдарламада үнемі қайталанудың сақталуына әкеледі.

4. Қауіпсіздік. Роботтарды пайдалану, мысалы құю өндірісін, бояу жұмыстарын, дәнекерлеу процестерін және т.б. адамға қауіп төндіретін өндірістерде өте тиімді. Қол еңбегін пайдалану заңмен шектелген жағдайларда, роботты енгізу жалғыз шешім болуы мүмкін.

5. Еңбек жағдайларының жақсаруы. Қазіргі таңда роботтармен жұмыс жасаған мезетте, компаниялардың технологиялық жағынан дәәрежесі жоғарылайды. Сол себептен, осы өнеркәсіптердің жұмыс орны таза әрі қауіпсіз болады.



Сурет 1.6 - Қазіргі таңда жиі қолданылатын өндірістік роботтар

Өндірістік робот-манипуляторларды қолданудың кемшіліктеріне тоқталатын болсам, олар:

1. Жұмысшыларды оқыту қажеттілігі. Қазіргі заманауи технологиялармен жұмыс жасаған кезде персоналдарды жаңа техникаларға

үйрету керек. Әрине, егер адамдар қолмен немесе жартылай автоматты дәнекерлеу машиналарында жұмыс істеген болса, онда олар жоғары дәлдіктегі дәнекерлеу роботтарымен бірден жұмыс істей алмайды. Олардың оқып, үйренісіп кетуіне де уақыт қажет.

2. Роботтарды программалай алатын мамандар қажеттілігі. Жоғарыда көрсетілгендей, роботтарды бірнеше мамандар ғана бағдарламалай алады. Орташа алғанда, әрбір бағдарламашы тек екі бағдарламалау тілін біледі, егер компанияда роботтардың бірнеше түрі болса,онда бұл жағдайда шығындар одан да көп болуы мүмкін.

3. Роботтардың көбеюі энергия тұтынудың өсуін білдіреді. Өндірістің ұлғаюы экологиялық проблемаларға байланысты жүйелердің құрылуына әкеледі. Электр қуатын өндірудің өсуі өнімнің өзіндік құнына тікелей әсер етеді.

4. Роботтарды сатып алу құны жоғары. Робот аппаратурасынан және басқа пайдалану шығындарынан басқа, шығындардың көп бөлігі роботтың жүру траекториясын қайта бағдарламалауға және бейімдеуге жұмсалады. Бұл бағдарламалаудың үстеме ақысы қайталанатын шығындар болып табылады, өйткені робот әр сәл өзгертілген жұмыс кезеңіне де бейімделуі керек.

Осылайша, өндірісті роботтандыру немесе кәсіпорындағы процестерді автоматтандыру үшін роботтарды орнату кезінде барлық оң және теріс жақтарын көрсетуге тырыстым.

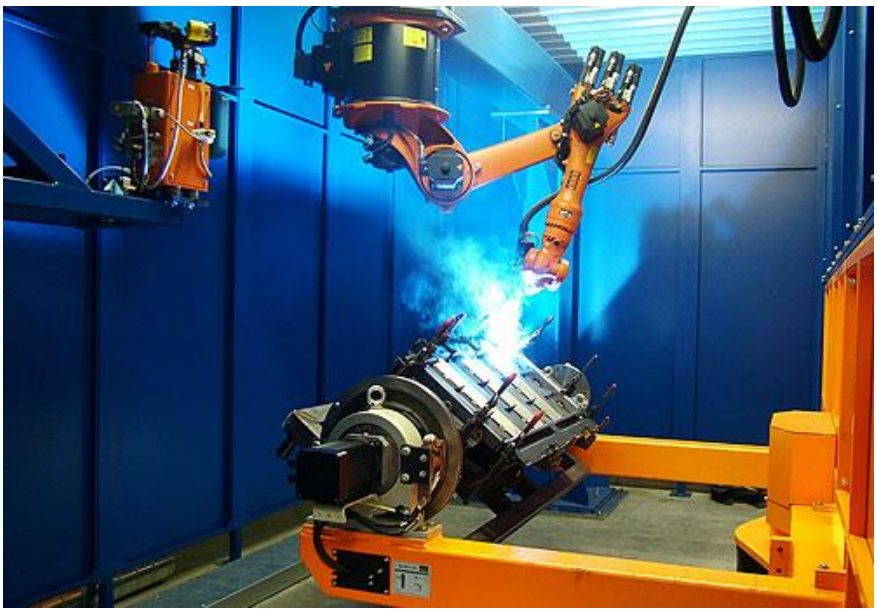
Мұндай шешімнің артықшылығы әлдеқайда көп және олар кемшіліктерге қарағанда маңызды.

1.3 Өнеркәсіптегі манипуляциялық роботтар

Әлемдегі барлық автомобиль өндірісі мыңдаған роботтандырылған дәнекерлеу жүйелерімен жабдықталған. Әр бесінші өндірістік робот дәнекерлеумен айналысады. Келесі жүктейтін робот сұранысқа ие, бірақ бірінші кезекте – доғалы және нүктелік дәнекерлеуге арналған аппарат (Сурет 1.7).

Дәнекерлеу сапасы және процесті басқару тұрғысынан ешқандай қолмен дәнекерлеуші арнайы жасалған роботқа тең келе алмайды. Лазерлік дәнекерлеуге келетін болсақ, 2 метрге дейін фокусталған лазер мен технологиялық процесс 0,2 мм дәлдікпен жүзеге асырылады – бұл медицина мен авиация құрылысында қажет.

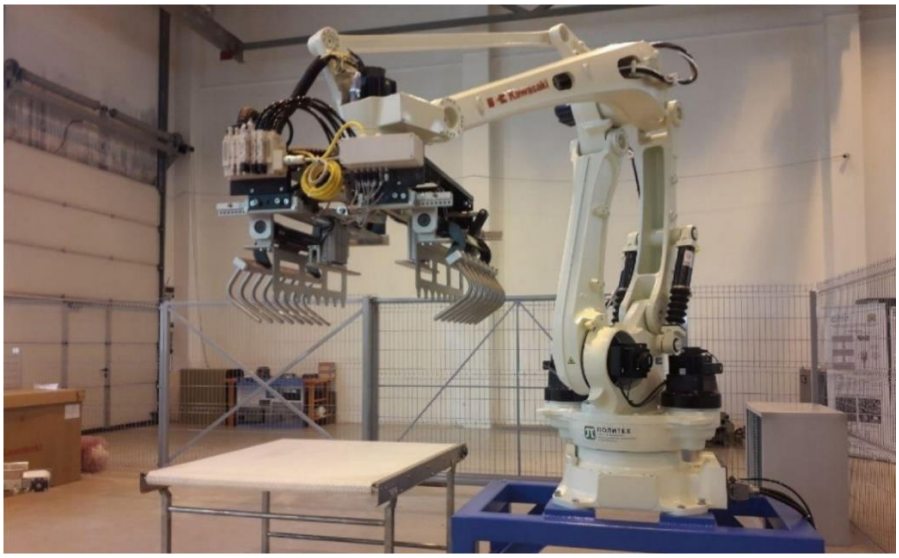
Дәнекерлеу роботы үш негізгі жұмыс түйінінен тұрады: жұмысшы денесі, жұмыс денесін басқаратын компьютер және жад. Жұмыс денесі адам қолына ұқсас тұтқамен жабдықталған. Дене үш ось бойымен еркін қозғалуы мүмкін (X, Y, Z), ал тұтқа осы осьтер арасында айнала алады, ал роботтың өзі нұсқаулықпен қозғала алады. Кәдімгі қорғаныс түрі - биік қоршау - робот қолы автоматты түрде тоқтайтын қорғаныс арқалықтарымен толықтырылған. Сонымен қатар, төтенше жағдайды тоқтату батырмалары қосымша қауіпсіздікті қамтамасыз етеді.



Сурет 1.7 - Өндірістегі дәнекерлеуші робот

Қазіргі кезде бірде-бір сала, оның салмағы мен көлеміне қарамастан, тиеу-түсіру жұмыстарын жасай алмайды. Робот өнімді автоматты түрде құрылғыға орната алады. Бір робот бірнеше машиналармен әрекеттесе алады (Сурет 1.8).

Бүгінгі күні роботтар персонал шығындарын барынша азайта алады. Бұл тек тығыздағышпен жұмыс немесе пешті пайдалану сияқты қарапайым функциялар туралы емес. Роботтар әлдеқайда қиын жағдайларда көп салмақ көтере алады және олар адамдарға қарағанда аз шаршайды және аз уақыт алады.



Сурет 1.8 - Өндірістегі жүкті көтергіш-тиегіш робот

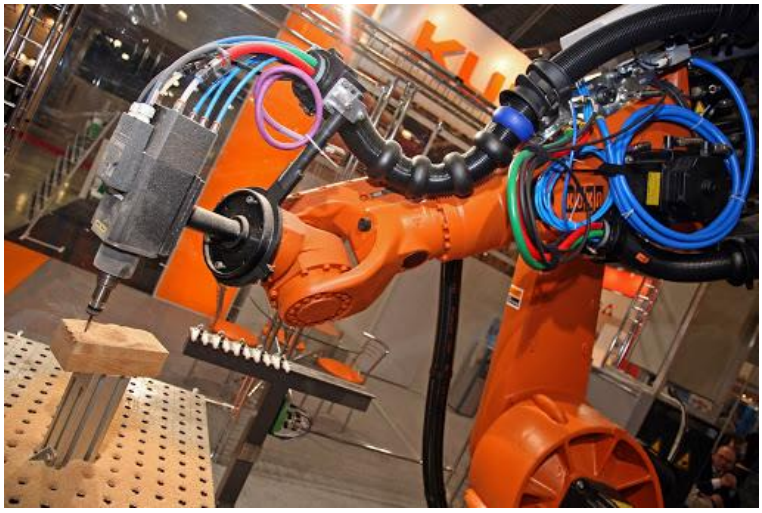
Мысалы, құю және темір өнеркәсібінде адамдар үшін жағдай дәстүрлі түрде қиын. Өндірістің бұл түрі жүк түсіруден кейінгі робототехника көлемі бойынша үшінші орында. Бүгінгі таңда Еуропадағы барлық құю өндірістері

автоматты жүйелері бар өндірістік роботтармен жабдықталған. Роботты енгізу құны компанияға жүздеген мың долларға түседі (Сурет 1.9).

Сурет 1.9 - Құю өндірісіндегі робот-манипулятор

Металлдан, ағаштан немесе пластиктен ойықтарды бұрғылау, жиектерді өңдеу мен фрезерлеу – робот үшін қарапайым міндет. Дәл және берік манипуляторлар бұл тапсырмаларды оңай шешеді. Жұмыс аймағы шектеулі емес, бұл үлкен икемділік пен жоғары жылдамдықты, кеңейтілген білікті немесе бірнеше басқарушы біліктерді орнатқанда ғана береді (Сурет 1.10).

Фрезерлеу құралының айналу жылдамдығы мұнда минутына он мың айналымға жетеді, ал дөңгелектерді тегістеу қарапайым қайталанатын қозғалысқа айналады. Бұрын тегістеу және сүрту беттері зиянды, лас және ауыр жұмыс деп саналды. Енді абразивті белдіктен өткеннен кейін паста киіз дөңгелекті өңдеу кезінде автоматты түрде жағылады.



Сурет 1.10 - Бұрғылау үшін арналған робот-манипулятор

Улы, коррозиялық, тез жанғыш және жарылғыш бұйымдармен жұмыс жасау барысында адамдардың қателігінің, назар аудармаудың немесе шаршаудың салдары қауіпті салдарға әкелуі мүмкін.

Өнеркәсіптік роботтарды пайдалану зиянды тауар жасайтын кәсіпорындар үшін дамудың анық жолы болып табылады. Роботтар зиянды заттармен сан-түрлі операцияларды адамның қатысуынсыз толық автономды түрде жоғары дәлдікпен және сенімділікпен жүргізуге мүмкіндік береді. Зиянды заттармен жұмыс жасау үшін IP қорғанысын, механикалық қосылыстар мен электр контактілерінің толық герметизациясын арттыратын, модульдермен жабдықталған басқарудың жетілдірілген жүйесі бар арнайы роботтар жасалды (Сурет 1.11).

Сурет 1.11 - Улы заттармен жұмыс жасайтын робот-манипулятор

1.4 Өнеркәсіптегі роботтардың жетекші әзірлеушілері

1.4.1 KUKA, Германия

Неміс компаниясы KUKA 1898 жылы Аугсбургте құрылды. 1973 жылы FAMULUS компаниясының алғашқы өндірістік роботы дүниеге келді. Онда электромеханикалық басқарудың алты осі болды. Бүгінгі таңда компанияның өнім ассортиментінде әртүрлі тапсырмаларды орындайтын роботтардың көптеген түрлері бар. KUKA роботтары бүкіл әлемдегі зауыттарда қолданылады: дәнекерлеу, тиеу, паллеттау, орау, өңдеу, құрастыру және т.б.

KUKA машиналары жүк көтергіштігіне қарай жіктеледі: шағын (5-16 кг), орташа (30-60 кг) және үлкен (90-300 кг). Олар тек кәсіпорындарда ғана емес қолданылады (Сурет 1.12).

Сурет 1.12 - KUKA компаниясының өндірістік роботтары

1.4.2 ABB, Швеция және Швейцария

ABB (Asea Brown Boveri Ltd.) – электротехника, энергетика, робототехника және ақпараттық технологиялар саласында мамандандырылған. ABB 1988 жылы екі компанияның бірігуінен құрылды: Швециядан ASEA және Швейцариядан Brown, Boveri & Cie, және бүгінде өнеркәсіптік роботтар өндірісінде көшбасшы болып табылады (Сурет 1.13).

Сурет 1.13 - ABB компаниясының өндірістік роботтары

1.4.3 FANUC, Жапония

FANUC - өнеркәсіптік автоматтандыру, станок жасау, сандық басқару бағдарламалық құралы және робототехника бойынша әлемдік нарықтағы көшбасшылардың бірі. Өндіруші 1956 жылы пайда болды, ал 1972 жылы өзінің алғашқы сериялық роботын шығарды. FANUC-тың Жапониядағы Фудзи тауының етегінде орналасқан жеке зертханалары мен ғылыми орталықтары, өндірістік базалары мен сынақ алаңдары бар.

FANUC қоғамдағы жүзден астам модельді қамтитын роботтардың ең кең тізімін ұсынады. FANUC құрылғысы пайдалану аясының ауқымын қамтиды, жұмысының қарапайымдылығымен ерекшеленеді (Сурет 1.14).

Сурет 1.14 - FANUC компаниясының өндірістік роботтары

1.4.4 Panasonic, Жапония

Panasonic Corporation (бұрынғы Matsushita Electric Industrial Co.) – ол жапондық үлкен машина істеу корпорациясы, әлемдегі үлкен тұрмыстық техника және электронды өнім өндірушілердің бірі.

Panasonic, сонымен қатар, өнеркәсіптік роботтар мен дәнекерлеу жабдықтарын шығарушылардың бірі болып саналады. Қазіргі таңда барлық әлемде 40000-нан астам Panasonic дәнекерлеу роботтары сатылды. Дәнекерлеу жолынан басқа, корпарация сан-түрлі өндірістік жағдайларды шешуге арналған әртүрлі манипуляторлар өндірісін игере бастады (Сурет 1.15).

Сурет 1.15 - Panasonic корпорациясының өндірістік роботтары

1.4.5 OTC Daihen, Жапония

Бастапқыда OTC дәнекерлеу жабдықтарын басқа компанияларға жеткізді, бірақ көп ұзамай доғалық дәнекерлеушілерге арналған газ және металл компоненттері бойынша нарықта Жапонияда көшбасшы болды. 1970 жылдардың соңында OTC Daihen доғалы дәнекерлеу роботтарының бірінші буынын жасады және 1970 жылдардың соңында доғалық дәнекерлеуге арналған алғашқы OTC Daihen өнімдері пайда болды. Содан бері оның роботтары өз желілерінде дәнекерлеуді, автоматтандыруды қарқынды түрде жетілдіріп келеді. OTC DAIHEN компаниясының дәнекерлеу, автоматтандыру және робототехника саласында бірқатар еншілес компаниялар бар.

OTC Daihen-нің роботы әртүрлі дәнекерлеу және плазмалық кесу қосымшаларында қолданылады (Сурет 1.16).

Сурет 1.16 - OTC Daihen компаниясының өндірістік роботтары

1.4.6 YASKAWA Electric, Жапония

YASKAWA Electric робототехника және өнеркәсіптік автоматтандыру саласындағы жетекші робот өндірушілерінің бірі болып саналады. Кәсіпорынның негізгі компаниясы Жапонияда, Китакюшу қаласында орналасқан. Компания 1915 жылы құрылды және механикалық жабдықтардың тиімділігі мен тиімділігін арттыруға үнемі ұмтылып, осы саланың ізашары болып саналады.

YASKAWA Electric-тің жұмысы келесі 4 бағытқа сәйкес жүзеге асырылады: қозғалысты басқару, робототехника, жүйелік техникалық жоспарлау, сонымен қатар ақпараттық технологиялық процестер (Сурет 1.17).

Сурет 1.17 - YASKAWA Electric компаниясының өндірістік роботтары

1.4.7 Kawasaki, Жапония

Жапондық корпорация 1896 жылы құрылған және бүгінде әлемдегі ең ірі өнеркәсіп орындарының бірі ретінде танымал. Kawasaki бастапқыда кеме жасау саласында жұмыс істеген. Бүгінде ол өндірістік роботтар, реактивті шаңғылар, тракторлар, пойыздар, мотоциклдер, қозғалтқыштар, қару-жарақ, жеңіл ұшақтар мен тікұшақтар және авиациялық бөлшектер шығарады. Kawasaki роботтары әртүрлі өндірістік тапсырмаларды шешуге арналған. Олардың жалпы мақсаттағы өндірістік машиналары, арнайы мақсаттағы роботтары бар (Сурет 1.18)

Сурет 1.18 - Kawasaki корпорациясының өндірістік роботтары

1.5 Іріктеуге арналған робот-манипуляторлар

Іріктеу манипуляторлары дайын өнімді қораптарға орналастыруды тездетуге көмектеседі. Инновациялық құрылғыларда адам болмаған кезде нақты жоспарға сәйкес тәулік бойы жұмыс істеуге барлық мүмкіндіктер бар. Қызмет процесінде кодтауды жүзеге асыруға болады, бұл қозғалыс сызығын өзгертуге, сонымен қатар, іріктеу мақсатында өндірістік роботтың көпфункционалды тікелей міндеттерін өзгертуге де мүмкіндіктер береді. Мамандандырылған құрылғыны пайдалану іріктеу жылдамдығын қолмен жұмыспен салыстырғанда бірнеше рет арттыруға мүмкіндік береді.

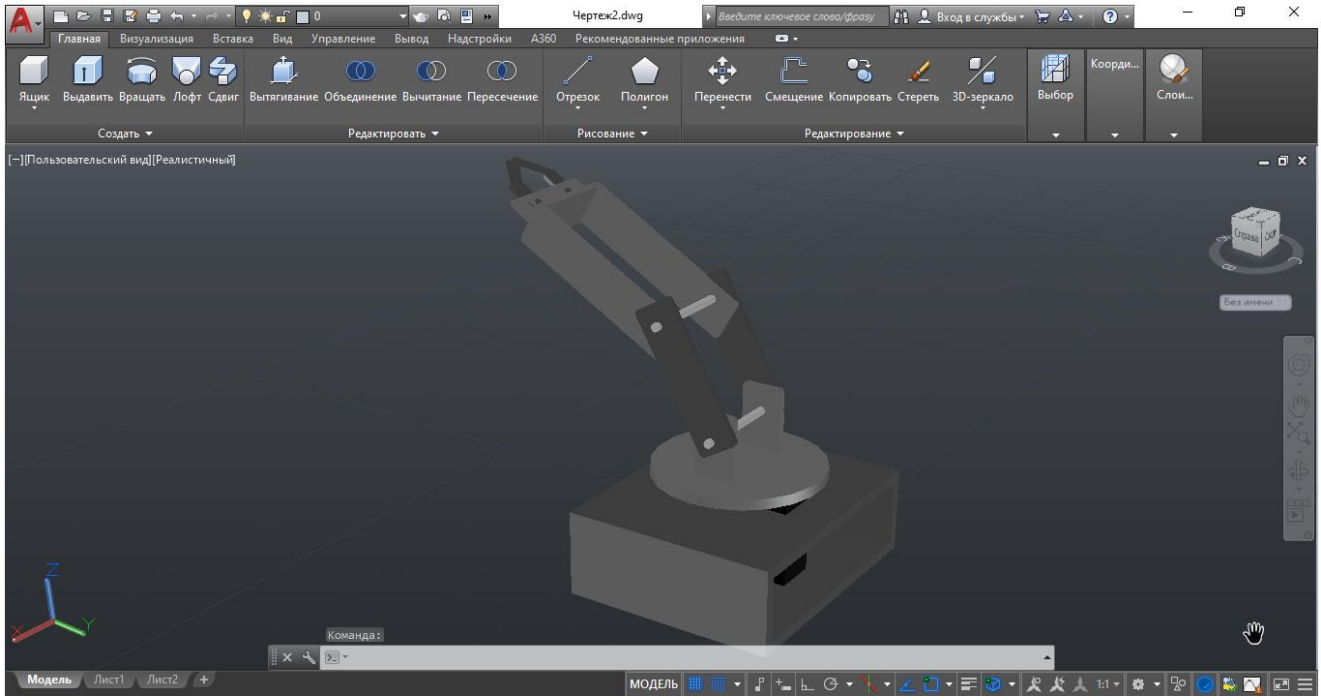
Қолданыстағы механикаландырылған жабдық өнімді іріктеуді, жүйелеуді, сондай-ақ түсіру мен жылжытуды жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Жабдыққа бекітілген камера деректерді тануға және өңдеуге көмектеседі. Робот салушы өнімнің орналасуын, масштабын, түсін белгілейді, контроллерлердің басшылығымен жұмыс істейді және олар, сәйкесінше, компьютерлермен байланысқан. Басқару үшін арнайы құрылым қолданылады. Ұстау және жылжыту манипулятордың қатысуымен жүзеге асырылады (Сурет 1.19).

Сурет 1.19 - Түс арқылы іріктейтін манипуляторлық робот

Көру жүйесі өнімдерді іріктеуге және ақауларды анықтауға арналған өндірістік роботтарды пайдалануға арналған. Оның көмегімен робот заттарды бір-бірінен ажырата алады, олардың кеңістіктегі орнын анықтайды және қозғалатын заттармен жұмыс істейді. Және ол бұл әрекеттерді тез, анық және шаршамай орындайды. Бұл адамға теңдестірілген және ауыр жұмысқа ауысуға және өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді. Бұл өнімнің сапасын жақсартады және материалдар мен энергияны үнемдейді. Сонымен қатар, өндірістік роботтар икемділігі орташа және шағын партиялар өндірісінде, яғни автоматтандырудың дәстүрлі құралдары қолданылмайтын жерлерде қолданылады.

2 Еркіндік қозғалысы үш дәрежелі айналмалы жұпты манипуляциялық роботты жобалау

Манипуляциялық роботтың 3D моделін AutoCAD программасының көмегімен сыздым (Сурет 2.1).



Сурет 2.1 - Робот-манипулятордың 3D моделі

2.1 Роботтың жұмыс істеу принциптері

Біріншіден, сурет 2.2-де көрсетілгендей, роботтың артықшылықтары анықталды.

Сурет 2.2 - Роботтың басты артықшылықтары

Роботталған қол үш түйіннен тұрады, олар: бел түйіні, 1-буынның айналуымен ұсынылған иық түйіні және 2-буынның айналуымен ұсынылған шынтақ түйіні. Әрбір түйін қозғалысқа қажетті моментті қамтамасыз ету үшін белгілі бір сервомоторды қолданады. Әр қозғалтқыш, мысалға, Arduino микроконтроллері арқылы Matlab кодынан біліктің орналасуын басқаратын сигнал алады. Түсімен анықталып алынатын объектінің декарттық жағдайы ұялы телефонның камерасы мен қол жетімді Matlab қосылатын модуль көмегімен анықталады. Содан кейін кері кинематиканың теңдеулері жоғарыда аталған координаттарға сәйкес келетін қажетті бірлескен бұрыштарды табу үшін қолданылады.

Ұялы телефонның камерасы визуалды сенсор ретінде қолданылып, қолынан жоғары метрге орнатылғаны жөн. Калибрлеуден кейін, ол объектілер координаттарын алу үшін қолданылады. Компьютерде Wi-Fi арқылы қосылатын және жұмыс кеңістігінің суретін 640 x 480 ажыратымдылықта жіберетін телефонға орнатылған IP Camera қосымшасы арқылы жасалады. Содан кейін Matlab коды алынған суреттегі барлық қызыл, көк және жасыл нысандарды анықтайды және олардың координаттарын пиксельмен есептейді. Содан кейін калибрленген теңдеулерді пайдаланып, пиксельдер x және y позицияларының координаталарына айналады. Барлық объектілер бірдей z координатамен қабылданады, өйткені олар бір горизонталь жазықтықта орналасқан (яғни жұмыс үстелінің бетінде).

Кері кинематиканың теңдеулері Matlab кодына біріктіруге болады, мұнда камера арқылы алынған x және y координаттары кіріс ретінде қолданылады.

2.2 Сервомоторлар

Сервомоторлар объект бекітілген қолды белгілі бір позицияға (немесе айналу бұрышына) жылжытуға, содан кейін осы позицияны берік ұстап тұруға мүмкіндік береді.

Сервомотор – бұл механика мен электрониканың толық жиынтығы, оның құрамына кіреді (Сурет 2.3):

- тұрақты ток қозғалтқышы, көбінесе кішкентай болады;
- электронды басқару тақтасы;
- жылдамдықты төмендетуші;
- қозғалтқыш осінің орнын басқаруға арналған потенциометр;
- корпустың ішінен әр түрлі бекітетін қолдармен немесе дөңгелектермен шығып тұрған ось.

Сервомотордың жұмыс істейтін үш сымы бар. Оның қуат көзі үшін екі сым қолданылады, соңғысы басқару сигналын алады:

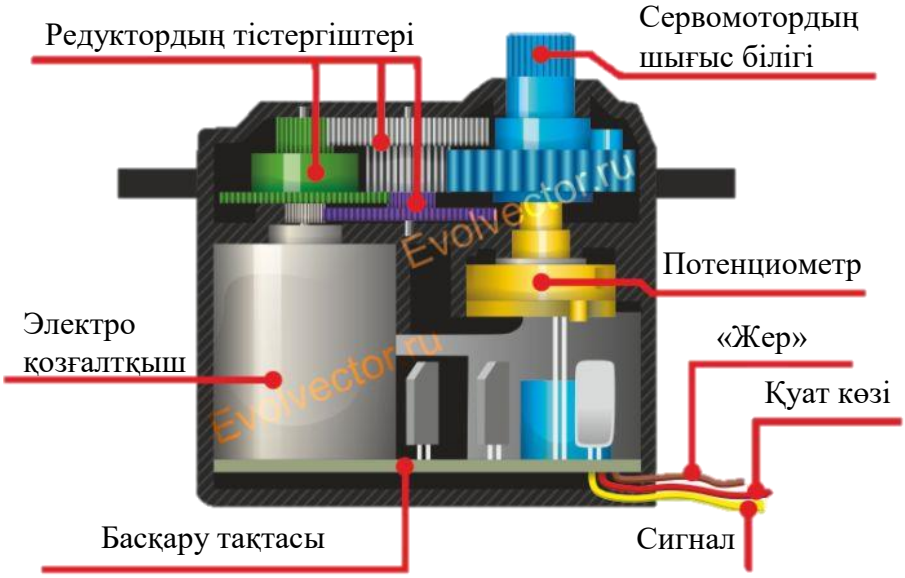
- қызыл: оң қуат көзі үшін (4,5В-тан 6В дейін).
- қара немесе қоңыр: жер үшін (0 В).
- қызғылт сары, сары, ақ,…: басқару сигналын енгізу.

Сервистік қозғалтқыш негізінен сипатталады:

- Оның қажетті жылдамдыққа секундына/градусқа өту жылдамдығы.

- Оның айналмалы моменті, бұл қажетті күйді кг/см-де ұстап тұру үшін қозғалтқыштың шығара алатын күшін білдіреді.

Кг/см бірлігі сервомотордың оған 1 см таяқша бекітілгенін ескере отырып, көтере алатын салмағын білдіреді.



Сурет 2.3 - Сервомотордың ішкі көрінісі

Сервомоторлардың кең ассортименті бар: салмағы бірнеше килограмм болатын, металл корпустары және беріліс қораптары бар ірі өнеркәсіптік модельдерден бастап, модель жасауда кездесетін, салмағы бірнеше грамм тұрақты шағын металл пластикалық сервомоторларға дейін (Сурет 2.4 және сурет 2.5).

Сурет 2.4 - Hitec HS-5745 MG сервомоторы

Кесте 2.1 - Hitec HS-5745 MG сервомоторының техникалық сипаттамалары

Сипаттама түрі	Мәні
Модуляция түрі	Сандық
Айналу моменті	11,02 кг·см (4,8 В); 13,03 кг·см (6 В)
Жылдамдығы	0,16 сек/60°(4,8 В); 0,13 сек/60° (6 В)
Салмағы	56,7 г
Ұзындығы	30,5 мм (1,2 дюйм)
Ені	20,3 мм (0,8 дюйм)
Биіктігі	38,1 мм (1,5 дюйм)

Сурет 2.5 - Futaba 3003 сервомоторы

Кесте 2.2 - Futaba 3003 сервомоторының техникалық сипаттамалары

Сипаттама түрі	Мәні
Модуляция түрі	Аналогтық
Айналу моменті	3,17 кг·см (4,8 В); 4,1 кг·см (6 В)
Жылдамдығы	0,23 сек/60°(4,8 В); 0,19 сек/60° (6 В)
Салмағы	37 г
Ұзындығы	39,9 мм (1,57 дюйм)
Ені	20,1 мм (0,79 дюйм)
Биіктігі	36,1 мм (1,42 дюйм)

Сервомоторлардың артықшылықтары мен кемшіліктеріне келетін болсақ, олар келесідегідей:

Артықшылықтары: төмен тогы бар сигналдық сымды микроконтроллердің шығысына тікелей қосуға болады. Интерфейс схемасының қажеттілігі жоқ. Төмен ток сигнал сымын тікелей микроконтроллердің шығысына қосуға болады. Интерфейс тізбегінің қажеті жоқ. Бір сымның көмегімен тоқтауды, қосуды, айналу бағытын және жетек жылдамдығын басқаруға болады. Сервомотор аз мөлшерде үлкен айналу моментін ұсынады.

Кемшіліктері: толық айналу үшін дискіні өзгерту керек. Бағасы екі тұрақты қозғалтқышы бар беріліс қорабынан сәл жоғары.

Манипулятордың дұрыс жұмыс істеуі үшін, қажет әр түрлі моменттерді есептеп алған жөн. Манипулятор қолының қозғалысын дәлдікті және басқаруды жеңілдету үшін сервомоторлар қолданылады.

2.3 Микроконтроллерлер

Микроконтроллер – бұл кіріктірілген жүйеде белгілі бір операцияны басқаруға арналған ықшам интегралды схема. Әдеттегі микроконтроллерге бір чиптегі процессор, жады және кіріс/шығыстың периферияльық құрылғылары кіреді.

Олар кейде енгізілген контроллер немесе микроконтроллер деп аталады, микроконтроллерлер көлік құралдарында, роботтарда, кеңсе техникасында, медициналық құрылғыларда, мобильді радио таратқыштарда, автоматтар мен тұрмыстық техникада қолданылады. Негізінен, бұл қарапайым миниатюрлық дербес компьютерлер, олар күрделі алдыңғы операциялық жүйесі жоқ, үлкен компоненттің кішігірім функцияларын басқаруға арналған.

Микроконтроллердің жұмыс істеу принципіне келетін болсақ, олар құрылғыдағы сингулярлық функцияны басқару үшін жүйенің ішіне микроконтроллер енгізілген. Ол мұны өзінің орталық процессорының көмегімен, кіріс/шығыстың периферияльық құрылғыларынан алатын мәліметтерді интерпретациялау арқылы жасайды. Микроконтроллер алатын уақытша ақпарат оның деректер жадында сақталады, мұнда процессор оған қол жеткізеді және кіретін деректерді шифрлау, пайдалану үшін бағдарламалық жадында сақталған нұсқаулықтарды қолданады. Содан кейін ол кіріс/шығыстың периферияльық құрылғыларын қолдана отырып, тиісті әрекеттерді қолданады.

Микроконтроллерлер жүйелер мен құрылғылардың көбісінде қолданылады. Құрылғылар өздерінің міндеттерін орындау үшін құрылғыда бірге жұмыс жасайтын бірнеше микроконтроллерді пайдаланады.

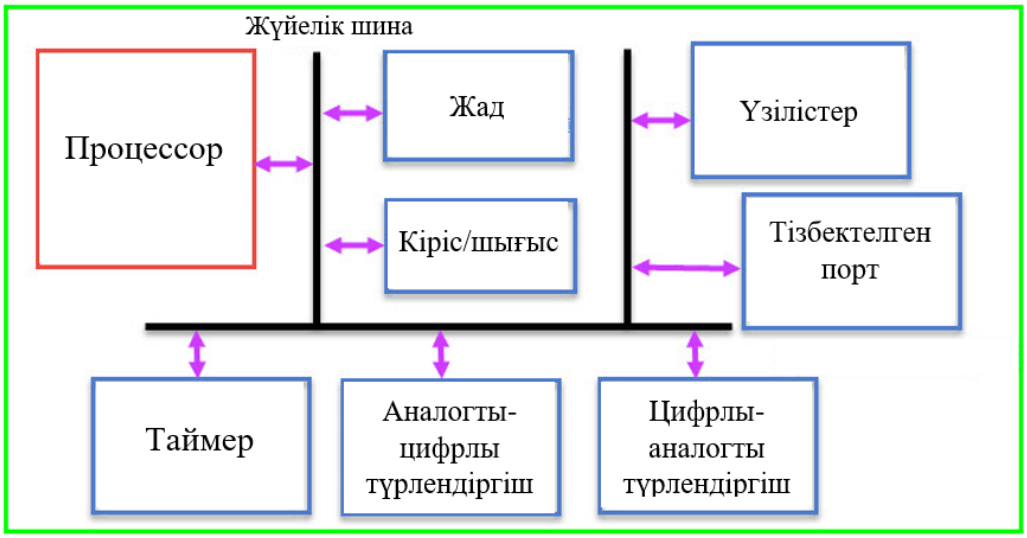
Микроконтроллердің негізгі элементтері (Сурет 2.6):

1. Процессор – құрылғының миы. Ол микроконтроллер функциясын басқаратын әртүрлі нұсқауларды өңдейді және жауап береді. Бұл негізгі арифметикалық, логикалық және кіріс/шығыс амалдарын орындауды қамтиды. Ол сонымен қатар командаларды үлкен ендірілген жүйенің басқа компоненттерімен байланыстыратын деректерді беру операцияларын орындайды.

2. Жад. Процессор қабылдаған мәліметтерді сақтау үшін және ол бағдарламаланған нұсқауларға жауап беру үшін қолданылады. Микроконтроллердің жадының екі негізгі типі бар:

- Бағдарламаның жады – бұл тұрақты жад, яғни ол қуат көзін қажет етпей ақпараттарды уақытында сақтайды. Процессор орындайтын нұсқаулар туралы ұзақ мерзімді ақпаратты сақтайтын бағдарламалық жад.
- Деректер жады. Бұл нұсқаулар орындалған кезде уақытша деректерді сақтау үшін қажет. Деректер жады – тұрақсыз, яғни ол сақтайтын деректер уақытша болып табылады және құрылғы қуат көзіне қосылған болса ғана сақталады.

3. Кіріс-шығыстың периферияльық құрылғылары. Кіріс және шығыс құрылғылары процессордың сыртқы әлемге деген интерфейсі болып табылады. Кіріс порттары ақпаратты қабылдап, оны процессорға екілік деректер түрінде жібереді. Процессор бұл деректерді қабылдайды және микроконтроллерге сыртқы тапсырмаларды орындайтын құрылғыларға қажетті нұсқауларды жібереді.



Сурет 2.6 - Микроконтроллердің құрылымы

Процессор, жад және I/O периферияльық құрылғылар микропроцессордың анықтаушы элементтері болып келсе, мұнда басқа да элементтер жиі қолданылады. «Кіріс/шығыстың периферияльық құрылғылары» терминінің өзі, жад және процессормен өзара әрекеттесетін, қосымша компонент болып келеді. Периферияльық құрылғылар ретінде қарауға болатын, көптеген қосымша компоненттер бар. Кіріс/шығыстың периферияльық құрылғысының кейбір көріністерінің болуы микропроцессор үшін қарапайым, себебі олар процессор қолданылатын механизм болып табылады.

Микроконтроллердің басқа қосымша элементтеріне мыналар жатады:

1. Аналогты-цифрлық түрлендіргіш – бұл аналогтық сигналдарды сандық сигналға түрлендіретін тізбек. Ол микроконтроллердің ортасындағы

процессорға датчиктер сияқты құрылғыларға сыртқы аналогтық құрылғылармен өзара әрекеттесуге береді.

2. Цифрлы-аналогтық түрлендіргіш аналогты-цифрлық түрлендіргіштің кері функциясын орындайды және микроконтроллердің ортасындағы процессорға шығыс сигналдарын сыртқы аналогтық компоненттерге беруге мүмкіндік береді

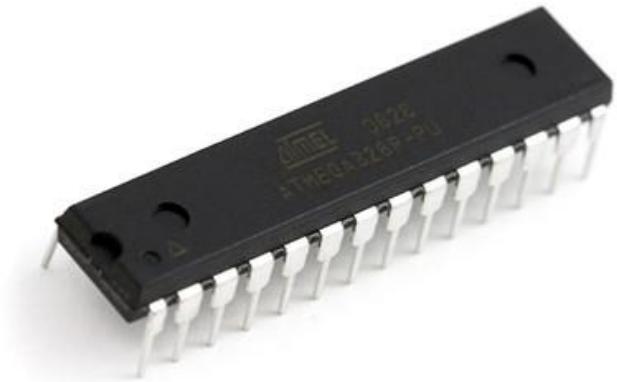
3. Жүйелік шина – бұл микроконтроллердің барлық компоненттерін байланыстыратын сым.

4. Тізбектелген порт – бұл микроконтроллердің сыртқы компоненттерге қосылуына мүмкіндік беретін кіріс/шығыс портының бір мысалы. Ол USB немесе параллель портқа ұқсас функцияға ие, бірақ бит алмасу әдісімен ерекшеленеді.

Микроконтроллердің процессоры қолдану түріне қарай әр түрлі болады. Опциялар қарапайым 4-биттік, 8-биттік немесе 16-биттік процессорлардан күрделі 32-биттік немесе 64-биттік процессорларға дейін болады.

Микроконтроллерлер көптеген салаларда, соның ішінде үй мен кәсіпорында, ғимараттарды автоматтандыру, өндіріс, робототехника, автомобиль, жарықтандыру, ақылды энергия, өндірістік автоматика, байланыс және заттар интернетте қолданылады.

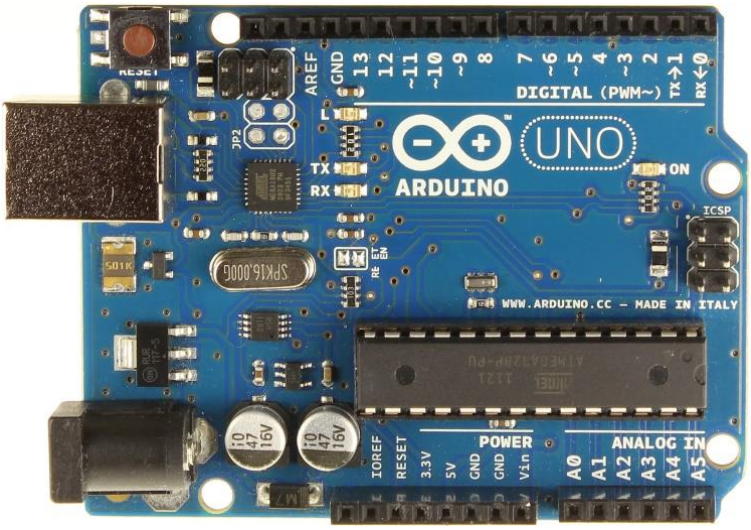
Микроконтроллердің нақты бір қолданылуы – бұл сандық сигнал процессоры ретінде қолдану. Көбінесе, кіріс аналогтық сигналдар белгілі бір шу деңгейімен келеді. Бұл контекстегі шу, стандартты цифрлық мәндерге оңай аударыла алмайтын екі мағыналы мәндерді білдіреді. Микроконтроллер кіретін шулы аналогтық сигналды біркелкі шығатын сандық сигналға айналдыру үшін өзінің аналогты-цифрлы және цифрлы-аналогты түрлендіргішті қолдана алады.



Сурет 2.7 - ATmega328 микроконтроллері

Ең қарапайым микроконтроллерлер күнделікті ыңғайлы заттарда кездесетін электромеханикалық жүйелердің жұмысын жеңілдетеді, мысалы: пештер, тоңазытқыштар, тостерлер, мобильді құрылғылар, негізгі ойындар, бейне ойын жүйелері, теледидарлар және көгалды суару жүйелері. Олар кеңсе

машиналарында, мысалы, ксерокөшірмелерде, сканерлерде, факс машиналарында және принтерлерде, сондай-ақ смарт есептегіштерде, банкоматтарда және қауіпсіздік жүйелерінде кең таралған.



Сурет 2.8 - Arduino Uno тақтасы

Неғұрлым күрделі микроконтроллерлер әуе кемелерінде, ғарыш кемелерінде, мұхит кемелерінде маңызды функцияларды орындайды. Медицинада микроконтроллерлер жасанды жүрек, бүйрек немесе басқа органдардың жұмысын реттей алады.

3 Есептік бөлім

3.1 Қима модулі

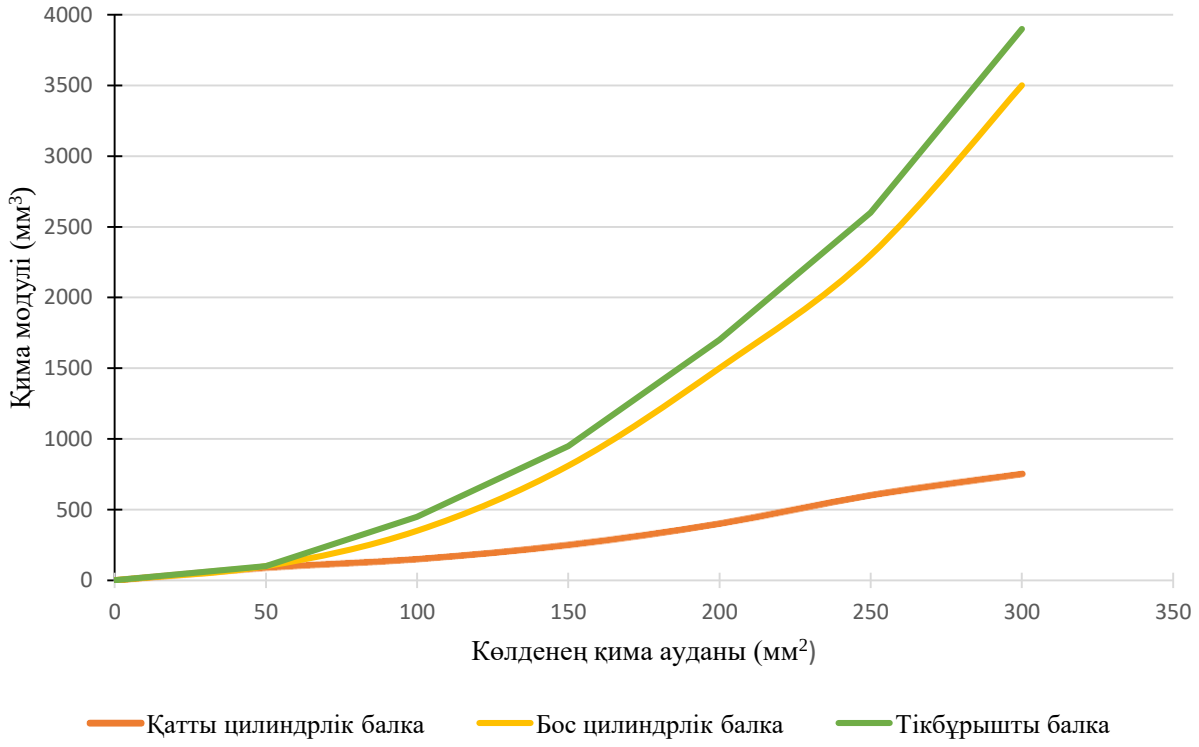
Роботты қол буындарының көлденең қимасының ең қолайлы формасын анықтау үшін үш мүмкін геометрия қарастырылды: қатты цилиндрлік балка, бос цилиндрлік балка және екі тікбұрышты балкалар жиынтығы. Қима модулі S – бұл көлденең қиманың пішіндеріне немесе аудандарына негізделген балкалардың беріктігін көрсететін геометриялық қасиет.

$$S = \frac{I}{c}, \tag{3.1}$$

мұндағы: I – ауданның екінші моменті (мм^4);

с – бейтарап осьтен ең үлкен қашықтық (мм).

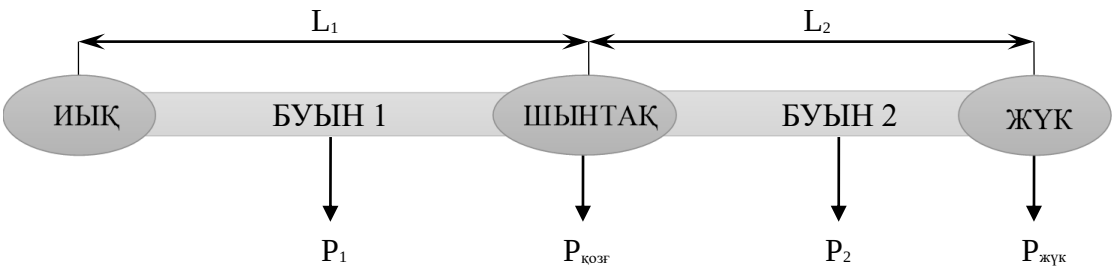
Сурет 3.1-де көрсетілген графиктен кез-келген мән үшін көлденең қиманың ауданы, екі параллель тікбұрышты балкалардың жиынтығында S ең үлкен мәніне ие болады, содан кейін бос цилиндрлік балка, ал одан кейін қатты цилиндрлік балка болады. Бұл екі параллель тікбұрышты балкалардың жиынтығы, олардың барлығы бірдей материалдан жасалғандығын ескере отырсақ, үш буынның құрылымдық беріктігі мен салмақ қатынасының ең үлкен көрсеткішіне ие екендігін білдіреді. Демек, роботты байланыстыру үшін тікбұрышты балкалар қолданылады.



Сурет 3.1 - Қарастырылған үш балкалар үшін, көлденең қиманың ауданы бойынша қима модулі

3.2 Статикалық айналмалы момент

Шынтақ пен иық қозғалтқыштарының айналу моменті максималды жүк көтергіштігі 200 г буындарды айналдыруға жететіндігін қамтамасыз ету мақсатында келесі есептеулер жүргізіледі. Қолдың толық созылған ең нашар сценарийіне сәйкес келетін максималды момент көрсетілген (Сурет 3.2).



Сурет 3.2 - Толық созылған конфигурациядағы роботты қолдың еркін дене схемасы

$$T_{\text{шынтақ}} = \left(P_{\text{жүк}} \cdot L_2\right) + \left(P_2 \cdot \frac{L_2}{2}\right), \tag{3.2}$$

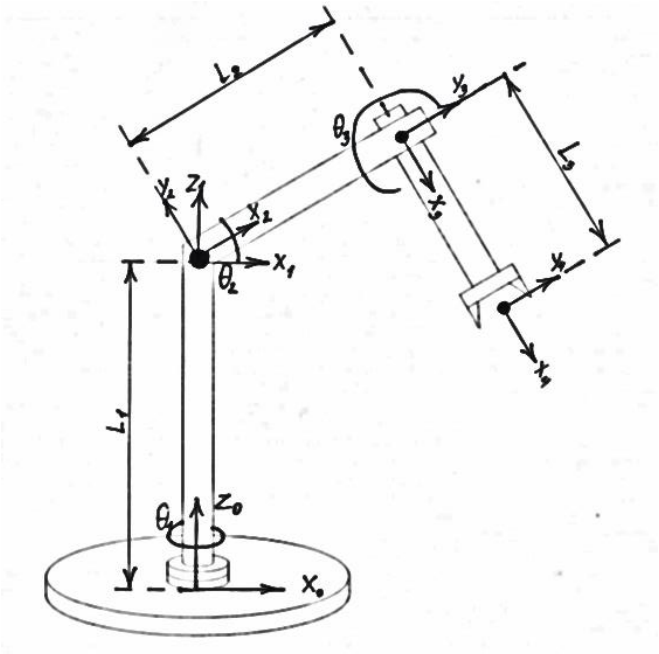
$$T_{\text{иық}} = \left(P_{\text{жүк}} \cdot (L_1 + L_2)\right) + \left(P_2 \cdot \left(\frac{L_2}{2} + L_1\right)\right) + \left(P_{\text{қозғ}} \cdot L_1\right) + \left(P_1 \cdot \frac{L_1}{2}\right), \tag{3.3}$$

мұндағы, $P_{\text{жүк}}$ – пайдалы жүктеме мен ұстағыштың жалпы салмағы;
$P_{\text{қозғ}}$ – шынтақтың қозғалтқышының салмағы;
P_1 – бірінші буынның салмағы;
P_2 – екінші буынның салмағы;
L_1 – бірінші буынның ұзындығы;
L_2 – екінші буынның ұзындығы.

3.3 Алға кинематикасы

Сурет 3.3-те көрсетілгендей роботтық қолға бес рама тағайындалды. Рамаларды тағайындау процедурасы үш кезең түрінде ұсынылуы мүмкін:

- i-ші түйін осі бойынша бағытталған Z_i осін тағайындаймыз. Z_0 және Z_{i+1}-ге, сәйкесінше, Z_1 және Z_i-ді параллель берген дұрыс.
- X_i осін Z_i-ден Z_{i+1}-ге дейінгі жалпы перпендикуляр бойымен тағайындаймыз.
- Y_i осін оң қол ережесіне сәйкес тағайындаймыз.



Сурет 3.3 - Кинематикалық талдау үшін рамаларды тағайындау

Айналмайтын тіреу рамасы айналатын табанның ортасына бекітілген нүктеге орнатылады. Оның жоғарғы жағына 1-буынға сәйкес келетін рама бекітілді. Z_0 және Z_1 бір-біріне параллель болғандықтан, бұл кадрдың қайнар көзін 1-буын бойынша кез-келген жерде тағайындауға болатындығын ескерілді. 2-рама 2-буын арқылы айналады және 1-буын мен 2-буын қиылысында болады, осылайша Z_2-ден Z_3-ке дейінгі жалпы перпендикуляр бойымен X_2 болады. 3-рама 3-буынмен айналады және 2-буынмен қиылыста бекітіледі. Соңында, соңғы эффекторға сәйкес келетін 4-рама екі ұстағыштың ортасында орналасқан.

Табылған кадрлар негізінде Денавит-Хартенберг (D-H) параметрлері 3.1 кестеде көрсетілгендей анықталды.

Кесте 3.1 - Денавит-Хартенберг параметрлері

i	a_{i-1}	α_{i-1}	d_i	θ_i
1	0	0º	L_1	θ_1
2	0	90º	0	θ_2
3	L_2	0º	0	θ_3
4	L_3	0º	0	0º

D-H параметрлерінің әрқайсысының анықтамасы келесідей:
α_i – буынның бұралуы; бұл X_i-ге қатысты (Z_i, Z_{i+1})арасындағы бұрыш;
a_i – буын ұзындығы; (Z_i, Z_{i+1}) арасындағы X_i бойынша арақашықтық;
d_i – буынның ығысуы; (X_{i-1}, X_i) арасындағы Z_i бойынша арақашықтық;
θ_i – түйін бұрышы; бұл Z_i-ге қатысты (X_{i-1}, X_i) арасындағы бұрыш.

Содан кейін D-H параметрлері ${}^{i-1}_{i}T$-нің жалпы формуласына, бірыңғай түрлендіру матрицаларын (${}^{0}_{1}T, {}^{1}_{2}T, {}^{2}_{3}T$ және ${}^{3}_{4}T$) есептеу үшін қойылды.

$$ {}^{i-1}_{i}T = \begin{bmatrix} c\theta_i & -s\theta_i & 0 & a_{i-1} \\ s\theta_i c\alpha_{i-1} & c\theta_i c\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1} & -s\alpha_{i-1} d_i \\ s\theta_i s\alpha_{i-1} & c\theta_i s\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1} & c\alpha_{i-1} d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.4) $$

$$ {}^{0}_{1}T = \begin{bmatrix} c_1 & -s_1 & 0 & 0 \\ s_1 & c_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.5) $$

$$ {}^{1}_{2}T = \begin{bmatrix} c_2 & -s_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ s_2 & c_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.6) $$

$$ {}^{2}_{3}T = \begin{bmatrix} c_3 & -s_3 & 0 & L_2 \\ s_3 & c_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.7) $$

$$ {}^{3}_{4}T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.8) $$

мұндағы c_i – θ_i бұрышының косинусы, ал s_i – осы бұрыштың синусы.

Біртекті түрлендіргіш матрицаларды дұрыс ретпен көбейту арқылы, негізгі кадрмен соңғы эффектордың жақтауын сипаттайтын ${}^{0}_{4}T$ – ті алуға болады.

$$ {}^{0}_{4}T = {}^{0}_{1}T \cdot {}^{1}_{2}T \cdot {}^{2}_{3}T \cdot {}^{3}_{4}T, \quad (3.9) $$

$$ {}^{0}_{1}T \cdot {}^{1}_{2}T = \begin{bmatrix} c_1 & -s_1 & 0 & 0 \\ s_1 & c_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c_2 & -s_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ s_2 & c_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = $$

$$ = \begin{bmatrix} c_1 c_2 & -c_1 s_2 & s_1 & 0 \\ s_1 c_2 & -s_1 s_2 & -c_1 & 0 \\ s_2 & c_2 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, $$

$$
{}^0_1T \cdot {}^1_2T \cdot {}^2_3T = \begin{bmatrix} c_1c_2 & -c_1s_2 & s_1 & 0 \\ s_1c_2 & -s_1s_2 & -c_1 & 0 \\ s_2 & c_2 & 0 & L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c_3 & -s_3 & 0 & L_2 \\ s_3 & c_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

$$
= \begin{bmatrix} c_1c_2c_3 - c_1s_2s_3 & -c_1c_2s_3 - c_1s_2c_3 & s_1 & c_1c_2L_2 \\ s_1c_2c_3 - s_1s_2s_3 & -s_1c_2s_3 - s_1s_2c_3 & -c_1 & s_1c_2L_2 \\ s_2c_3 + c_2s_3 & -s_2s_3 + c_2c_3 & 0 & s_2L_2 + L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}
$$

$$
= \begin{bmatrix} c_1(c_2c_3 - s_2s_3) & -c_1(c_2s_3 + s_2c_3) & s_1 & c_1c_2L_2 \\ s_1(c_2c_3 - s_2s_3) & -s_1(c_2s_3 + s_2c_3) & -c_1 & s_1c_2L_2 \\ s_2c_3 + c_2s_3 & -s_2s_3 + c_2c_3 & 0 & s_2L_2 + L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},
$$

$$
{}^0_4T = \begin{bmatrix} c_1(c_2c_3 - s_2s_3) & -c_1(c_2s_3 + s_2c_3) & s_1 & c_1c_2L_2 \\ s_1(c_2c_3 - s_2s_3) & -s_1(c_2s_3 + s_2c_3) & -c_1 & s_1c_2L_2 \\ s_2c_3 + c_2s_3 & -s_2s_3 + c_2c_3 & 0 & s_2L_2 + L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.
$$

$$
\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & L_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1c_{23} & -c_1s_{23} & s_1 & c_1c_{23}L_3 + c_1c_2L_2 \\ s_1c_{23} & -s_1s_{23} & -c_1 & s_1c_{23}L_3 + s_1c_2L_2 \\ s_{23} & c_{23} & 0 & s_{23}L_3 + s_2L_2 + L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.10)
$$

Бұл формулалардағы c_{23} – θ_2 мен θ_3-тің қосындыларының косинусы, яғни,

$$
\cos(\theta_2 + \theta_3) = cos\theta_2 cos\theta_3 - sin\theta_2 sin\theta_3. \quad (3.11)
$$

Ал, s_{23} – θ_2 мен θ_3-тің қосындыларының синусы, яғни,

$$
\sin(\theta_2 + \theta_3) = sin\theta_2 cos\theta_3 + cos\theta_2 sin\theta_3. \quad (3.12)
$$

${}^0_4T$ – тың соңғы бағанының алғашқы үш жазбасы тіреу кадрына қатысты, соңғы эффектор кадрының шығу позициясының декарттық координаттарын білдіреді.

$$
x = c_1c_{23}L_3 + c_1c_2L_2, \quad (3.13)
$$

$$
y = s_1c_{23}L_3 + s_1c_2L_2, \quad (3.14)
$$

$$
z = s_{23}L_3 + s_2L_2 + L_1. \quad (3.15)
$$

X, *y* және *z* координаталарының аналитикалық өрнегін алу процедурасы алға кинематикалық талдау деп аталады. Алға бағытталған кинематика 3.13 -

ден 3.15 -ке дейінгі теңдеулер, θ_1, θ_2 және θ_3 түйісу бұрыштарының функциясы ретінде соңғы эффектордың орнын шығарады.

3.4 Кері кинематика

Кері кинематикада позицияның координаталық теңдеулері, яғни, 3.13 - тен 3.15 - ке дейінгі теңдеулер, бел, иық және шынтақ қозғалтқыштарының айналу бұрыштарының (θ_1, θ_2 және θ_3) аналитикалық өрнектерін табу үшін x, y және z координаттарының теңдеулері пайдаланылды. Кері кинематикалық теңдеулерді шығару былай туындайды:

Біріншіден, 3.14 – теңдеуді 3.13 – теңдеуге бөлу мынаны береді:

$$\frac{y}{x} = \frac{s_1 c_{23} L_3 + s_1 c_2 L_2}{c_1 c_{23} L_3 + c_1 c_2 L_2} = \frac{s_1 (c_{23} L_3 + c_2 L_2)}{c_1 (c_{23} L_3 + c_2 L_2)} = \frac{s_1}{c_1} = tg\theta_1. \quad (3.16)$$

Нәтижесінде θ_1 нақты түрде келесідегідей көрініс табады:

$$\theta_1 = arctg2\frac{y}{x}. \quad (3.17)$$

Функция (arctg2) алым мен бөлім екеуінің белгілері негізінде аргументтің арктангенсі мен тиісті квадрант құрайды.

Сонымен қатар, 3.13 - тен 3.15 - ке дейінгі теңдеулердің квадраттарын қосу арқылы, роботталған қол геометриясы мен мақсатты нүктенің координаталарының функциясы ретінде θ_3 косинусының анық өрнегін алуға болады.

$$c_3 = \frac{x^2 + y^2 + z^2 - ({L_1}^2 + {L_2}^2 + {L_3}^2) - 2 \cdot L_1 (z - L_1)}{2 \cdot L_2 \cdot L_3}. \quad (3.18)$$

Пифагорлық тригонометриялық сәйкестіктен:

$$s_3 = \pm\sqrt{1 - {c_3}^2}. \quad (3.19)$$

Жоғарыдағы теңдеудегі алгебралық белгідегі екіұштылық, теңдеудің бірнеше шешімдердің көрсеткіші болып табылады. Екі шешім қолдың бір нүктеге жету үшін алатын екі түрлі конфигурациясына сәйкес келеді (яғни, шынтақ жоғарыға және шынтақ төменге). Алдыңғысына сәйкес,

$$\theta_3 = arctg2\left(\frac{s_3}{c_3}\right). \quad (3.20)$$

3.15 – теңдеуін ескере отырып, тригонометриялық сәйкестікті бұрышқа қосуды және келесі айнымалыларды анықтағанда,

$$k_1 = (c_3 L_3 + L_2), \quad (3.21)$$

$$k_2 = s_3 L_3. \tag{3.22}$$

Келесі теңдеуді көрсетуге болады:

$$z - L_1 = k_1 S_2 + k_2 c_2. \tag{3.23}$$

Теңдеудің екі жағын қайта құру және квадраттау арқылы 3.24 теңдеуін аламын:

$$(z - L_1 - k_1 S_2)^2 = (k_2 c_2)^2. \tag{3.24}$$

Содан кейін сол жақтың жақшасын ашып, мүшелерін қайта топтастыру арқылы келесі квадрат теңдеуі алынады:

$$\left({k_1}^2 + {k_2}^2\right) \cdot {s_2}^2 + 2k_1(L_1 - z)S_2 + \left(z^2 + {L_1}^2 - {k_2}^2 - 2zL_1\right) = 0. \tag{3.25}$$

Квадраттық формуланы қолданып, роботты қолдың геометриясы, мақсатты нүктесінің z координатасы және 3.20 – теңдеуінен алынған мән арқылы θ_2 өрнектеуге мүмкіндік бар:

$$\theta_2 = arcsin\left(\frac{A \pm \sqrt{B}}{2({k_1}^2 + {k_2}^2)}\right), \tag{3.26}$$

мұндағы,

$$A = -2k_1(L_1 - z),$$

$$B = \left(2k_1(L_1 - z)\right)^2 - 4\left({k_1}^2 + {k_2}^2\right)\left(z^2 + {L_1}^2 - k^2 - 2zL_1\right).$$

3.26 – теңдеуінен θ_2 үшін екі түбір, шешім бар. θ_2 табу үшін тағы бір тәсіл бар, осы формуланы алу үшін x және y координаталарының теңдеулері, яғни, теңдеу 3.13 және 3.14, келесі түрде жазылады,

$$x = c_1(k_1 c_2 - k_2 s_2), \tag{3.27}$$

$$y = s_1(k_1 c_2 - k_2 s_2). \tag{3.28}$$

3.27 және 3.28 – теңдеуін алу кезінде тригонометриялық бұрыштарды қосу формулалары қолданылды. Енді 3.27 – теңдеуінен 3.28 – теңдеуін алып тастаймын,

$$\frac{x - y}{c_1 - s_1} = k_1 c_2 - k_2 s_2. \tag{3.29}$$

3.23 – теңдеу мен 3.29 – теңдеу трансценденталды теңдеулер жүйесі болып саналады, оларды полярлық координаталарға айналдыру арқылы шешуге болады.

$$r = \sqrt{(k_1)^2 + (k_2)^2} \text{ және } \gamma = arctg2\left(\frac{k_2}{k_1}\right),$$

келесілерді алу үшін

$$k_1 = rcos\gamma \text{ және } k_2 = rsin\gamma,$$

осылайша,

$$\frac{x-y}{c_1-s_1} = rc_\gamma c_2 - rs_\gamma s_2. \quad (3.30)$$

Тригонометриялық бұрышты қосу формуласын 3.11 – теңдеуді қолданамын:

$$\frac{x-y}{r(c_1-s_1)} = \cos(\gamma + \theta_2). \quad (3.31)$$

3.23 – теңдеуді тригонометриялық бұрыштарды қосуды (3.12 – теңдеу) пайдаланып, былай жазуға болады:

$$\frac{z-L_1}{r} = \sin(\gamma + \theta_2). \quad (3.32)$$

3.32 – теңдеуін 3.31 – теңдеуіне бөліп, k_1, k_2, r және γ мәндерін ауыстырып орнына қойғанда,

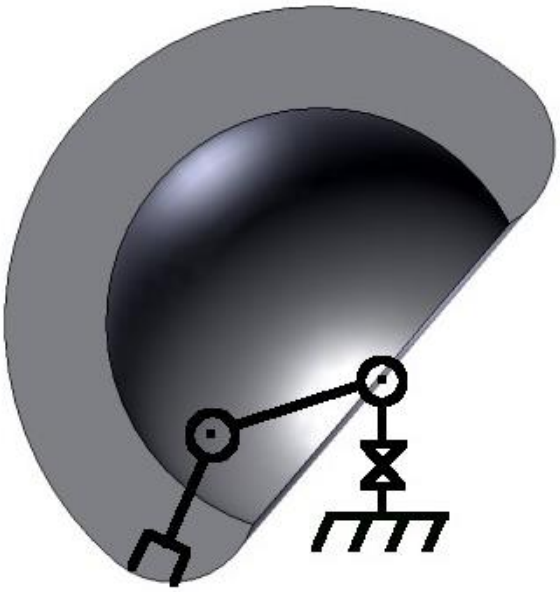
$$\theta_2 = arctg2\left(\frac{(z-L_1)(c_1-s_1)}{x-y}\right) - arctg2\left(\frac{s_3L_3}{c_3L_3+L_2}\right). \quad (3.33)$$

3.33 – теңдеуі θ_2 –ні анық есептеудің тағы бір әдісін ұсынады. Екі әдіс те бірдей нәтиже беруі керек. Демек, мақсатты x, y және z координаталарын 3.17, 3.20 және 3.26 (немесе 3.33 – теңдеу) теңдеулеріне ауыстыру арқылы θ_1, θ_2 және θ_3 түзіледі, содан кейін роботталған қол сілтемелері кеңістікте сол орынға жету үшін сәйкесінше айналады.

3.5 Жұмыс кеңістігі

Роботтың жұмыс кеңістігі (кейде қол жетімді кеңістік деп аталады) – бұл соңғы эффектор (ұстағыш) жете алатын барлық орындар. Жұмыс кеңістігі еркіндік дәрежесінің бұрышына қатысты шектеулерге, байланыстың ұзындығына, бірдеңе алу керек бұрышқа және т.б. тәуелді. Жұмыс кеңістігі робот конфигурациясына өте тәуелді.

Көбінесе, барлық буындар максимум 180 градусқа айналады деп есептеуге мүмкіндік береді, өйткені көптеген сервоқозғалтқыштар осы мөлшерден аспайды. Жұмыс кеңістігін анықтау үшін, төмендегі сурет 3.4-тегідей, соңғы эффектор жететін барлық орындарды қадағалау қажет.



Сурет 3.4 - Соңғы эффектордың жететін барлық аймағы

Жұмыс кеңістігі алға кинематиканың есептеулерінен алынған теңдеулерді зерттеу арқылы аналитикалық жолмен анықталады. Бұрыштың косинусы -1 мен 1 шамаларының аралығында болады, сондықтан 3.18 – теңдеуде алынған формула негізінде келесі математикалық теңсіздік орындалады,

$$-2L_2L_3 \leq x^2 + y^2 + z^2 - 2L_1z + 2{L_1}^2 - \left({L_1}^2 + {L_2}^2 + {L_3}^2\right) \leq 2L_2L_3. \quad (3.34)$$

Жоғарыда келтірілген теңдеудің шамалы манипуляциясы кезінде,

$$(L_2 - L_3)^2 \leq x^2 + y^2 + (z - L_1)^2 \leq (L_2 + L_3)^2. \quad (3.35)$$

Нәтижесінде (0, 0, L_1) центр шарының ішкі және сыртқы радиустары (L_2 - L_3) және (L_2 + L_3) сәйкесінше.

4 Экономикалық бөлім

4.1 Жұмыстың мақсаттары мен міндеттері

Техникалық-экономикалық негіздеудің мақсаты – мысал арқылы еркіндік қозғалысы 3 дәрежелі манипуляциялық роботты жобалау экономикалық тұрғыдан өміршең жоба екенін дәлелдеу.

Менің жұмысымдағы зерттеудің техникалық-экономикалық негіздемесінде мыналар бар:

- бизнес-жоспар құру;
- түйіндеме жазу;
- нарықтағы құрал-жабдықтарды таңдау;
- жобаға кететін шығындарды есептеу;
- жобаның экономикалық тиімділігін есептеп қарастыру;
- жобаның ықтималды бағасын анықтау.

4.2 Бизнес-жоспар

Менің дипломдық жұмысымның осы бөлігінде мен жобалап, зерттеп жүрген құрылғыға, яғни манипуляциялық роботқа экономикалық жоспар құрдым. Сол үшін, бизнес-жоспарға шолу жасап кетсем.

Бизнес-жоспар – бұл кәсіпорынның немесе кәсіпкердің экономикалық мақсаттарын және оларға қалай жетуге болатындығын, оның мақсаттары мен әдістерін көрсететін құжат. Нарықтық ортаның жағдайы мүмкін болатын өзгерістер мен кедергілерде, жобадан түсетін қаражаттың көлемінде және т.б. көрінеді.

Мен, бизнес-жоспарымда жобаланған роботтың экономикалық пайдасы, инвестициялық шығындары және экономикалық тиімділігі жайлы жаздым.

4.3 Түйіндеме

Жұмысымда түстерді сұрыптау механизмі негізінде жеңіл заттарды ұстауға және орналастыруға арналған үш еркіндік дәрежесі бар роботты қолдың дизайны қарастырылады.

Қазіргі кезде манипуляторлық роботтар өндірісте кең қолданыс тапқан. Жеңіл заттардан бастап, ауыр заттарды көтеруде, дәнекерлеуде, сұрыптауда, ғылыми-зерттеу мекемесінде,зиянды заттармен жұмыс жасауда кеңінен қолданылады.

Мен заманауи манипуляциялық роботтар туралы қысқаша түсініктеме бердім. Осы жобамен байланысты олардың ішінде менің жобалап, зерттеліп жатқан негізгі құрылғым – үш еркіндік дәрежесі бар робот-манипуялтор. Бастапқы кездегі роботтарды басқарған үлкен және бағалы компьютерлік жүйелермен салыстарғанда, қазіргі кездегі роботтарды кішігірім әрі арзан дербес компьютерлердің көмегімен басқаруға болатындығы тиімділіктердің бірі деп санауға болады.

4.4 Нарықтағы құрал-жабдықтарды талдау

Робот-манипуляторды жасамас бұрын, алдымен сапалы әрі тиімді материалдарды таңдап алу қажет. Роботқа кететін материалдарды AmperMarket электроника магазинінен қарастырып таңдауға болады.

Кесте 4.1 - Amper Market магазиніндегі материалдардың бағасы

Материалдың атауы	Бағасы
Arduino Uno	3800 тг
MG90S серводвигателі (ұзартқышпен)	1950 тг
MG995 серводвигателі (ұзартқышпен)	2850 тг
Arduino Uno үшін сенсорлық шилд V5.0	950 тг

Бұл жобаланған роботты алюминийдан жасауға болады. Алюминийдің нарықтағы бағасы – 1200 тг/кг.

4.5 Инвестициялық шығындар

Инвестициялық шығындарды есептеуге келетін болсақ, ең алдымен, шығындардың өзіне мыналар жатады: қажет құрал-жабдықтарды алу және бағдарламаны сатып алу. Бұл шығындар (4.1) формуласымен есептеледі:

$$\sum К_с = К_Қ + К_{БҚ}, \tag{4.1}$$

мұндағы $К_Қ$ – қажет құрал-жабдықтарды сатып алуға арналған капитал;

$К_{БҚ}$ – бағдарламаны алуға арналған капитал.

Қажет құрал-жабдықтарды алуға арналған капитал (4.2) формуласы арқылы табылады:

$$К_қ = С_{құр} + З_{тас} + З_{мон}, \tag{4.2}$$

мұндағы $С_{құр}$ – қажет құрал-жабдықтардың бағасы;

$З_{тас}$ – тасымалдауға кететін баға;

$З_{мон}$ – монтаждауға кететін баға.

Қажет құрал-жабдықтардың құны кесте 4.2-де тұр.

Кесте 4.2 - Қажет құрал-жабдықтардың және олардың құны

Құрал-жабдықтардың атауы	Дана, шт	Құны, тг	Жалпа құны, тг
Монитор	1	52500	52500

Кесте 4.2-нің жалғасы

Жүйелік блок	1	160000	160000
Пернетақта	1	2800	2800
Тышқан	1	2200	2200
Үстел	1	13500	13500
Орындық	1	4000	4000
Arduino Uno	1	3800	3800
MG90S серводвигателі (ұзартқышпен)	1	1950	1950
MG995 серводвигателі (ұзартқышпен)	3	2850	8550
Arduino Uno үшін сенсорлық шилд V5.0	1	950	950
Алюминий	1	1200	1200
Барлығы			251450

Жоғарыдағы кестенің нәтижесіне сүйенетін болсақ, қажетті заттарды сатыпалу үшін капиталдық салым 251450 тг болды.

Ал енді, тасымалға арналған шығын осы қажет материалдардың шығынынан 5-10 % болып келеді, оның формуласы келесідегідей:

$$З_{тас} = С_{құр} \cdot 0{,}1, \tag{4.3}$$

$$З_{тас} = 251450 \cdot 0{,}1 = 25145 \text{ тг.}$$

Келесі, монтаждауға арналған шығын, тасымалға кететін шығын сияқты, қажет материалдардың шығынына тәуелді болып келеді. Сонда ол 6-8% алады және оның есептеу формуласы:

$$З_{мон} = С_{құр} \cdot 0{,}08, \tag{4.4}$$

$$З_{мон} = 251450 \cdot 0{,}08 = 20116 \text{ тг.}$$

Қажет құрал-жабдықтарды алуға арналған капиталды табатын болсақ,

$$К_{қ} = 251450 + 25145 + 20116 = 296711 \text{ тг.}$$

Қолданылатын программа MATLAB-тың (жылдық лицензия) бағасы 275$ АҚШ доллары, ол теңгемен, қазіргі курспен 117905 тг болады, сонымен жалпы шығын:

$$\sum К_с = 296711 + 117905 = 414616 \text{ тг.}$$

4.6 Экономикалық тиімділігі

Мен бұл бөлімде робот-манипулятор мен адамның жұмыстарының салыстырмалы, шамамен, жақын шығындарын есептедім. Бірінші бөлімде айтылып кеткендей, робот-манипулятордың жұмысы адамға қарағанда, негізінен, жылдамырақ және өнімдірек болады. Осы өнімділікті анықтау үшін (4.5) формуласын қолданып табамын.

$$Ѳ = \frac{Т_ж}{Т_б}, \quad (4.5)$$

мұндағы Ѳ – барлық өнім саны;

Т – өнімді әзірлеуге кеткен жалпы уақыт;

Т – бір өнім әзірлеуге кеткен уақыт (шамамен, роботтікі 10 секунд, ал адамдікі 1,6 с)

Адамның өнімділігі, келесідей:

$$Ѳ_1 = \frac{3600}{1,6} = 2250.$$

Манипуляциялық роботтың өнімділігі:

$$Ѳ_2 = \frac{3600}{10} = 360.$$

Манипуляциялық робот және адамның өнімділігінің өзгешелігін была анықтаймын:

$$ЕѲ = \frac{Ѳ_1}{Ѳ_2}, \quad (4.6)$$

$$ЕѲ = \frac{2250}{360} = 6,25.$$

4.7. Жобаның ықтимал бағасын анықтау

Жобаның ықтимал (келісімшарттық) бағасының мөлшері өнімділік, сапа және оның орындалу мерзімі, тапсырыс берушінің (тұтынушының) және мердігердің қаржылық мүдделеріне жауап беретін деңгейде ескеріле отырып белгіленуі керек.

Шарттық құны келесі формула бойынша есептеледі:

$$Б_ш = К_с \cdot \left(1 + \frac{Р}{100}\right), \quad (4.7)$$

мұндағы $К_с$ – жоғарыда есептелген жалпы капиталдық шығындардың суммасы;

Р = 20% – жобаның рентабельділігінің орташа деңгейі.

Мәндерін орын-орнына қойып, алатыным:

$$Б_ш = 414616 \cdot \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 497540 \text{ тг.}$$

Бұдан әрі қосылған құн салығын (ҚҚС) ескере отырып, өткізу бағасы айқындалады, ҚҚС ставкасы заңнамалық түрде ҚР Салық кодексінде белгіленеді. 2021 жылға ҚҚС ставкасы 12% мөлшерінде белгіленген. ҚҚС есебімен сату бағасы мына формула бойынша есептеледі:

$$Б_с = Б_ш + Б_ш \cdot ҚҚС. \quad (4.8)$$

Мәндерін орнына койсам:

$$Б_с = 497540 + 497540 \cdot 0{,}12 = 557244{,}8 \text{ тг.}$$

Экономикалық бөлімді қорытындылай келетін болсам, бұл бөлімде манипуляциялық роботқа бизнес-жоспар құрылды. Менің бизнес-жоспарымда осы робот жасауға кететін шамамен есептеулер жүргізілді. Нақтылай кетсем, нарықтағы материалдар таңдау, инвестициялық шығындарды есептеу және оның адаммен салыстырғандағы тиімділігі есептелінді. Жалпы осы жобаға кететін жалпы шығынның бағасы 414616 теңгені құрады. Яғни, ол жалпы шығынға құрал-жабдыққа кететін 296711 тг және қолданылатын MATLAB бағдарламасының жылдық лицензияның бағасы 117905 тг кірді.

Сосын манипуляторлық роботтың экономикалық тиімділігі қарастырылды. Осы робот-манипулятордың адаммен салыстырғанда 6,25 есе аз сұрыптайтыны белгілі болды.

Және де осы жобаның ықтималды сату бағасы есептелінді, ол ҚҚС – ты қоса есептегенде, 5577244,8 теңгені құрады.

5 Өмір-тіршілік қауіпсіздігі және еңбек қорғау бөлімі

5.1 Еңбек жағдайларын талдау

Өмір-тіршілік қауіпсіздігі – бұл қызметкердің қоршаған ортамен қауіпсіз өзара әрекеттесуін зерттейтін, өмірді сақтау мақсатында қауіпті жағдайларды анықтайтын және қорғау әдістері мен құралдарын дамытатын пән. Өмір-тіршілік қауіпсіздігінің басты мақсаты – өмірдің қолайлы және қауіпті емес жағдайларын дамыту. Тіршілік қауіпсіздігінің негізгі мәселелері:

а) қатерді анықтау;

б) қауіптің алдын алу және қорғау;

в) төтенше жағдайлар кезіндегі қауіп-қатерлерді жою үшін қауіпсіз жағдайларды қалыптастыру;

г) өмірге төнетін түрлі қатерлерді азайту және алдын-алу.

Бұл проблемаларды шешу мүлдем барлық қолданыстағы заңдардың, стандарттардың және еңбекті және қоршаған ортаны қорғаудың жалпыға бірдей қабылданған шараларын іске асыруды көздейді.

Өндіріс аймағында қауіпсіз және ыңғайлы еңбек жағдайларын қалыптастыру, техникалық қауіпсіздік нұсқауларының барлық шарттарын орындау және қоршаған ортаның қауіпсіздігін қамтамасыз ететін сенімді өндірістік жұмыстарды қалыптастыру маңызды база болып саналады.

Ыңғайлы және қауіпсіз еңбек жағдайларын бұзу немесе қамтамасыз етпеу денеге психикалық және физикалық зақым келтіруі мүмкін. Осы ереженің негізінде зертханалар мен құрылғыларды орналастыру қызметкер үшін өте ыңғайлы және қауіпті емес аймаққа кепілдік беретін етіп жасалуы керек. Ол үшін зертханада жұмыс аймағында кенеттен көлеңкелер пайда болуын, таза ауа үшін желдетуді және т.б.

Құрылғыларды дұрыс орнату және оларды дұрыс орналастыру ыңғайлы қозғалуға мүмкіндік береді және жұмысқа ешқандай кедергі келтірмейді, бұл қызметкерден табиғи емес қалыпта болуын немесе жабдықты күтпеген жайылымда ұстауды талап етеді (Сурет 5.1).

Сурет 5.1 - Денеге қатысты жұмыс орны компоненттерін дұрыс орналастыру

Компьютермен жұмыс жасайтын қызметкерінің қауіпсіз жұмысына қойылатын талаптар:

- жұмыс аймағын негізделген таңдау;
- жұмыс жағдайын таңдау;
- қолданылатын материалдардың ең қолайлы орналасуын таңдау.

Негізгі мағынасы - құрылғыны пайдалану кезінде апаттар мен жарақаттардың санын ең аз деңгейге дейін азайту, жұмыс орны өндірістік және өрттен қорғаудың жалпы қабылданған стандарттарына сәйкес келеді, ал дизайнер өз жұмысы барысында жалпы қабылданған стандарттар мен қауіпсіздік талаптарын сақтауы керек жұмыс және төтенше жағдайлардың пайда болуына ықпал етпейді.

Бұл дипломдық жұмыста еркіндік қозғалысы 3 дәрежелі манипуляциялық робот қарастырылып жатыр. Инженер-программист қажет және оған арнайы бөлме қажет.

Жұмыс қызметкері жұмыс істейтін бөлменің ауданы 12 м^2 болып келеді. Бөлменің өлшемдері: ұзындығы 3 м, ені 4 м және биіктігі 3 м. Жұмыс кезінде кішкене дәнекерлеу жұмыстары жүргізілмейді, сондықтан бөлме өрт қаупінің D санатына жатады, яғни жарылғыш заттар жоқ және оңай тұтанатын заттар жоқ.

Қызметкер келесі қауіпті және зиянды әсерге ұшырауы мүмкін:

- электр тоғының соғу қаупі;
- өрт қаупі;
- әлсіз жарықтандыру;
- желдетудің нашарлығы;
- дұрыс емес микроклимат;
- зиянды заттардың қауіпті концентрациясы;
- шу;
- психофизиологиялық факторлар.

Штат құрамына роботтың бағдарламасын программалай алатын инженер-программист кіреді. Әр қызметкердің жұмыс күні түскі үзілістерді қоспағанда, 8 сағатқа созылады, аптасына 5 күн, бұл Қазақстан Республикасының аумағындағы еңбек жөніндегі ГОСТ-қа сәйкес аптасына 40 сағат.

ДК-де жұмыс істейтін қызметкерлер зейіннің шоғырлануын қажет ететін әр түрлі тапсырмаларды орындайтындықтан, әр өткен сағаттан кейін 10 минут үзіліс жасап тұруы қажет, ал компьютерде жұмыс жасау уақыты 4 сағаттан аспауы керек. Жоғарыда көрсетілген шарттарды сақтамау қызметкерлердің шаршауына әкелуі мүмкін, бұл программаны құрастыру мәселелерін шешуде қателіктерге жол беруі мүмкін. ДК пайдаланушысының жұмыс орнының ауданы кемінде 6 м^2 болуы керек. Үй-жайларды күнделікті тазалап, әр жұмыс сағатынан кейін жүйелі түрде желдетіп отыру керек.

Төмендегі таблицада осы кабинеттің жарығын есептеу үшін бастапқы дерекетері кесте 5.1-де, ал кесте 5.2-де анықтамалық деректер берілген.

Кесте 5.1 - Бастапқы деректер

Параметрлері	Мәндері
Бөлме түрі	Кабинет
Бөлме өлшемдері (А*В*Н)	3*4*3 м
Терезе биіктігі	$h_{тер}$ = 2 м
Шам түрі	ЛБ-80
Көру жұмысының разряды	IV, а
Шағылысу коэффициенттері	$\rho_{төбе}$ = 30%, $\rho_{қабыр}$ = 10%, $\rho_{еден}$ = 10%
Ғимарат биіктігі	$Н_{ғим} = 12$ м
Жанында тұрған ғимаратқа дейінгі арақашықтық	$Р_{ғим} = 6$ м
Жарық белдеуі	Алматы, IV

Кесте 5.2 - Анықтамалық деректер

Параметрлері	Мәндері
Қор коэффициенті	$К_к$ = 1,2
Көру жұмысының разряды IV, а кезіндегі жарықтық	Е = 300 лк
Шамның жарық ағыны	Ф = 5220 лм
Жұмыс бетінің стандартты биіктігі	$h_{жб}$ = 1 м

5.2 Бөлменің табиғи жарықтануын есептеу

Табиғи жарық өзінің спектрлік құрамы бойынша ең қолайлы болып табылады. Құрылымдық ерекшеліктері бойынша табиғи жарықтандыру үшке бөлінеді, олар: бүйірлік, жоғарғы және біріктірілген. Бүйірлік табиғи жарықтану сыртқы қабырғалардағы терезелер арқылы жүзеге асырылады. Жоғарғы табиғи жарықтану ғимараттың биіктігі мен фонарьлар өзгеретін жерлерде шырақшылар арқылы жүзеге асырылады. Ал сәйкесінше, біріктірілген табиғи жарықтану – бүйірлік және жоғарғы табиғи жарықтанулардың үйлесімі.

Табиғи жарықтандыру, е – табиғи жарықтандыру коэффициентімен сипатталады (ТЖК немесе КЕО). Табиғи жарықтандыру коэффициенті – бөлме ішіндегі берілген жазықтықтың белгілі бір нүктесінде күнмен (тікелей немесе шағылысудан кейін) жасалған табиғи жарықтың толық ашық аспан жарығымен құрылған сыртқы көлденең жарықтандыру мәніне қатынасы.

Бүйірлік табиғи жарықта минималды мән ($е_{мин}$) қалыпқа келтіріледі. Жоғарғы және аралас жарықтандыру кезінде ТЖК орташа мәні нормаланады (СНжЕ II-4-79 «Табиғи және жасанды жарықтандыру» сәйкес).

Егер технологиялық процестің шарттары бойынша бөлменің әртүрлі учаскелерінде жарықтандырудың әртүрлі деңгейлерін қамтамасыз ету қажеттілігі туындаса, бөлмені бүйірлік жарықтандыруы бар аймақтарға-терезелері бар сыртқы қабырғаларға іргелес аймақтарға және жоғарғы жарықтандыруы бар аймақтарға бөлуге рұқсат етіледі.

ТЖК-нің нормаланған мәндері жарық климатының III белдеуі үшін келтіріледі, ал ТМД климатының басқа белдеулері үшін (I, II,IV,V) жарық климатының нормаланған мәндері мынадай формула бойынша анықталады:

$$\mathrm{E_н} = \mathrm{E_т} \cdot m \cdot c, \tag{5.1}$$

мұндағы $\mathrm{E_т}$ – ТЖК-нің СНжЕ 23-05-95 бойынша таблицалық мәні;

m – жарық климатының коэффициенті;

с – күн климатының коэффициенті.

Табиғи жарықтандыруды есептеу – негізінен, жарық саңылауларының ауданын анықтаудан тұрады. Бұл жұмыс орнына табиғи жарықьтың қалыпты түсуі үшін қажет, бірақ сонымен қатар жұмыс процесіне ешқандай кедергі келтірмеуі және осы бөлменің жұмысшыларына зиян келтірмеуі керек.

Берілгені:

Ұзындығы – 3 м;

Ені – 4 м;

Биіктігі – 4 м.

ТЖК нормаланған мәнін анықтау үшін:

Жарық климатының коэффициенті кесте бойынша анықталады. Терезелер екі жағында орналасқан.

Алматы қаласы үшін m = 0,9 (Солт.), m = 0,8 (Оңт.)

ТЖК мәні e_N=0,9

$$e_\text{н} = e_N \cdot m = 0{,}9 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9 = 0{,}648. \tag{5.2}$$

Еден деңгейінен жұмыс бетінің биіктігі 1 м, терезелер 1 м биіктіктен басталады, терезелердің биіктігі 1,6 м және кабинет Алматы қаласында орналасқан, яғни IV жарық белдеуі.

Бүйірлік жарықтандыру кезінде ТЖК нормаланған мәндерін қамтамасыз ететін S_0 бүйірлік ойықтарының (терезелерінің) ауданын мынадай формула бойынша анықтаймыз:

$$S_0 = \frac{S_n \cdot e_\text{н} \cdot \eta_0 \cdot \mathrm{К_{гим}} \cdot \mathrm{К_к}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1}, \tag{5.3}$$

мұндағы S_n – бөлменің еденінің ауданы;

$e_\text{н}$ – ТЖК-нің нормаланған мәні:

η_0 – терезелердің жарықтық коэффициенті;

$К_{ғим}$ – қарама-қарсы ғимараттардың терезелерінің көлеңкесін ескеретін коэффициент;

$К_{қ}$ – қор коэффициенті;

τ_0 – жарық өткізудің жалпы коэффициенті;

r_1 - бөлменің бетінен және ғимаратқа іргелес қабаттан шағылысқан жарықтың әсерінен бүйірлік жарықтандырумен ТЖК-нің жоғарылауын ескеретін коэффициент.

Компоненттерін анықтаймын:

$$S_n = A \cdot B, \tag{5.4}$$

$$S_n = 3 \cdot 4 = 12 \text{ м}^2.$$

η_0 – ті табу үшін келесі есептеулер жүргізу керек.

Терезелердің жарықтық сипаттамасы:

$$h_1 = h_{\text{тер}} + h_{\text{под}} - h_{\text{жб}}, \tag{5.5}$$

$$h_1 = 2 + 1 - 1 = 2 \text{ м}.$$

Екі жақты жарықтандыру кезіндегі бөлменің тереңдігі:

$$l = \frac{B}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ м}, \tag{5.6}$$

$$\frac{A}{l} = \frac{3}{2} = 1{,}5, \tag{5.7}$$

$$\frac{l}{h_1} = \frac{2}{2} = 1. \tag{5.8}$$

Есептеулердің нәтижесінде η_0=8,5-ке тең болды.

Жарық өткізгіш материал ретінде бос шыны екі жақты ашылатын блоктарды қолданамын, жақтаулардың түрі – темірбетон тіректері. Құжаттамадан мәндерді қабылдаймын:

$$\tau_1 = 0{,}5;\ \tau_2 = 0{,}6;\ \tau_3 = 0{,}8;$$

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 = 0{,}5 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}8 = 0{,}24. \tag{5.9}$$

Бөлмедегі орташа шағылысу коэффициенті $\rho_{орт}$=0,5 мен бір жақты жарықтандыруды қабылдаймын. r_1 мәнін табу үшін:

$$\frac{A}{l} = \frac{3}{2} = 1{,}5,$$

$$\frac{l}{B} = \frac{2}{4} = 0{,}5.$$

$r_1 = 1$ деп таңдаймын.

Күңгірттеу коэффициенті:

$$К_{ғим} = \frac{Р_{ғим}}{Н_{ғим}}, \quad (5.10)$$

$$К_{ғим} = \frac{6}{12} = 0{,}5, К_{ғим} = 1{,}7.$$

Барлық табылған мәндерді (5.3) формулаға коямын:

$$S_0 = \frac{12 \cdot 0{,}648 \cdot 8{,}5 \cdot 1{,}7 \cdot 1{,}2}{100 \cdot 0{,}24 \cdot 1} = 5{,}6 \text{ м}^2.$$

Нормаланған жарықтандыруды қамтамасыз ету үшін терезелердің жалпы ауданы 5,6 м^2 қажет. Қаралып отырған бөлмеде екі жақты жарықтандыру кезінде терезелердің әрбір жағынан ауданы 4 м^2 құрайды. Терезе параметрлері: 2х2 м, ал жалпы ауданы - 8 м^2. Сондықтан күндізгі уақытта жарықтандыру қалыпты жағдайға сәйкес келеді және қосымша жарықтандыру қажет етпейді.

5.3 Бөлменің жасанды жарықтануын есептеу

Пайдалану коэффициентін есептеу белгілі бір шамдарды қаншалықты тиімді және үнемді пайдалануға болатындығын анықтауға мүмкіндік береді. Пайдалану коэффициенті әдісі өндірістік жарықтандыруды есептеу кезінде ең дәл болып табылады.

Қарастырылып отырған әдіс – бетіне түсетін жарық ағынының жарықтандыру құрылғысының толық ағынына қатынасына тең η коэффициентінің мәнін анықтау.

Есептеу практикасында ρ коэффициенттерінің мәндері бөлменің геометриялық параметрлерін (бөлме индексі) олардың оптикалық сипаттамасымен ($\rho_{қабыр}$ қабырғаларының, $\rho_{төбе}$ төбесінің және $\rho_{еден}$ еденінің шағылысу коэффициенттерімен) байланыстыратын кестелерден алынады.

Бөлменің индексі мынадай формула бойынша айқындалады:

$$i = \frac{A \cdot B}{H(A+B)}, \quad (5.11)$$

мұндағы А – бөлменің ұзындығы, м;

В – бөлменің ені, м;

Н – биіктігі, м.

$$i = \frac{3 \cdot 4}{3(3+4)} = 0{,}57.$$

Келесі жарық ағынын пайдалану коэффициентін анықтаймын:

η = 20% = 0,2

Қатарлармен орналасқан ЛШ үшін ең аз жарықтандыру коэффициенті: z=1,1. Ал, шамдардың санын келесі формуламен табамын:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot K}{\Phi \cdot \eta}, \qquad (5.12)$$

$$N = \frac{300 \cdot 12 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}2}{5220 \cdot 0{,}2} = 2 \text{ (шам)}.$$

3*4*3 м параметрлерімен және IV,а көру жұмыстарының разрядымен бөлменің қажетті жарықтандырылуын қамтамасыз ету үшін ЛБ-80 типті 60 Вт-тық 2 шамды орнату қажет.

5.4 Өмір-тіршілік қауіпсіздігі бөлімі бойынша қорытынды

Дипломдық жұмыстың осы бөлімінде жұмыс кабинетінде жұмыс істейтін персоналдың еңбек жағдайлары қарастырылды, табиғи және жасанды жарықтандырудың параметрлері есептелді.

Күндізгі уақытта қажетті жарықтандыруды қамтамасыз ету үшін қосымша жарықтандыру қажет емес, өйткені бөлмедегі терезелердің ауданы қажетті табиғи жарықпен қамтамасыз етеді. Жұмыс кабинетіндегі өндірістік жарықтандыруды есептеу, жұмыстардың берілген разряды IV, а кезінде жарықтандыру нормаларын қамтамасыз ету үшін (бойынша 2.04-05- 2002 ҚР СНжЕ) 2 дана мөлшерінде ЛБ-80 шамдарын пайдалану қажет екенін көрсетті.

Жобаның персоналдың еңбек жағдайына және қоршаған орта жағдайына әсерін бағалай отырып, оны жүзеге асыру барысында Өмір қауіпсіздігінің барлық нормалары сақталатынын атап өтуге болады.. Сондай-ақ, бұл жоба ҚР Үкіметінің 2007.06.27 №54 қаулысымен бекітілген шаруашылық қызметтің экологиялық қауіпті түрлерінің тізбесіне кірмейді.

Қорытынды

Зерттеудің мақсаты – белгілі бір жерден екінші жерге жеңіл заттарды таңдауға және орналастыруға қабілетті үш еркіндік дәрежесі бар роботты қолды жобалау. Буындар үшін оңтайлы қима модулі болып екі тікбұрышты балка жиынтығы екендігі анықталды, өйткені оны қатты және бос цилиндрлік балкалармен салыстырғанда құрылымның беріктігінің салмаққа қатынасы жоғары болып келеді. Сонымен қатар,алға және кері кинематикалық талдау жүргізілді және қолдың жұмыс кеңістігі үшін математикалық теңдеу жасалды.

Сонымен қатар, манипуляциялық роботтың AutoCAD бағдарламасында 3D моделі сызылды. Және де осы роботтың артықшылықтары мен жұмыс істеу принциптері қарастырылды.

Экономикалық бөлімде жобаға бизнес-жоспар құрылды. Оның ішіне түйіндеме, нарықтағы құрал-жабдықты таңдау, инвестициялық шығындарды есептеу, экономикалық тиімділігін есептеу және ықтималды сату бағасы кірді.

Өмір-тіршілік қауіпсіздігі және еңбек қорғау бөлімінде еңбек жағдайларын талдау жүргізілді. Сонымен катар, бөлменің табиғи және жасанды жарықтануының есептеулері жүргізілді.

Пайданылған әдебиеттер тізімі

1 Лесков А.Г., Бажинова К.В., Сильверстова Е.В. – Кинематика и динамика исполнительных механизмов манипуляционных роботов, 2017. – 103 с.

2 Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. – Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов, 1986. – 264 с.

3 Черноусько Ф.Л., Болотник Н.Н., Градецкий В.Г. – Манипуляционные роботы: динамика, управление, оптимизация, 1989. – 363 с.

4 Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление, 2007. – 488 с.

5 Denavit J., Hartenberg R.S. – Kinematic Notation for Lower-Pair Mechanisms Based on Matrices. Journal of Applied Mechanics, 1955. – 221 pp.

6 Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. – Управление роботами. Основы управления манипуляционными роботами – 400 с.

7 Craig J.J. – Introduction to robotic. Mechanics and Control, 2013. – 564 pp.

8 Юревич Е.И. – Основы робототехники, 2005. – 416 с.

9 Lorenzo Sciavicco, Luigi Villani. – Robotics: Modelling, Planning and control, 2008. – 45.

10 Фу К., Гонсалес Р., Ли К. – Робототехника, 1989. – 624 с.

11 Принцип работы сервоприводов – https://academy.evolvector.ru/index.php?route=product/product&product_id=73

12 Шыңғысов Б.Т. – Робот техникасы негіздері, 2019. – 129 б.

13 Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров для студентов всех форм обучения специальности 050719 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации – Алматы: АИЭС, - 2008. -19 с.

14 Алипбаев К.А., Исмаил Е.Е.. Методические указания к выполнению дипломной работы для студентов специальности 5В074600 - Космическая техника и технологии.- Алматы: АУЭС, 2019.

15 Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат – Алматы: АИЭС, 2009. - 20 с.