

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасы

Құсайнов Сәкен Мейірулы

«Қысқа қашықтыққа заттарды жеткізуге арналған роботтық жүйе»

дипломдық жұмысқа
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА

6В07111 - Робототехника және мехатроника

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы



**дипломдық жұмысқа
ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА**

Тақырыбы: «Қысқа кашықтыққа заттарды жеткізуге арналған роботтық жүйе»

6B07111 - Робототехника және мехатроника

Орындаған

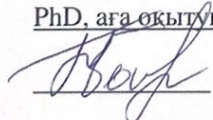
Құсайнов С.М.

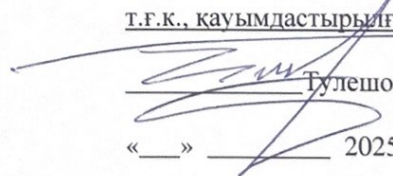
Рецензент

Ғылыми жетекшісі

PhD, аға оқытушы

т.ғ.к., қауымдастырылған профессор

 Қарымсакова Н.Т.

 Тулешов Е.А.

«__» _____ 2025 ж.

«__» _____ 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары кафедрасы

6B07111 - Робототехника және мехатроника

БЕКІТЕМІН

РТжАТК кафедрa меңгерушісі
техника ғылымының кандидаты,
профессор
Қ.Ә. Өжікенов
2025 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Құсайнов Сәкен Мейірұлы

Тақырыбы: Қысқа қашықтыққа заттарды жеткізуге арналған роботтық жүйе
Университет ректорының 2025 жылғы «__» № -П/Ө бұйрығымен бекітілген

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

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: Arduino, SolidWorks.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) роботты қолданудың маңыздылығы мен болашағын түсінуге мүмкіндік беретін жан-жақты және терең зерттеу болып табылады

б) роботтың пайдалану мүмкіндіктері

в) роботтың пайдасын дәлелдеу

Графикалық материалдың тізбегі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайтарда 8 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 15 атаулардан

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

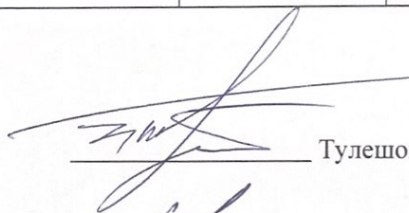
Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертпелер
Теориялық бөлім	16.01-12.02.2025 ж.	Орындалды
Зерттеу бөлімі	20.03-17.04.2025 ж.	Орындалды
Қорытынды бөлім	17.04-20.05.2025 ж.	Орындалды

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қытысты бөлімдердің жұмыстарын (жобасын) көрсетумен, кеңесшілері мен қалып бақылаушының

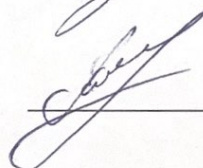
ҚОЛДАРЫ

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	Игембай Е.А. техника ғылымдарының магистрі, оқытушы	05.06.2025	

Ғылыми жетекшісі

 Тулешов Е.А.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

 Кұсайнов С.М.

Күні

« 05 » 06 2025 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста мобильді роботты жүйелер типтері жасалынып қарастырылды. Олардың түрлері, жұмыс жасау мақсаттары және қандай комплексті түрдегі элементтерден тұратыны көрсетілді. Мобильді робот кешендеріне байланысты талдаулар жүргізілді. Олардың сапасы, қызмет ету айырмашылықтары көрсетілді. Дипломдық жұмыс барысында мобильді робот конструкциясы жобаланды. Оның жұмыс жасау принципі конструкция элементтеріне талдау жасалынып ойластырылды. Металдық және композитты материалдар тізбегі ойластырылды. Үш аяқты мобильді роботтың жетектеріне талдау жасалынып атқаратын қызметіне байланысты электро жетек типтері көрсетілді. Конструкция элементтеріне беріктікке есептеу жұмыстары жасалынды. Қажетті деңгейдегі коэффициенттері анықталып ойластырылды. Кинематикалық есептік талдаулар жасаланып, формулалық деңгейдегі кинематикалық тізбектері анықталды. Кинематикалық формулалар арқылы есептері жасалынып, MATLAB бағдарламасында сандық есептік көрсеткіштері жасалынды.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассмотрены типы мобильных роботизированных систем. Показаны их разновидности, цели использования и составные элементы комплексного типа. Проведён анализ мобильных робототехнических комплексов. Отражены различия в качестве и функциональных возможностях. В ходе работы была спроектирована конструкция мобильного робота. Рассмотрены принципы его функционирования, проведён анализ конструктивных элементов. Подобраны металлические и композитные материалы. Выполнен анализ приводов трёхопорного мобильного робота, определены типы электроприводов в зависимости от выполняемых функций. Проведены расчёты на прочность элементов конструкции, определены необходимые коэффициенты. Выполнен кинематический анализ, определены формульные кинематические цепи. На основе кинематических формул выполнены расчёты, численные результаты получены с использованием программного пакета MATLAB.

ABSTRACT

This thesis explores various types of mobile robotic systems. Their classifications, purposes of operation, and the complex elements they comprise are presented. Analytical studies of mobile robotic complexes have been conducted, highlighting differences in quality and functionality. During the course of the work, the design of a mobile robot was developed. The principles of operation were examined, and a detailed analysis of the structural components was performed. Selections of metallic and composite materials were proposed. The actuators of a three-legged mobile robot were analyzed, and appropriate types of electric drives were determined according to their functions. Structural strength calculations were carried out, and necessary coefficients were identified. A kinematic analysis was performed, and the corresponding kinematic chains were defined in formulaic form. Using these formulas, calculations were conducted, and numerical results were obtained using MATLAB software.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	
1	Жерүстінде жүретін арнайы мақсаттағы қолданысқа ие болатын мобильді роботтық жүйелердің өркендеу деңгейін ғылыми негізін талдау	9
1.1	Өнеркәсіптік мобильді робототехниканың эволюциялық даму үрдістері мен стратегиялық міндеттері	9
1.2	Қолданыстағы мобильді роботтық кешендерге шолу	10
2	Конструкторлық бөлім	15
2.1	CAD жүйесінде заттарды тасымалдауға арналған мобильді роботты жобалау.	15
2.2	CAE жүйесінде заттарды тасымалдауға арналған мобильді роботты жобалау.	12
2.3	Мобильді робототехникалық жүйенің құрауыштары	17
2.4	Жүйенің функционалды схемасының түсіндірмесі	22
3	Мобильді роботтың математикалық моделі	25
3.1	Моботтың кинематикалық модельнің есептері	26
3.2	Simulink қоосымшасындағы мобильді робот моделі	27
3.3	Сандық есептеу шешімдері	28
	Қорытынды	33
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	34

КІРІСПЕ

Қазіргі таңда әлемде робототехникалық жүйелер қарқынды дамып келеді. Әсіресе АҚШ, Жапония, Германия және Корея сияқты дамыған мемлекеттерде роботтардың өндірістегі үлесі 80%-дан асып отыр. Бұл үрдіс Қазақстанда да көрініс табуда — елімізде роботтық жүйелерге қызығушылық артып, олардың әртүрлі түрлері жасалып, өндіріске енгізіле бастады. Әсіресе қызметтік функцияларға ие роботтар өндіріс орындарына белсенді түрде енуде.

Технологияның дамуымен қатар, роботтардың қолданылу аясы да кеңейіп келеді. Соңғы жылдары қоймаларда жүк тасымалдауға арналған мобильді роботтар, сондай-ақ қалдықтарды автоматты түрде тасымалдайтын шағын роботтық кешендер белсенді дамуда. Бұл дипломдық жұмыста дәл осындай — заттарды жақын қашықтыққа тасымалдауға арналған мобильді роботтың құрылымы мен басқару жүйесі зерттеліп, прототипі қарастырылады.

Жалпы алғанда, қазіргі заманғы роботтар адам еңбегін жеңілдетуге бағытталған және интеллектуалды алгоритмдер арқылы күрделі тапсырмаларды орындай алады. Олар өндірістік процестерді автоматтандыруға, еңбек өнімділігін арттыруға және өнім сапасын жақсартуға мүмкіндік береді. Робототехниканың дамуы жаңа ғылыми және өндірістік міндеттерді шешуге жол ашты.

Мобильді роботтар — басқару модульдері арқылы әртүрлі тапсырмаларды орындай алатын интеллектуалды жүйелер. Бұрын мұндай жүйелер үлкен көлемдегі компьютерлермен басқарылса, қазіргі таңда олар шағын басқару платаларымен (мысалы, Arduino немесе Raspberry Pi) жұмыс істей алады. Арзан әрі шағын болса да, мұндай жүйелердің функциялары күрделі өндірістік роботтардан кем түспейді. Алайда, мобильді роботтардың тиімді жұмыс істеуі үшін сенімді басқару модулі қажет, себебі әлсіз басқару жүйесі роботтың жұмысын күрделендіреді.

Басқару жүйелерінің ішінде Siemens контроллері өндірістік салада кеңінен қолданылады және күрделі операциялық командаларды орындауға қабілетті. Arduino негізіндегі жүйелер қарапайым әрі икемді болғанымен, өндірістік масштабта шектеулерге тап болуы мүмкін. Осы себепті олар көбіне шағын жобаларда немесе тәжірибелік құрылғыларда қолданылады.

Соңғы жылдары қорғаныс саласында қолданылатын роботтар да қарқынды дамуда. Әскери роботтар мина іздейтін, ату жүйелерін басқаратын немесе барлау жүргізетін жүйелер ретінде пайдаланылады. Ал өндірістік мақсатта қолданылатын мобильді роботтар заттарды тасымалдау, сұрыптау, жеткізу функцияларын орындай алады.

Зерттеу жұмысының өзектілігі

Қоймалар мен өндірістік цехтарда ауыр немесе қауіпті заттарды автоматты түрде тасымалдау қажеттілігі артып келеді. Бұл процесті автоматтандыру адам еңбегін азайтып, қауіпсіздікті арттырады және өнімділікті жоғарылатады. Осы

тұрғыда мобильді тасымалдаушы роботтарды жасау — заманауи өндірістің өзекті мәселелерінің бірі.

Жұмыстың мақсаты - ақын қашықтықтағы заттарды тасымалдауға арналған мобильді роботтық кешеннің прототипін жасау және оны басқару жүйесін жобалау.

Жұмыстың міндеттері

- Заманауи мобильді роботтарға шолу жүргізу және олардың классификациясын анықтау;
- Роботтың құрылымдық және функционалдық сызбасын жасау;
- Басқару жүйесі ретінде қолданылатын платаны таңдау (ESP32, Arduino және т.б.);
- Жүйеге сенсорлар мен жетектерді енгізу арқылы автоматты қозғалыс алгоритмін құру;
- Роботты сынақтан өткізу және оның жұмыс тиімділігін бағалау.

1 Жерүстінде жүретін арнайы мақсаттағы қолданысқа ие болатын мобильді роботтық жүйелердің өркендеу деңгейін ғылыми негізін талдау

Қазіргі уақыттағы көп кең түрде пайдаланылатын мобильді роботтық жүйелердің арасында жерүстіндегі мобильді роботтар бірінші орынды алады. Осы жүйелердің қызметтік айырмашылықтарына және қозғалмалы механикасына орай нақыталынып үш ірі топтамалық жіктемелерге жіктеледі: дөңгелектер арқылы қозғалатын (немесе шынжыр табан арқылы қозғалатын) жерүстінде қызмет жасайтын мобильді роботтар, қадамдаушы (адымды бойынша қозғалатын роботтар) мобильді роботтар және гибрид типті қозғалыс жасайтын роботтар жерүсті мобильді роботтар.

Сонымен қоса, стандартты түрлерінен басқа тыс, арнайы негізгі сападағы мақсаттағы функцияларды бағытталған жоғары бағдарламаландырылған мобильді роботтардың да санымен сапасы нарығы артып келеді. Оларға теміржол бойымен қозғалатын роботтар, вакуумды адсорбциялық механизмдердің көмегімен тік немесе көлбеу беткейлер бойынша қозғала алатын жүйелер, магниттік күш немесе ауа жастығы негізінде жылжитын құрылғылар, сондай-ақ жер бетімен жорғалап қозғалатын модульдік роботтар жатады.

1.1 Өнеркәсіптік мобильді робототехниканың эволюциялық даму үрдістері мен стратегиялық міндеттері

XXI ғасырда роботтандыру кезеңі адамзаттың қызметінің барлық функционалдық салаларын кешенді түрде қамтуымен ерекшеленеді. Бұл реттілікте роботтарды қолдану немесе қолданбау аясын толықтырып үлкейтіп, олардың адам еңбегіндегі түрлілік пен ауыртпашылықтың барлық тармақтарындағы ұстанымын толығымен түбімен қайтадан қарастырып шығуға айтарлықтай тура реттеуге қарапайымдылықпен қарауға негіз бар болды:

Өндірістік секторлық роботтық жүйелік кешендердің орындаушының тікелей қатысуын немесе қатыспауын толық түрде азайтып, техникалық жүйелік істердің толық немесе жартылай толық автоматтандырылуын реттілікпен орындалуын шешім ретінде қамтамасыз етеді. Мұндай оқиғада адам орындаушы міндеттері арқылы сапа стратегиялық басқару істерін шешімдерін қабылдау және аса күрделі техникалық қателіктерді табуға және оны жоюға негізделген.

Ғарыштық аймақпен судағы тереңдіктерді зерттеу мақсатында робототехникалық жүйелердің іске асырылуы ғылыми және инженерлік сападағы тұрақты зерттеулердің аса үлкен пайдасын кең сапалық деңгейге шығарды.

Медицина саласындағы тұрақты түрдегі жоғары нәтижелі дәлдікті сапамен роботталған хирургиялық кешендердің пайда болуы арқылы асқазан, ми, протездік кинематика секілді аса күрделіде қиын түрдегі құрылымдардағы

орындарға операция жасау мүмкіндігіне араласу мүмкіндіктеріне қарай толық түрдегі қатысуын айтарлықтай арттырды. Сонымен қатар, биомедициналық робототехниканың инженерлік типіндегі арнайы механизмдегі роботталған протездер мен жасанды ағзалар кеңінен қолданыс табуда.

Әскери мақсаттағы роботталған жүйелердің ойлау және функцияналды әдістері мен мүмкіндіктері айтарлықтай арттырылды соның ішінде атап айтқанда: қозғалысты өзі ойластырып карта сызып басқару, қоршаған ортадағы аспектілерді тактикалық түрде жылдамдату арқылы ықтималдылық көрінісін реттеу, нысананы дәлдеу форматындағы тиімділікті арттыру және өзін өзі қауіп төрген жағдайда автономды түрде жою секілді жұмыстық міндеттерді орындау роботтың өзіндік шешім қабылдау арқылы реттеу мүмкіндіктерінің сапасына толықтай көзделіп реттеліп негізделген. Бұл жерде орындаушының мақсаты роботты тактикалық басқару және техникалық қызмет көрсету аясында ғана қалып отыр.

1.2 Қолданыстағы мобильді роботтық кешендерге шолу

Қолданыста қазіргі кезде мобильді роботтардың көптеген түрлері белгілі олар әр-түрлі мақсаттарда жұмыс жасайтын роботтар болып табылады. Бірақ функционалды жұмыс көрсеткіші бойынша заттарды белгілі бір жерге тасымалдау жүйесі бойынша жұмыс жасайды. Келесі ретте осы мобильді роботтар түрлеріне тоқталып олардың артықшылықтарымен кемшіліктеріне назар аударсақ:

LMR мобильді роботы болып табылады бұл роботтар Amazon және тағы басқа қоймаларда жұмыс жасау үстінде, қазіргі кезде бұл роботтардың интеллектуалды ойлау жүйесімен қатар функционалды басқару критерилері ойластырып, тестілеу форматында бақылану үстінде. (1-сурет)

Жалпы мобильді робот кешенінің келесі реттегі характеристикалары бар модель бойынша көрсеткіштер 1-кестеде көрсетілген:

- Жүк көтергіштігі 50-1500кг арасындағы көрсеткішті қамтиды;
- Кешеннің максималды жылдамдығы 2,5 м/с;
- Навигациялық қозғалу көрсеткіші AI-камерамен және 3D LIDAR мен қамтамасыз етілген;
- Автономды қызмет ету уақыты 10 сағатқа дейін болып келеді;



1.1-сурет – LMR мобильді робот кешенінің роботтары

Кесте 1.1 – LMR роботтарының техникалық сипаттамаларының көрсеткіштері

Атауы	600D	1000D	1500D
Номиналды жүктеме	600 кг	1000 кг	1500 кг
Көтеру биіктігі	62 мм	65 мм	70 мм
Салмағы	135 кг	250 кг	290 кг
Айналу өлшемі	1000 мм	1300 мм	1305 мм
Жұмыс жасау уақыты	8 сағ.	9 сағ.	10 сағ.
Өлшемдері	950x650x250	1180x860x265	1180x860x265
Жылдамдығы	2.0 м/с	1.8 м/с	1.5 м/с

Келесі ретте AMR роботтары қарастырылады. Бұл роботтар алдыңғы шолудағы роботтардан қарағанда конструкциялық және жүктемелік навигациялық жылжу жағынан ерекшелінеді. Қазіргі кезде осы роботтардың көптеген түрлері белгілі олар қоймаларда медицинада тіпті машина жасау зауыттарында онымен қоса адамдарға қызмет көрсету салаласына еңгізілген[1].

Жалпы мобильді робот кешенінің келесі реттегі характеристикалары бар модель бойынша көрсеткіштер 2-кестеде көрсетілген:

- Жүк көтергіштігі 25-800кг арасындағы көрсеткішті қамтиды;
- Кешеннің максималды жылдамдығы 2 м/с;
- Навигациялық қозғалу көрсеткіші AI-камерамен және 3D LIDAR мен қамтамасыз етілген;
- Автономды қызмет ету уақыты 8 сағатқа дейін болып келеді;



1.2-сурет – AMR Mir-100 мобильді робот кешені

Кесте 1.2 – AMR роботтарының техникалық сипаттамаларының көрсеткіштері

Атауы	Mir-100	Mir-200	Mir-300
Номиналды жүктеме	50 кг	100 кг	150 кг
Көтеру биіктігі	100 мм	125 мм	125 мм
Салмағы	60 кг	75 кг	85 кг
Айналу өлшемі	300 мм	350 мм	380 мм
Жұмыс жасау уақыты	8 сағ.	9 сағ.	10 сағ.
Өлшемдері	750x450x250	750x500x265	780x550x265
Жылдамдығы	2.0 м/с	1.5 м/с	1.5 м/с

Жоғарда көрсетілген роботтардың функционалдық көрсеткіштері бір болғанмен ары қарай конструкциясы бойынша ерекшелінеді. Контрукциялары тот баспайтын болаттардан жасалынады және басқада компазитті материалдар қолданылады олар пластикті компазитті материалдар болып табылады. Жалпы бұл роботтарда пластикті бөлшектерде көп кездеседі. Себебі олар салмағын азайтуға және кейбір композитті материалдардың тұрақты өтуіне көмектесе алады. Сол себепті осы конструкциялы матераилдар қарастырылады.

Бұл роботтардың басқару жүйелеріне келетін болсақ олар мультиконтолллерік жүйедегі процессорлар орнатылған сол арқылы олардың сапалық және көрсеткіштік әрекеттері сараланып ойластырылады.

Ендігі кезекте әскери мақсатта қолданылатын мобильді роботтарға шолу қарастырылады.

Әскери мақсаттағы немесе қауіпсіздік мақсатындағы мобильдік роботтардың негізгі жұмыс жасау функциясы ол қауіпсіздік типін анықтау болып табылады. Ол дегеміз жарылғыш заттарды анықтап оларды залласыздандыру жұмысы деп атап көрсетсек болады.

Қазіргі кезде бұл мақсатта жұмыс жасайтын роботтардың түрлері өте көп және олардың функционалды қызметі әртүрлі бағытта көрсетілген.

FLIR PackBot роботы - бұл робот шынжыр табанды маневр жасауға қолайлы, жарылғыш заттарды залалсыздандыруға арналған мобильді робот болып табылады. Конструкциясы жолсыз жерлермен және баспалдақтардан өтуге батпақты жерлерден өтуге мүмкіндік бере алады. Жалпы сенсорлық көрсеткіштері арқылы жарылғыш заттар типін түрлерін анықтай алатын функциямен қамтамасыз етілген. Габаритті размерлері кіші болуына байланысты машина жүк салғышына оңай түрде сыйып кете алатын қасиеті бар сол себепті ыңғайлы конструкциядағы көрсеткішке ие. Қазіргі таңда Америка құрлығында және Еуропа елдерінде қолдысқа ие робот болып табылады. Басқару контроллері ретінде Razbery контроллері қолданылды.



1.3-сурет – FLIR PackBot роботы

Осы роботқа ұқсайтын роботтардың көрсеткіштері төмендегі кестеде көрсетілген:

Кесте 1.3 – Залалсыздандыруға арналған негізгі роботтық жүйелердің салыстырмалы сипаттамасы

Робот атауы	Шығарушы ел	Салмағы	Басқару қашықтығы	Манипулятор мүмкіндігі	Арнайы қолдану саласы
PackBot 510	АҚШ	~30 кг	1000 м дейін	2м ұзындық, 4 еркіндік дәрежесі	Әскери және төтенше жағдайлар
TALON	АҚШ	45–60 кг	1000 м дейін	Модульдік құрылым	Армия, полиция, құтқару қызметі

Telemax	Германия	~80 кг	1000 м дейін	6 еркіндік дәрежесі, телескоптық	Нақты манипуляциялық жұмыстар
Теодор	Ресей	~110 кг	500 м дейін	30 кг дейін жүк көтереді	Ішкі істер органдары, ТЖМ
Уран-6	Ресей	~6000 кг	1000 м дейін	Манипулятор жоқ	Аумақтық мина тазалау
Скарабей	Ресей	~5 кг	300 м дейін	Жоқ	Іздеу және барлау операциялары

2 Конструкторлық бөлім

2.1 CAD жүйесінде заттарды тасымалдауға арналған мобильді роботты жобалау

Жалпы CAD жүйесі дегенеміз бөлшектерді немесе жинақ бөлшектерді компьютер көмегімен модельдеу болып табылады. Қазіргі кезде модельдеу программалары өте кеңінен таралған олар машина жасау, ғарыштық аппараттарды жасау, роботтық кешендер, құрылыс саласында кеңінен қолданылады.

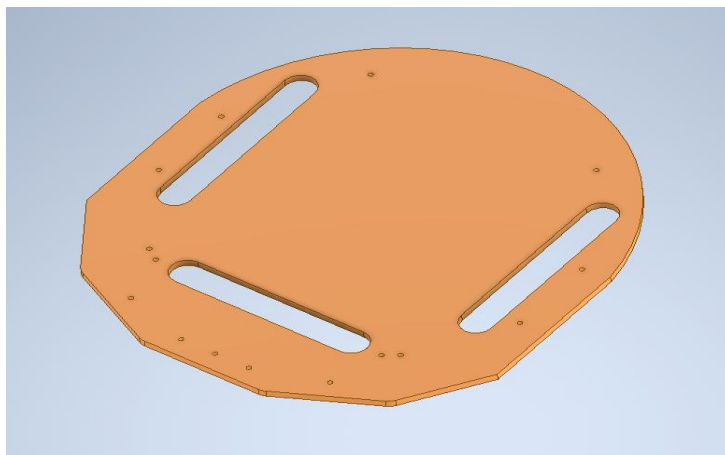
Мобильді роботты жобаламай тұрып, алдымен кешеннің сұлбасын анықтап алу қажет. Мобильдің роботтың базалық конструкциясы ретінде үш аяқты қозғалыс жасайтын робот эскизі ойластырылды.

Роботтың алдымен бөлшектік модельдері Autodesk Inventor бағдарламасында модельденді. Жобалау барысында бағдарламаның эскиздік типті байланыстағы функциялары қолданыс тапты. Осы арқылы беттік модельге эскиз түсіру арқылы алдымен роботтың 3d бөлшектері жасалынып, оларға материалдық көрсеткіштері берілді.

Келесі реттелікте өлшемдері беріліп модельдік форма қалыптастырылды және сол арқылы модельдері орындалды (4-сурет).

Модельдеу этаптары:

- Алдымен өлшем параметрлерін бағдарламада енгізу қажет;
- Келесі кезекте арнайы функциялы қызмет арқылы беттік модельдік қамтамасыздандыру жасау қажет;
- Модель тұрғызылғаннан кейін оған материалдық жабдық бойынша материал таңдалынып орнатылуы қажет;
- Материал орынатылып болғаннан кейін арнайы металдық бояулар арқылы бояу беріледі.

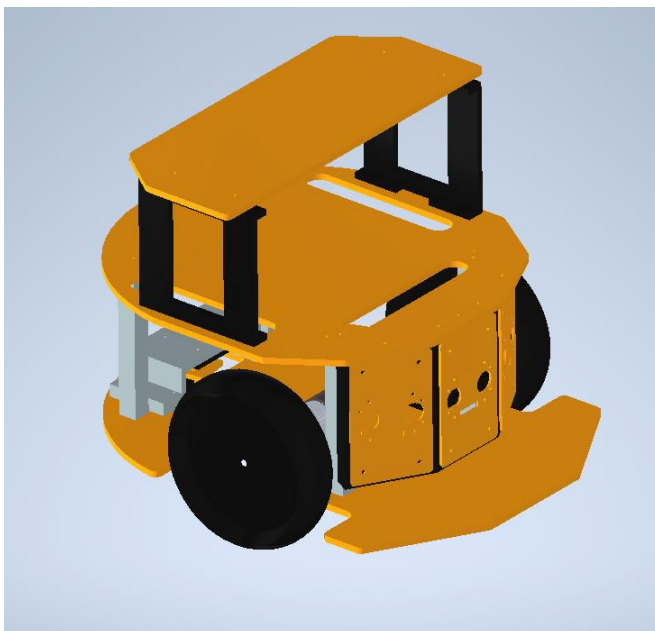


2.4-сурет – Беттік модельдеу функциялары арқылы бағдарламада жасалынған робот бөлшегі

Барлық бөлшектер модельденіп болғаннан кейін келесі ретте жинақтық модель жасау этапы басталады. Жинақтық модель жасау кезеңінде жобаланып тұрғызылған 3д модельдер жиналып үлкен модель тізбегін құратырады. Үлкен модель жасау жұмыс бағдарламада келесідегідей ретте орындалады. Алдымен топтастытырлған модельдер конструкциялық ретте орналасып функциялық карама қайшылықты ескеру мүмкіндігін орындайды. Жинақтық модель жасау барысында барлық элементтердің дұрыс орналастырылатынына көз жеткізіледі.

Орындалу реті мынадай:

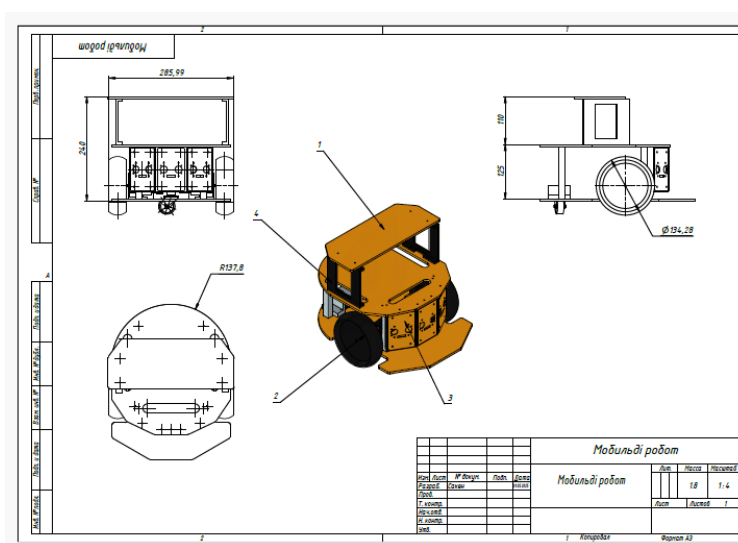
- Алдымен жасалынып жобаланған модельдер бағдарламада бір негізгі ортаға орнатылады;
- Арнайы бір-біріне байланыстыру функциясы арқылы бекітіледі;
- Тұрақты база ретінде бір бөлшек элементі белігіленеді;
- Барлық байланыстар орнатылғанына көз жеткізіледі.



2.5-сурет – Жинақтық модель функциялары арқылы бағдарламада жасалынған робот 3D моделі

Жинақтық модель жасалынып болғаннан кейін келесі кезең осы модельден сызбалық модельдерді құрастыру болып табылады. Бағдарламаның сызба шығару модулі арқылы осы функцияларды алуға мүмкіндік туындайды. Сызбалық модельде жасалынған модельдің өлшемдерін бөлшектер бірлестігіне өлшемдер бере аламыз. Бұл өлшемдер өз кезегінде сызба жұмыстарын жасауға көмектесе алады. Сызбалар арқылы бөлшектер цехта немесе заводттарда жасалынып реттелінеді. Сондықтан сызба жұмыстарында келесідей реттілікпен мәліметтер еңгізіледі:

- Алдымен жасалынып отырғып отырған жинақ сызбаның габариттік өлшемдері, ал егер модельдің сызбасы жасалынып отырған болса онда барлық қажетті сызбалары еңгізіледі;
- Келесі ретте техникалық сипаттамасы еңгізіледі. Жинақ және бөлшектің жеке сызбасына;
- Техникалық параметрлік көрсеткіштері базалық өлшем бірліктері орналастрылады;
- Сызбадағы элементтердің көрсеткішінің саны олардың белгіленуі жазылады;
- Сызбадаға бөлшектердің байланысу түрі көрсетіледі;
- Сызбаға аты, сызған орындаған тұлғаның мәліметтері көрсетіледі.



олардың міндетті түрде өлшемдік модельі және материалы орналастырылуы қажет.

Бағдарламада есептеу жүргізу үшін келесідей реттілікпен функциялық командалар орындалуы қажет олар:

А) Алдымен таңдалынып отырған бөлшекке статиткалық немесе динамикалық есептеу түрін таңдау қажет;

В) Бөлшектерді бағдарламада бекітілу түрін қарастыру керек ол мүмкін қатаң тірек болуы мүмкін;

С) Бөлшекке жүктеме түрін түсіру қажет, жүктеме түрі қысым немесе көлемдік күш және тік нүктелі күш болуы мүмкін;

Д) Бөлшекті немесе модельді кіші торлы элементтерге бөлу орындалады;

Е) Есептік жүргізу функциясына жіберу және шешімін шығару болып табылады.

Есеп жүргізу барысына тоқталатын болсақ бұл жерде есептеуге арналған бөлшек ретінде роботтың беттік модельмен жасалған бөлшегін қарастырамыз және оған тиісті есеп түрін тандап тірек функциясын бекітеміз.

Алдымен бөлшектің қасиеттер панелі тексерілуі қажет оны бағдарламада қарауға болады. Есеп нәтижелері ретінде алдымен бөлшекті беріктік параметрлеріне есептейміз. Ол Мизес кернеуіне байланысты нәтижені береді. Осы арқылы беріктік қор коэффициенті және деформация оған қоса орын ауыстыру есептік нәтижелерін алуға болады. Қорыта айтқанда бөлшектің осал тұсын зерттеуге мүмкіндік туындайды.

Бөлшекке бағдарлама функциясы арқылы алдымен тексеріс жұмыстары жасалынады. Тексеріс жұмыстарына қасиеттер панелі арқылы кіріп сол жерден материалы беріледі.

Твердые тела

Деталь

Обновить

Материал

Сталь, мягкая

Буфер обмена

Плотность

7.850 г/см³

Требуемая точность

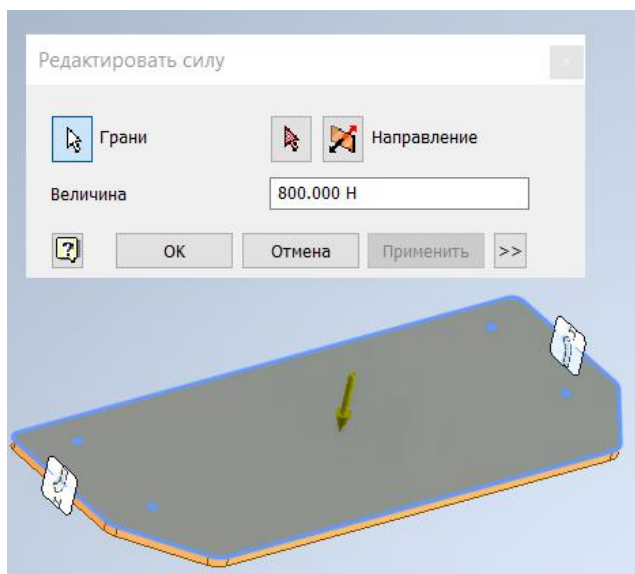
Низкое

Общие свойства

		Центр тяжести	
Масса	1.269 кг (Относитель)	X	-0.000 мм (Относитель)
Площ.	68695.195 мм ² (Отн...	Y	56.303 мм (Относитель)
Объем	161704.485 мм ³ (Отн...	Z	2.500 мм (Относитель)

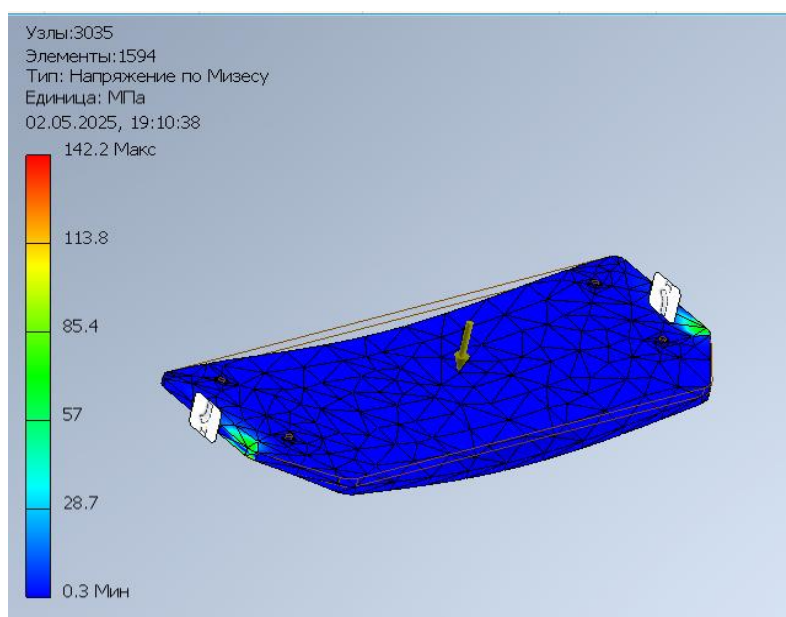
2.7-сурет – Бөлшекке материал таңдау және басқа сипаттамаларын тексеру

Материал дұрыс таңдалынғанына көз жеткізгеннен кейін тірек функциясын және жүктеме функциясы орындалады. Тірек функциясы қатаң немесе бір буынды болуы мүмкін.



2.8-сурет – Бөлшекке тірек және жүктеменің орнатылуы

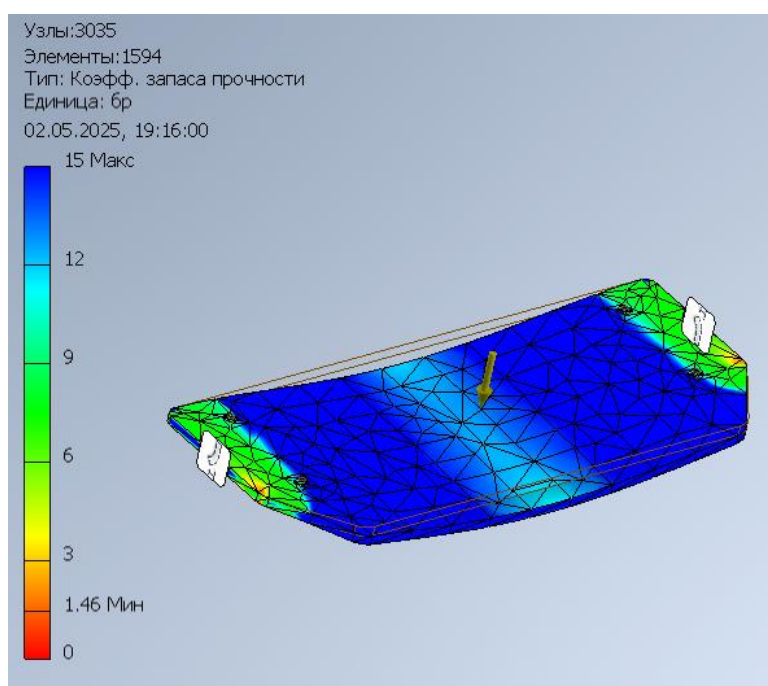
Жүктеме көлемі ретінде 800Н күш алынды. Бұл өз кезегінде роботтың үстінгі қабатында орналасқан платформа болып табылады. Негізгі робот 50 кг салмақты тасуға арналған бірақта оған үстіне тағы 30кг салмақ қосып бұл бөлшек максималды тексеруге жіберіледі. Жіберілмес бұрын бөлшек торлы қабаттарға бөлінеді. Торлардың өлшеміне байланысты есеп дәлдігі құрастырылады. Сол себепті орташа өлшемдегі торлы бөлікшелер таңдалынды.



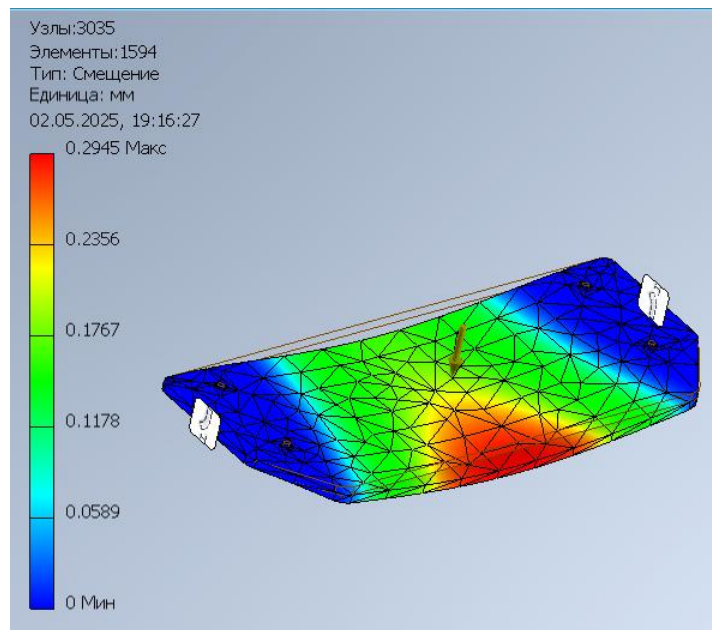
2.9-сурет – Түсірілген күштен туындаған максималды кернеу

2.9-суретте көрсетілген мәндер бойынша жалпы максималды кернеу мәні 142,2МПа екенін байқауға болады. Бұл жердегі қызыл сары жасыл және көк түстердің өзіндік мағынасы бар екенін ескеру қажет. Қызыт түстегі белгіленген аймақтар максималды кернеудің мәнін көрсетеді. Неғұрлым кернеу максималды болса соғұрлым сол қызыл аймақтар әлсіз сынып кетуге бейім аймақтар болып есептелінеді[2].

2.10-суретте беріктік қор коэффициентінің мәнінің минималды мәніне назар аудару жеткілікті. Бөлшек элементі сандық есептеу функциясы арқылы алынған нәтиже бойынша $n=1.46$ беріктік қор коэффициентіне ие болып отыр. Ол тұрақтылықты қамтамасыз етеді.



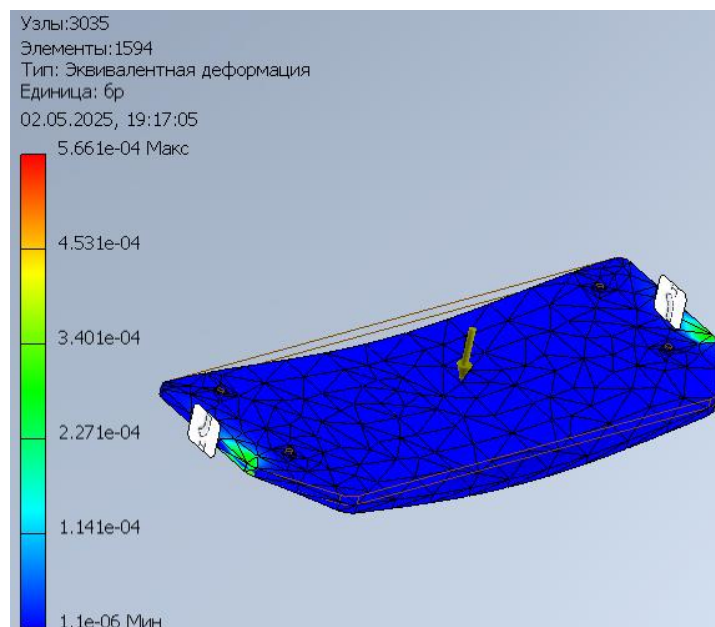
2.10-сурет – Беріктік қор коэффициентінің мәні



2.11-сурет – Орын ауыстыру максималды және минималды мәндері

Орын ауыстыру мәндері бөлшектің жүктеме кезінді неше мм ауытқу туындауы мүмкін екенін көрсете алады. Есеп нәтижесі бойынша максималды түрдегі орын ауыстыру 0,2945мм құрайды. Бұл өте кіші болып саналады[3].

Келесі 2.12-суретте деформацияның минималды және максималды мәндері көрсетілген.



2.12-сурет – Деформацияның максималды және минималды мәндері

2.3 Мобильді робототехникалық жүйенің құрауыштары

Мобильді робототехникалық кешеннің ақпараттық типтегі бөліктері ретінде қарастырылатын роботтың жүйелік бөлшектері дұрыс жұмыс жасау үшін мұқит таңдалынып алынды және соған байлаысты, өзара байланысқа келе алатындай етіп біріктірілген. Негізгі қуаттау ретінде екі дана 12 вольттық қышқылды қорғасын типтегі аккумулятор пайдаланылады. Бұл типтегі энергия көлемі ішкі химиялық реакция арқылы тұрақты токты өндіре алатын сипатқа ие болып келеді және оны қайтадан зарядттап жұмыс істетуге болады. Олар жоғары температурады жұмыс жасай алады және сырты төзімді композитті материалдармен байланған, өте ұзақ мерзімге жұмыс жасау алатын көрсеткішке ие болып тұра алады. Температуралық тұрақсыздыққа қарсы жұмыс жасау алатын қасиетімен ерекшелінеді. Жүйеде бұл батареялар тізбек бойымен жалғанып, 24 В тұрақты энергия көзін бере алады. Бұл энергия роботы басқаруға және жетектерді қозғалтуға жеткілікті болып келеді.

Қадамдық қозғалтқыштар басқару үшін арнайы драйвер қолданылады. Бұл драйвер микроконтроллерден немесе микрокомпьютерден келетін сигналдарды өңдеп, қозғалтқышқа қажетті ток пен кернеу режимін қамтамасыз етеді. Мысалы, А4988 немесе ТМС2209 сынды драйверлер микроқадамдық басқаруға мүмкіндік береді, бұл робот қозғалысының тегістігін арттырады[5].

Роботтың позициясын нақты бақылау үшін оптикалық энкодерлер қолданылады. Бұл датчиктер біліктің айналу бұрышын, жылдамдығын және бағытын анықтайды. Олар жарық диоды арқылы берілген сәуленің дискідегі саңылаулардан өту жиілігіне негізделген сигналды шығарып, қозғалыстың нақты координаталарын басқару блогына жібереді. Кері байланыс принципі негізінде бұл мәліметтер қозғалтқыш жұмысының түзету алгоритмдерін жүзеге асыру үшін қолданылады.

Жүйе ішіндегі модульдер арасындағы байланыс CAN-интерфейс арқылы іске асады. Бұл протокол бастапқыда автокөлік электроникасына арналған, бірақ қазір өнеркәсіптік автоматика мен робототехникада да кеңінен қолданылады. Оның басты артықшылығы — жоғары сенімділік, нақты уақыт режимінде деректер беру мүмкіндігі және ұзын кабельдермен жұмыс істеген кезде де тұрақты байланыс орнату қабілеті. CAN шинасы арқылы бірнеше микроконтроллер немесе модульдер бірдей деректер жолымен жұмыс істей алады, бұл архитектураның кеңеюіне мүмкіндік береді.

Мобильді робот құрауыштары ішінде микроконтроллер ретінде Raspberry Pi микроконтроллер алынды. Бұл контроллер өз негізінде қарапайым және өндірістік мәселелерді шешу жұмысында мықты қызмет атқарады. Жалпы ПИД регуляторлық басқару функциясы бойынша тез арада шешім қабылдауға мүмкіндік жасай алады. Бұл контроллерлер басқаларынан айырмашылығы, тез және ыңғайлы қызмет атқарады. Сол себепті осы контроллер алынып отыр есеп шығару барысында көрсетуге мүмкіндік туады. Жалпы бұл контроллер кеңінен қолданысқа ие контроллер болып табылады.

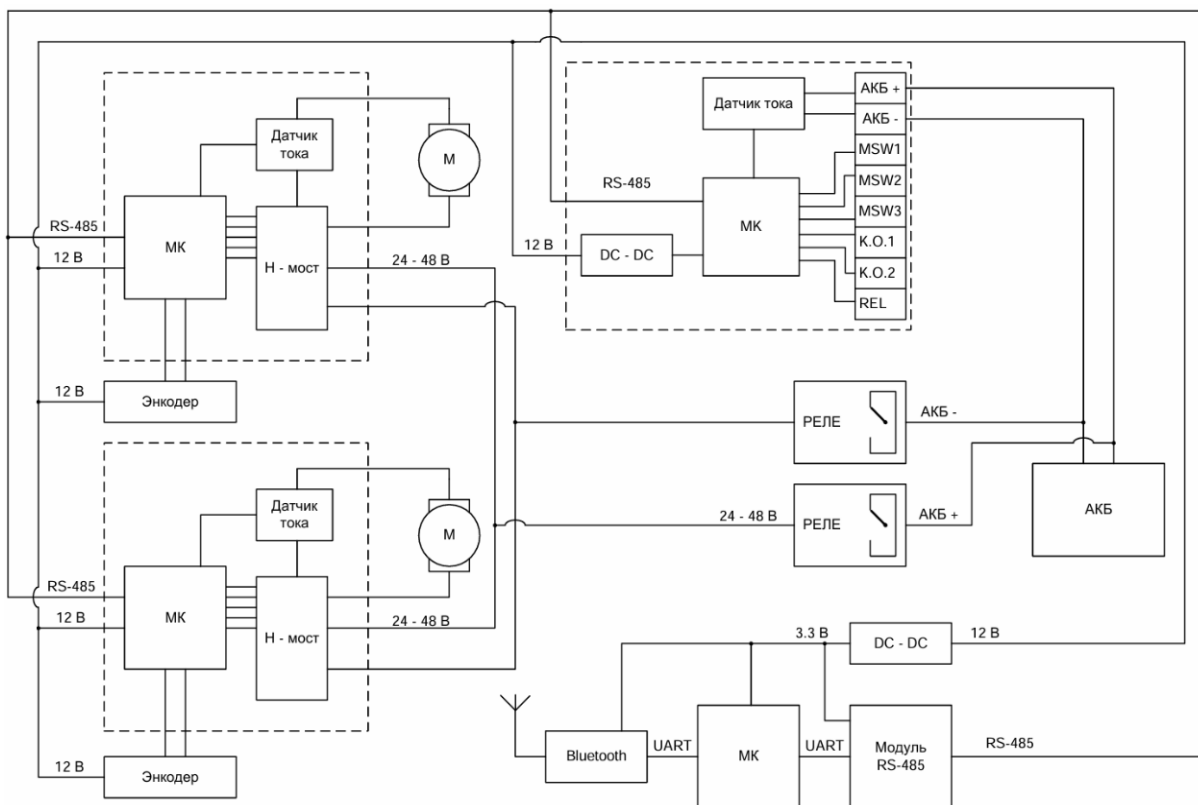
Жүйеде жоғарыда аталған негізгі құрылғылардан бөлек, токты реттеу және қорғау элементтері ретінде реле модульдері мен сақтандырғыштар қолданылады. Сонымен қатар, температураны тұрақтандыру мақсатында желдеткіштер орнатылып, микроконтроллерлердің және драйверлердің қызып кетуінің алдын алады. Жүйенің жұмыс жағдайын визуалды бақылау үшін жарықдиодты индикаторлар мен диагностикалық сенсорлар қарастырылған. Барлық аппараттық компоненттердің біріктірілген жұмысы нәтижесінде мобильді робот автономды түрде қозғалып, нақты тапсырмаларды орындау мүмкіндігіне ие болады. Элементтерді таңдауда олардың сенімділігі, техникалық сипаттамалары және өзара үйлесімділігі ескеріліп, кешенді жүйе ретінде интеграцияланған.

2.4 Жүйенің функционалды схемасының түсіндірмесі

Мобильді робототехникалық кешеннің жұмысы бірқатар электрондық және басқарушы модульдердің өзара әрекеттесуіне негізделген. Жүйенің құрылымы мен жұмыс алгоритмдерін түсіндіру үшін функционалды схема әзірленді (13-сурет). Бұл схема кешеннің ішкі құрылымын жүйелі түрде көрсетіп, негізгі түйіндер арасындағы байланыстарды сипаттайды.

Жүйенің негізгі қоректену көзі – 24-48 В тұрақты кернеу шығаратын аккумулятор батареясы (АКБ). Бұл кернеу барлық электрлік модульдерге таратылады. Қуатты қажетті деңгейге дейін түсіру үшін DC-DC түрлендіргіштер қолданылады. Түрлендіргіштердің көмегімен 12 В және 3.3 В кернеулер алынып, микроконтроллерлер мен байланыс модульдері қоректендіріледі [6].

Жүйе сымсыз басқару сигналы арқылы жұмыс істейді. Бұл функцияны Bluetooth модулі жүзеге асырады. Ол UART интерфейсі арқылы микроконтроллермен байланысады. Сонымен қатар, жүйенің ішкі модульдері арасында сенімді және тұрақты деректер алмасу үшін RS-485 интерфейсі қолданылады. RS-485 модулі барлық микроконтроллерлермен біріктіріліп, көпнүктелі желі ретінде ұйымдастырылған.



2.13-сурет – Жүйенің функционалды схемасы

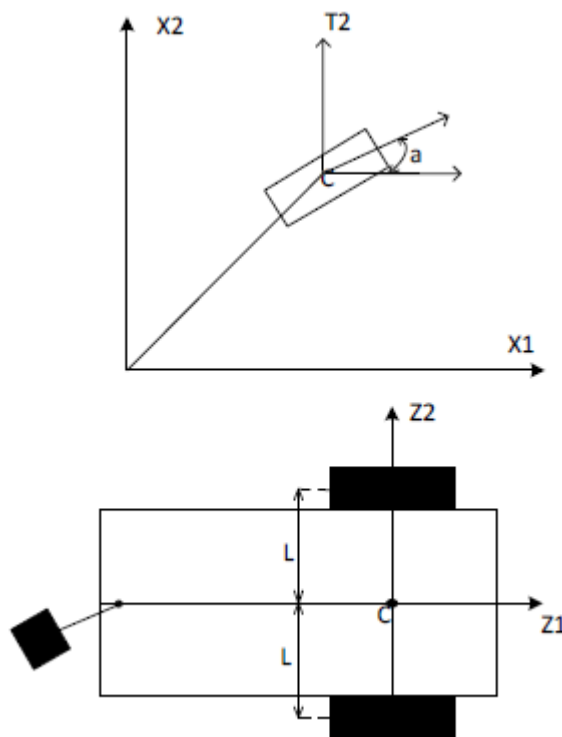
Жетек жүйесінде әр қозғалтқыш жеке микроконтроллер арқылы басқарылады. Қозғалтқыштың айналу бағытын және жылдамдығын басқару үшін Н-мост схемасы қолданылады. Сонымен қатар, қозғалыс параметрлерін кері байланыс арқылы бақылау үшін энкодерлер және ток датчиктері жүйеге енгізілген. Энкодер қозғалтқыш білігінің бұрылу бұрышын өлшейді, ал ток датчигі қозғалтқышқа түсетін жүктемені бақылайды.

Жүйеде бірнеше реле қолданылады, олар арқылы қуат тізбектері қосылып/ажыратылады. Бұл модульдер, сондай-ақ қауіпсіздік функцияларын жүзеге асыруға арналған. Сонымен қатар, қосымша басқару кірістері (мысалы, MSW1, MSW2, KO.1, KO.2) жүйенің жұмыс күйін анықтауға және нақты әрекеттерді іске қосуға мүмкіндік береді.

Микроконтроллер Bluetooth модулі арқылы басқару сигналдарын қабылдайды, оларды өңдеп, RS-485 желісі арқылы орындаушы модульдерге жібереді. Қозғалтқыштар Н-мост арқылы қажетті токты алып, механикалық қозғалысты іске асырады. Жүйенің жұмыс параметрлері үнемі бақылауда ұсталады және қажет болған жағдайда автоматты түрде түзетіледі.

3 Мобильді роботтың математикалық моделі

Екі жетекші дөңгелекпен және бір тірек доңғалақпен қозғалысқа келтірілетін робот-арбаның математикалық моделін қарастырайық. Жетекші дөңгелектер — бір оське бекітілген, бұрылмайтын және өзара динамикалық тұрғыдан тәуелсіз болып табылады. Аталған дөңгелектердің бірі сол жақта (1-дөңгелек), екіншісі оң жақта (2-дөңгелек) орналасқан. Жүйенің қозғалысы абсолюттік Декарт координаттар жүйесінде $x=(x_1, x_2)$ векторымен сипатталады. Сонымен қатар, роботтың ішкі күйін бейнелеу үшін салыстырмалы координаттар $z=(z_1, z_2)$ жүйесі де қолданылады [7]. Бұл модель мобильді роботтардың кинематикалық сипаттамаларын зерттеу мен басқару алгоритмдерін құруда негіз болады (3.1-сурет).



3.1-сурет – Мобильді роботтың кинематикалық модельінің схемалық көрінісі

Әрбір жетекші жүруші дөңгелектер бір-біріне тәуелсіз қозғалыс жасайтын жетексермен қозғалысқа келеді. Арбаның тірек доңғалағы платформа құрылымының көлденең күйде тұрақты болуын қамтамасыз етеді. Бұл доңғалақ өзінің бойлық осі бойынша еркін айнала алады, сонымен қатар тік (вертикаль) оське қатысты эксцентриситетімен сипатталатын бұрылу қозғалысын орындайды. Робот-арбаның динамикалық сипаттамаларын талдау барысында оның массалар центрі ерекше маңызға ие нүкте болып табылады және ол С нүктесі ретінде белгіленеді. Жалпы конструкцияда доңғалақтар келесідей бекітілген:

- Алдымен орнатылған доңғалақтар белгілі бір қатаңдық бойымен конструкцияда орналасқан;
- Келесіде ортада орналасқан пассивті доңғалақтың кедергі коэффициентін ескермеуге қарамауға болады;
- Қозғалыса келтіретін доңғалақтар байланысу бетімен нүктелік арқылы байланысады.
- Доңғалақтар диаметрі және оларды қозғалысқа әкелетін жетектер моделі бірдей стандарт бойынша алынған.

3.1 Роботтың кинематикалық модельнің есептері

Ұсынылып отырған модельде робот-арбаның масса-инерциялық қасиеттері ескерілмейді. Бұл қарапайымдылық кинематикалық талдауды жеңілдетуге бағытталғанымен, нақты динамикалық үдерістерді сипаттауда шектеулер туғызуы мүмкін[8]. Мобильді робот кешенінің (МРК) жұмысы келесі айнымалылар мен параметрлер жиынтығы арқылы сипатталады:

- $x_1^*(t), x_2^*(t)$ – жобаланған жүріп өтетін басты траектория;
- $x_1(t), x_2(t)$ – жүріп өтетін нақты траектория;
- $\hat{x}_1(t), \hat{x}_2(t)$ – бағаланатын жүріп өтетін траектория;
- L – екі доңғалақ арасындағы қашықтық;
- r – доңғалақтардың радиусы;
- n_3 – доңғалақтың бір айналым жасаған кезіндегі энкодерден шығатын импульс сигналдарының саны;
- k_{nc} – айналу жылдамдығы мен электрожетек якорының кернеулінің қатынасындағы байланыс коэффициенті;
- $v_1(t), v_2(t)$ – мобильді роботтың центрінің уақыт бойынша тәуелді әрекет ететін жылдамдығы;
- $v(t) \geq 0$ – мобильді робот центрінің жылдамдығының модулі;
- $S(t) \geq 0$ – мобильді робот центрінің жолы;
- $V(t) = \pm v(t)$ – мобильді робот центрінің жылдамдығының модулі егер робот алдыға жүрсе + кері қарай жүрсе – болады;
- $S(t)$ – мобильді роботтың метражы;
- $V_L(t), V_P(t)$ – оң жақ және сол жақ доңғалақтардың жылдамдығының модулі;
- $S_L(t), S_P(t)$ – оң жақ және сол жақ доңғалақтардың модулі;
- $N_L(t), N_P(t)$ – уақыт бойынша электрожетектердің жылдамдықтары қозғалған кездегі энкодер импульстерінің саны;
- n_3 – бір айналым жасаған кездегі энкодерге келетін сигналдар саны;
- $\alpha(t)$ – ОХ өсі бойынша бұрыштық айналым көрсеткіші;
- $\omega(t)$ – мобильді роботтың бұрыштық жылдамдығы.

Негізгі жүйенің жалпы есептік формулалары төменде көрсетілген, осы формулалар арқылы робот жүрісінің кинематикалық тұрғыдағы қозғалысын бағдарлауға болады және математикалық модель ретінде осы кинематикалық қозғалыс формулаларын пайдалана аламыз. Олар келесі өрнектер:

Екі доңғалақтың жүрген жолы:

$$\hat{S}_л = \frac{2\pi r}{n_э} \cdot N_л \quad (3.1)$$

$$\hat{S}_п = \frac{2\pi r}{n_э} \cdot N_п \quad (3.2)$$

Орташа жүрген жолы:

$$\hat{S} = \frac{\hat{S}_л + \hat{S}_п}{2} \quad (3.3)$$

Мобильді робот центрінің жылдамдығының модульі:

$$\hat{V} = \hat{S} \quad (3.4)$$

Екі доңғалақ бойынша жылдамдық:

$$\hat{v}_1 = V \cos \alpha \quad (3.5)$$

$$\hat{v}_2 = V \sin \alpha \quad (3.6)$$

Мобильді робот центрінің орналасуы мен бұрылу бұрышы:

$$\hat{\alpha} = \frac{\hat{S}_п - \hat{S}_л}{L} + \alpha_0 \quad (3.7)$$

Егер роботтың орын ауыстыру траекториясы уақыт функциялары арқылы берілсе, яғни $x_1^*(t)$, $x_2^*(t)$ координаталары түрінде сипатталса, онда роботтың дәл осы траектория бойынша қозғалуын қамтамасыз ету қажет. Мұндай жағдайда роботтың қозғалысын басқару үшін оның сызықтық және бұрыштық жылдамдықтарын анықтау маңызды.

$$v = \sqrt{\dot{x}_1^{*2} + \dot{x}_2^{*2}} \quad (3.8)$$

$$\omega = \frac{\dot{x}_1^* \dot{x}_2^* - \dot{x}_2^* \dot{x}_1^*}{\dot{x}_1^{*2} + \dot{x}_2^{*2}} \quad (3.9)$$

Дөңгелектердің бұрыштық жылдамдықтары келесі өрнектерге сәйкес анықталады:

$$\omega_{\text{л}} = \frac{v - 0.5 \cdot \omega \cdot L}{r} \quad (3.10)$$

$$\omega_{\text{п}} = \frac{v - 0.5 \cdot \omega \cdot L}{r} \quad (3.11)$$

Осы формулалар негізінде роботтың электрожетектерін басқару жүзеге асырылады. Жалпы негізгі шешімдер теориялық тұрғыдан Matlab бағдарламасында Simulink ортасында шешіледі. Соған орай берілген уақыт бойынша функциядан тізбекті графикті басқару жұмысының ақпараттық тізбегі көрсетіледі. Осы тізбек арқылы есептің шешімдері алынады.

3.2 Simulink қоосымшасындағы мобильді робот моделі

Жалпы Simulink модельіндегі роботтың моделі негізгі 3 бөліктен тұрады:

- Роботты басқару бөлігі;
- Басқару объектісі;
- Қозғалыс күйін бақылайтын блок;

Басқару бөлігі денегіміз бұл негізгі сигналдар жиынтығын мобильді роботқа жіберетін компьютер болып табылады.

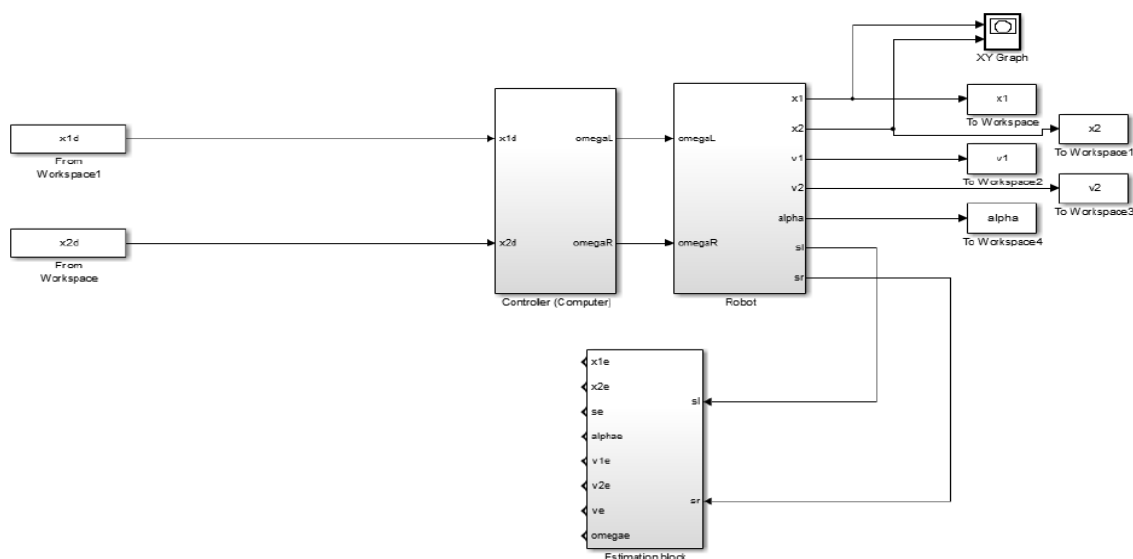
Басқару объектісі ретінде роботтың өзі алынады. Басқару айнымалылары ретінде әр доңғалақтың бұрыштық жылдамдығы алынады.

Айнымалы күй функциясының элементтері ретінде:

X1, X2 және alpha – бұл айнымалылар роботтың қандай орында екенін сипаттайтын айнымалылар болып табылады.

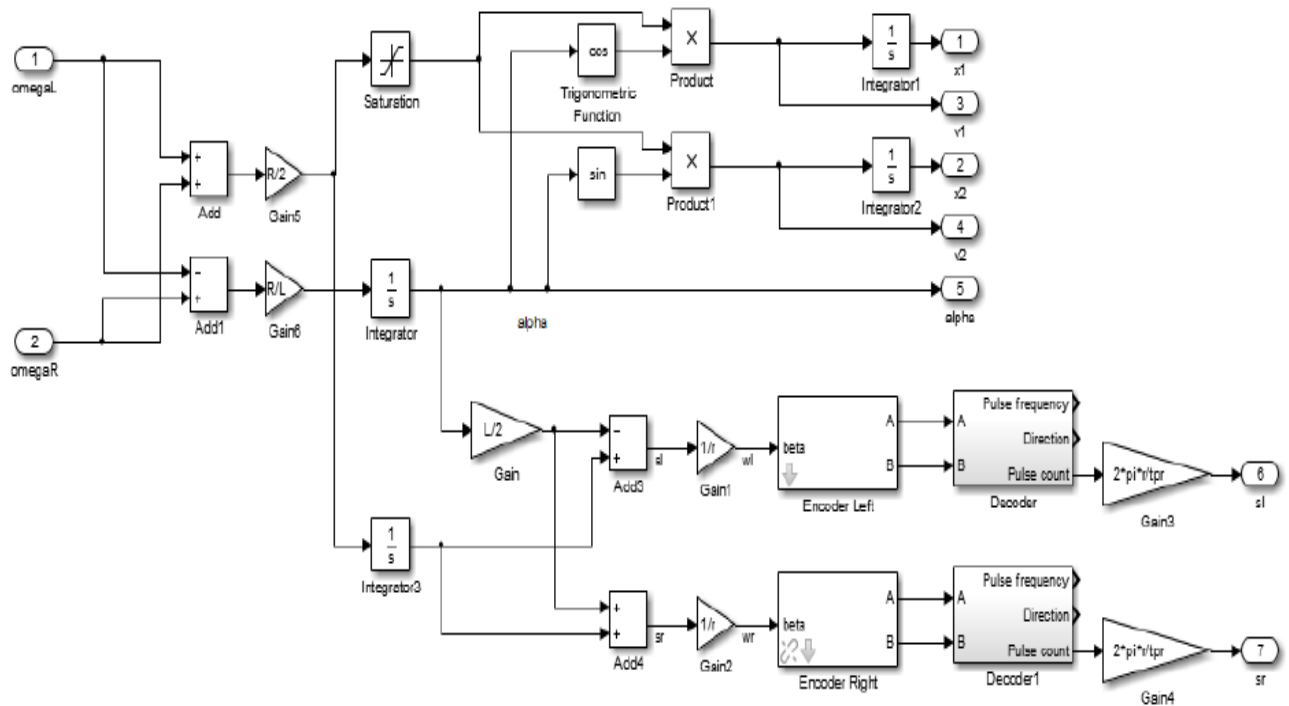
V1, V2 – бұл айнымалылар роботтың жылдамдығын сипаттайды.

Басқару объектісінің шығу айнымалалары ретінде - sl, sr алынады, олар доңғалақтар қанша жол жүргенін сипаттайды ол информацияларды энкодерден алады.

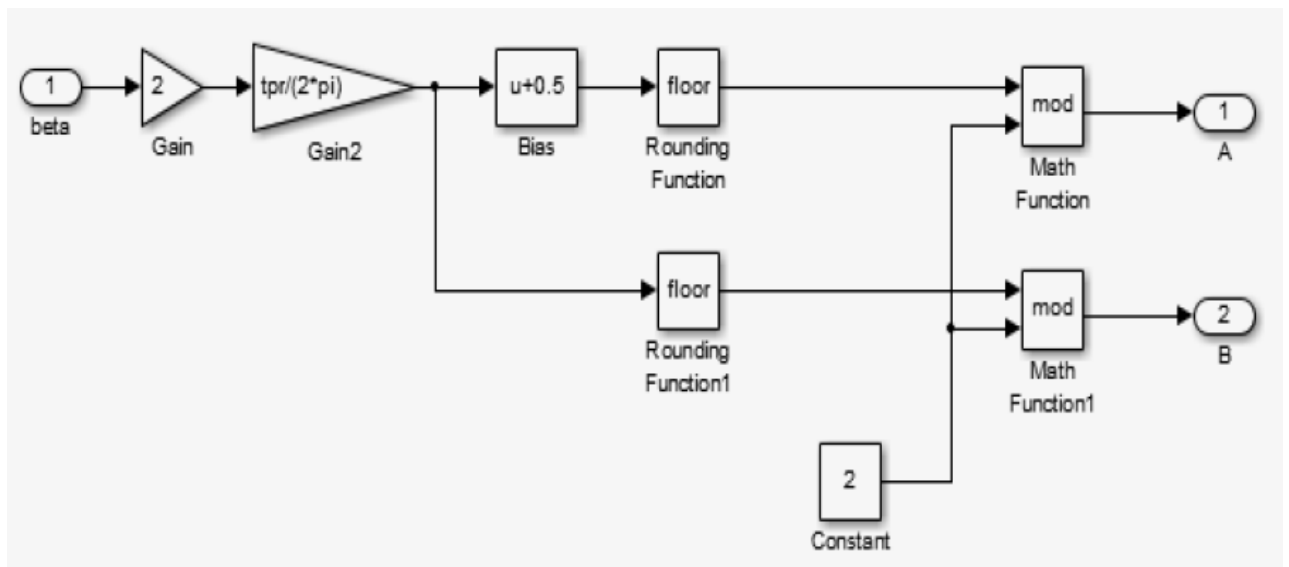


3.2-сурет – Simulink қоосымшасындағы мобильді роботтың басқару жүйесінің жалпы көрінісі

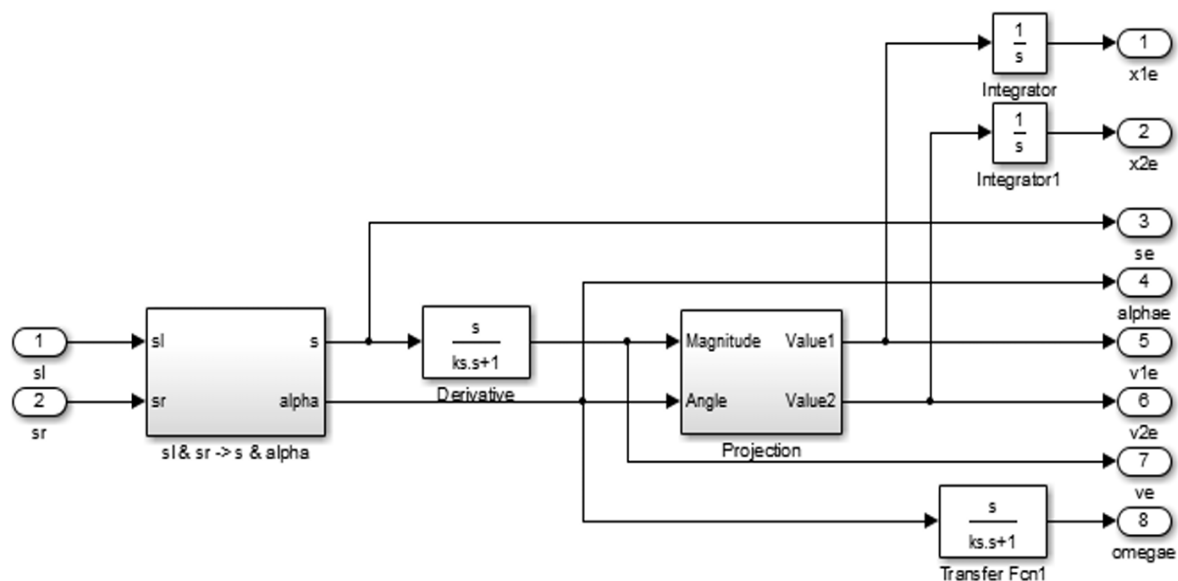
Басқару жүйесінің барлық блоктарын жеке дара былай қарастыруға болады:



3.3-сурет – Басқару объектісінің блогы



3.4-сурет – Энкодер блогы



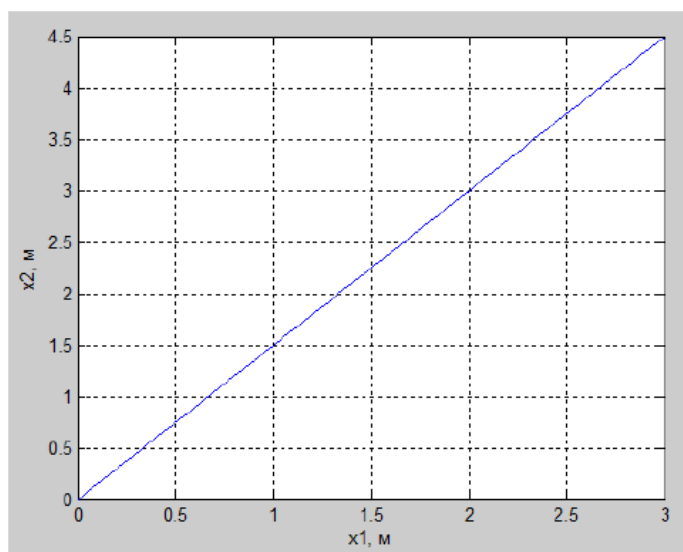
3.5-сурет – Роботтың орналасуын бақылауын сипаттайтын блогы

3.3 Сандық есептеу шешімдері

Сандық есептеу мәндер бойынша алдымен төмендегі функция параметрлері алғашқы функция координаты ретінде еңгізілді:

$$x_1(t) = 0.2t, x_2(t) = 0.3t$$

- эксперимент ұзақтығы $T = 15$ с;
- ақпараттарды жіберу интервалы $dt = 0.2$ с.

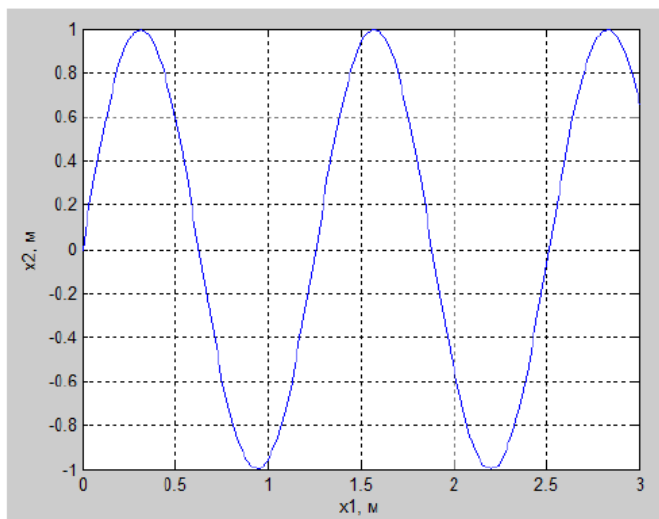


3.6-сурет – Роботтың мүмкін болатын жүру траекториясы

Егер айнымалы функциялық алғашқы параметрлері келесідей болатын болса:

$$x_1(t) = 0.2t, x_2(t) = 0.3\sin(t).$$

Онда роботтың мүмкін болатын жүру траекториясы келесідей орын алады.

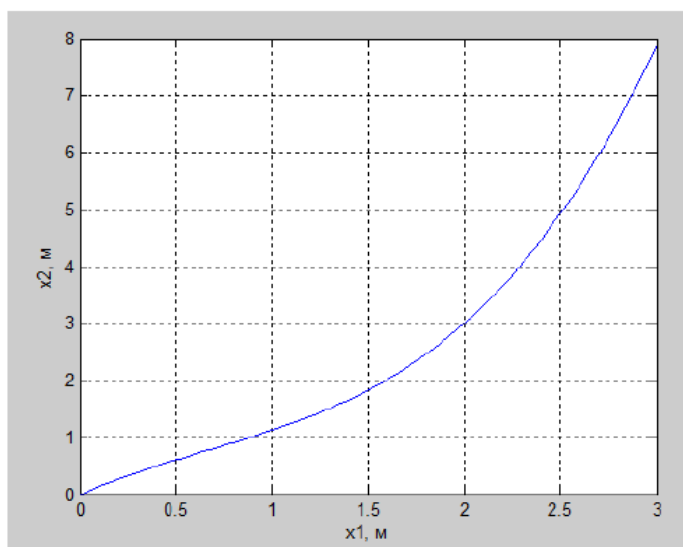


3.7-сурет – Роботтың мүмкін болатын жүру траекториясы

Егер айнымалы функциялық алғашқы параметрлері келесідей болатын болса:

$$x_1(t) = 0.2t, x_2(t) = 0.3(0.1t^3 + t^2 - t)$$

Онда роботтың мүмкін болатын жүру траекториясы келесідей орын алады.



3.8-сурет – Роботтың мүмкін болатын жүру траекториясы

Қорыта айтқанда модельденген роботтың бұл есептік сипаттамалары тек қана теориялық негіздегі нәтижелерді бере алады. Ал нақты шешімдер алынған кезде осы эксперименттік сапамен салыстырылып ортадағы ауытқу шамасы анықталады. Ауытқу шамасы белгілі бір пайыздық көрсеткіштен асып кетпесе онда есептік жүйе моделі дұрыс құрылғандығын байқай аламыз.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыс нәтижелері бойынша жұмыста мобильді роботтық жүйелердің теориялық негізімен мен өндірістік практикалық негіздегі құрылымдық қатыныстары толық түрде жан-жағынан қарастырылды. Жұмыс аясында мобильді роботтардың түрлері мен типтеріне түрлеріне жұмыс жасау саласына талдаулар жасалынып, олардың ішкі жүйелері мен қозғалыс заңдары негізделіп зерттелді. Заманауи есептік шешу жолдарын қолдану арқылы нақты бір мобильді роботтың конструкция элементтері жасалынып, техникалық көрсеткіштері анықталды.

Роботтың 3D-моделі Autodesk Inventor бағдарламасында модельденіп, негізгі геометриялық кескіндері осы бағдарламада жасаланып алынды, материалдары мен жинақтық модель құрылымы көрсетілді. Құрылымдық жобаланған бөлшектерге қолданылатын тізбектегі көрсеткіштер деңгейін қарастырсақ ол жақсы деңгейде жұмыс жасай алатынын көруге болады. Жобаланған бөлшектерге механикалық жүктемелер әсерін есептеу үшін шекті элементтер әдісі (FEM) пайдаланылды. Бұл модельдеу құрылым беріктігін және сенімділігін тексеруге мүмкіндік берді.

Роботтың қозғалысын басқару және траекториясын болжау үшін *математикалық модель* құрастырылды. Бұл модель роботтың кинематикалық және динамикалық сипаттамаларына негізделіп, қозғалыс теңдеулері арқылы сипатталды. Дифференциалдық теңдеулер көмегімен дөңгелектердің айналу бұрышы, жылдамдығы және координаталық өзгерістері есептелді.

Математикалық модель негізінде *MATLAB Simulink* ортасында роботтың қозғалысын модельдеу жүргізілді. Өртүрлі айнымалы параметрлерге тәуелді траекториялар симуляцияланып, роботтың нақты ортада қалай жүретіні және кедергілерге реакциясы алдын ала есептелді. Бұл модельдеу роботтың интеллектуалды басқару жүйесін жетілдіруге және қозғалысты оңтайландыруға мүмкіндік берді.

Жалпы, атқарылған жұмыс мобильді роботтардың теориясы мен практикасын біріктіре отырып, толыққанды жүйе жасауға негіз болды. Құрылымдық, функционалдық және математикалық модельдердің үйлесуі арқылы жасалған бұл жоба мобильді робототехниканың болашақ дамуына үлес қоса алады

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- [1] Еренчинов Д. К., Еренчинов К. К., Базил Г. Д. *Автоматизированные системы управления производственными процессами. Часть 1. Процессы как объекты управления : учебное пособие.* – Улан-Удэ : Изд-во ВСГУТУ, 2014. – 148 с.
- [2] Лившиц Ю. Е., Лакин В. И., Монич Ю. И. *Программируемые логические контроллеры для управления технологическими процессами : учебно-методическое пособие и лабораторные работы.* – М. : Форум, 2012. – 287 с.
- [3] Қожахметов Ә. Ә., Амангелді А. Т. *Робот техникасының негіздері : оқу құралы.* – Алматы : Қазақ университеті, 2020. – 216 б.
- [4] Айтмұхамбетов Қ. М., Садықов Б. С. *Мобильді роботтар мен олардың басқару жүйелері.* – Астана : Елорда, 2021. – 178 б.
- [5] Bekey G. A. *Autonomous Robots: From Biological Inspiration to Implementation and Control.* – Cambridge : MIT Press, 2005. – 560 p.
- [6] Siciliano B., Khatib O. (Eds.) *Springer Handbook of Robotics.* – 2nd ed. – Cham : Springer, 2016. – 2220 p.
- [7] Latombe J.-C. *Robot Motion Planning.* – Boston : Springer, 2012. – 310 p.
- [8] Қабылов А. Т. *Интеллектуалды басқару жүйелері және роботтандырылған құрылғылар.* – Алматы : Тұран, 2019. – 144 б.
- [9] Spong M. W., Hutchinson S., Vidyasagar M. *Robot Modeling and Control.* – Hoboken : Wiley, 2006. – 528 p.
- [10] Craig J. J. *Introduction to Robotics: Mechanics and Control.* – 4th ed. – Boston : Pearson, 2018. – 448 p.
- [11] Жолдасбеков Ж. Ж., Қожахметов Ә. Ә. *Роботты жүйелердің теориялық негіздері.* – Алматы : Білім, 2022. – 190 б.
- [12] Бекмұратов А. А., Серікбаев М. С. *Микроконтроллерлер және бағдарламаланатын логикалық құрылғылар.* – Шымкент : ОҚМУ баспасы, 2023. – 164 б.

ПІКІР

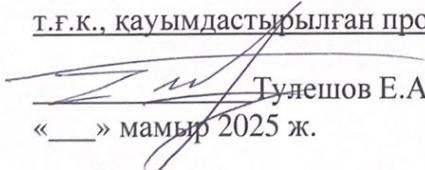
Құсайнов Сәкен Мейірұлының «Қысқа қашықтыққа заттарды жеткізуге арналған роботтық жүйе» атты дипломдық жұмысы қазіргі заман талабына сай өзекті тақырыпқа арналған. Жұмыста мобильді роботтық жүйелердің теориялық негіздері мен практикалық қолдану ерекшеліктері терең зерттелген.

Автор мобильді роботтардың эволюциялық дамуын, конструкциялық жобалау кезеңдерін, инженерлік есептеулерді (беріктік, кинематика, деформация) және олардың Simulink ортасында модельденуін нақты және ғылыми тұрғыдан ашып көрсеткен. Сонымен қатар, Arduino және SolidWorks жүйелерін қолдану арқылы роботтың үшөлшемді моделі және функционалды схемасы құрылып, жобаның инженерлік негізі берік қалыптасқан.

Білім алушы өз бетімен ізденіп, ғылыми-зерттеу жұмысына белсенді араласқан. Жұмыстың құрылымы, мазмұны, ғылыми аппараты талапқа сай орындалған. Қорытындылары мен нәтижелері практикалық тұрғыда маңызға ие.

Қорытынды: Дипломдық жұмыс толық көлемде орындалған, қойылған мақсаттар мен міндеттер шешілген. Құсайнов С.М. дипломдық жұмысын қорғауға жіберуге болады және жұмысы «өте жақсы» деген бағаға лайық.

Ғылыми жетекші
т.ғ.к., қауымдастырылған профессор

 Тулешов Е.А.
«__» мамыр 2025 ж.

6B07111– «Робототехника және мехатроника» мамандығының студенті

Құсайнов Сәкеннің

дипломдық жобасына (жұмысына)

СЫН ПІКІР

Тақырыбы: Қысқа қашықтыққа заттарды жеткізуге арналған роботтық жүйе

Құсайнов Сәкен Мейірұлының дипломдық жұмысы «Қысқа қашықтыққа заттарды жеткізуге арналған роботтық жүйе» тақырыбында орындалып, заманауи мобильді роботтардың теориялық негіздерін, конструкциялық ерекшеліктерін және басқару алгоритмдерін қамтиды.

Автор роботтың жобасын CAD/CAE ортасында жасап, инженерлік есептеулер мен модельдеу әдістерін тиімді қолданған. Жұмыста мобильді роботтың 3D-моделі құрылып, беріктікке есеп, кинематикалық талдау, математикалық модельдеу және траекториялық қозғалысты Simulink-та модельдеу сияқты өзекті бөлімдер жан-жақты қарастырылған.

Жұмыс конструкциялық жобалаудың кезең-кезеңімен берілген, MATLAB және Simulink бағдарламаларын қолдану арқылы модельдеген, практикалық қолдануға лайық жүйе сипатталған.

Сонымен қатар кемшіліктерін айтсақ:

- Әдебиеттер өте аз қаралған және олардың тізімінің ішінде заманауи ағылшын тіліндегі мақалалармен кеңейтілсе;
- Эксперименттік бөлікте салыстырмалы нәтижелер мен қателік талдауы толықтырылса жақсы болар еді.

Дипломдық жұмыс қойылған мақсатқа сай орындалған, тәжірибелік және ғылыми маңызы бар. Дипломдық жоба «жақсы» деген бағаға бағаланып, студент Құсайнов Сәкенді бакалавр академиялық дәрежесіне лайық деп есептеймін.

Рецензент

эл-Фараби атындағы ҚазҰУ,
Жасанды интеллект және
Big Data кафедрасының доцент м.а., PhD
Н.Т.

«05» 06 2025 ж.



Карымсакова



Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Қысқа қашықтыққа заттарды жеткізуге арналған роботтық жүйе

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Құсайнов Сәкен Мейірұлы Еркебулан Тулешов

Подразделение

ИАиИТ

Объем найденных подобиий

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



КП1

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2



КП2

4835

Количество слов



КЦ

39451

Количество символов

Тревога

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

Замена букв	Б	4
Интервалы	A→	0
Микропробелы	·	0
Белые знаки	Б	0
Парафразы (SmartMarks)	a	3

Подобия по списку источников

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

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-sistem-upravleniya-na-zhivotnovodcheskih-predpriyatiyah	20 0.41 %
2	https://otherreferats.allbest.ru/law/01378404_0.html	17 0.35 %
3	https://official.satbayev.university/kk/teachers/sadykov-bakhtiyar-madenovich	11 0.23 %
4	https://mydocx.ru/11-82890.html	9 0.19 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)



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

из домашней базы данных (0.00 %)



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

из программы обмена базами данных (0.00 %)



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

из интернета (1.18 %)



ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-sistem-upravleniya-na-zhivotnovodcheskih-predpriyatiyah	20 (1) 0.41 %
2	https://otherreferats.allbest.ru/law/01378404_0.html	17 (1) 0.35 %
3	https://official.satbayev.university/kk/teachers/sadykov-bakhtiyar-madenovich	11 (1) 0.23 %
4	https://mydocx.ru/11-82890.html	9 (1) 0.19 %

Список принятых фрагментов

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
	https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-sistem-upravleniya-na-zhivotnovodcheskih-predpriyatiyah ☒	20 (0.41%)
	https://otherreferats.allbest.ru/law/01378404_0.html ☒	17 (0.35%)
	https://official.satbayev.university/kk/teachers/sadykov-bakhtiyar-madenovich ☒	11 (0.23%)