

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Сағымбаева Асылхан Таңатарқызы

**Тақырыбы:** Мұнай және газ өндіру платформаларында инспекция жүргізу үшін мобильді роботтардың басқару жүйесін әзірлеу

Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B070200—«Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау  
институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ**

Кафедра меңгерушісі, физика-  
математика кандидаты,  
қауымдастырылған профессор  
\_\_\_\_\_ Н.У.Алдияров  
«27» мамыр 2021 ж.

Тақырыбы: «Мұнай және газ өндіру платформаларында инспекция жүргізу  
үшін мобильді роботтардың басқару жүйесін әзірлеу»

Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B070200 – «Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Сағымбаева Асылхан Таңатарқызы

Ғылыми жетекші  
доктор PhD, сениор-лектор  
\_\_\_\_\_  Абжапаров Қ.А.  
«24» мамыр 2021 ж

Алматы 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау  
институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

5B070200 - Автоматтандыру және басқару

**ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ**

Кафедра меңгерушісі, физика-  
математика кандидаты,  
қауымдастырылған профессор  
\_\_\_\_\_ Н.У.Алдияров  
«27» мамыр 2021 ж.

**Дипломдық жобаны дайындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Сағымбаева Асылхан Таңатарқызы

Жобаның тақырыбы: «Мұнай және газ өндіру платформаларында инспекция жүргізу үшін мобильді роботтардың басқару жүйесін әзірлеу»

Университеттің «27» қаңтар 2021 жылғы ғылыми кеңесінің № 762-б шешімімен бекітілген.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі «   » мамыр 2021 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: дипломалды практикасындағы жиналған мәліметтер.

Түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диплом жұмысының мазмұны:

а) кіріспе;

б) технологиялық бөлім, арнайы бөлім;

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген): автоматтық сұлбасы, принципиалдық сұлбасы, құрылымдық сұлба

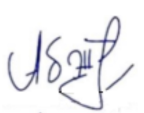
## Ұсынылған негізгі әдебиеттер

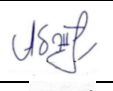
- [1] Юревич Е.И. Основы робототехники. БХВ-Петербург, 2010. – 360 с.  
[2] Иванов А.А. Основы робототехники. Изд-во Форум. 2012. – 224 с.  
[3] Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник.- М.: Машиностроение. 1986.- 376 с

## Дипломдық жобаны даярлау КЕСТЕСІ

| Бөлім атаулары,<br>дайындалатын<br>сұрақтардың тізімі | Ғылыми жетекшіге,<br>кеңесшілерге өткізу<br>мерзімі | Ескерту |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------|
| Технологиялық бөлім                                   | 3 ақпан 2021ж.                                      |         |
| Арнайы бөлім                                          | 27 наурыз 2021ж.                                    |         |

Аяқталған дипломдық жобаның және оларға  
қатысты диплом жобасы бөлімдерінің кеңесшілері мен нормалық  
бақылаушының қолтаңбалары

| Бөлімдердің<br>атауы                         | Ғылыми<br>жетекші,<br>кеңесшілер<br>(аты-жөні, тегі,<br>ғылыми<br>дәрежесі,<br>атағы) | Қолтаңба<br>қойылған<br>мерзімі | Қолы                                                                                  |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Экономикалық<br>бөлім                        | Қ.А.Абжапаров<br>доктор PhD,<br>сениор лектор                                         | 24.05.2021                      |  |
| Қауіпсіздік және<br>еңбекті қорғау<br>бөлімі | Қ.А.Абжапаров<br>доктор PhD,<br>сениор лектор                                         | 24.05.2021                      |  |
| Нормалық<br>бақылаушы                        | Н.С. Сарсенбаев<br>техн. ғыл.<br>кандидаты<br>Ассистент-<br>профессор                 | 27.05.2021                      |                                                                                       |

Ғылыми жетекшісі  Қ.А.Абжапаров  
Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  А.Т.Сағымбаева  
Күні «27» қазтар 2021 ж.

## АҢДАТПА

Бұл дипломдық жобада жұмыста мұнай-газ құбыр ішіндегі ақауларды анықтауға және бақылау жұмыстарын жүргізуге арналған мобилді роботтарды қолдану зерттелді.

Мұнай-газ құбыр ішіндегі жұмыстарын жүргізуге арналған мобилді роботтарды ғылыми түрде қолдану үшін роботтардың функционалды мүмкіндіктері қарастырылады. Құрылыс жұмыстарын жүргізумен байланысты негізгі мәселелер қойылып талдау жүргізілді және құбыр ішіндегі жұмыстарын жүргізу процесін автоматтандыру қажеттілігіне байланысты негізгі проблемалар анықталды.

Екінші тарау өзінің математикалық моделінің базасында құбыр ішінде бақылау жұмыстарын жүргізу үшін мобилді роботты зерттеуден тұрады. Мобилді роботтарды басқару үшін кинематиканың есебі шешілді. Мобилді роботтардың динамикасы зерттелді, Simulink Matlab кітапханасын қолдану арқылы бақылау жетегінің компьютерлік моделі құрылды.

Үшінші тарауда құбыр ішінде бақылау жұмыстарын жүргізу үшін мобилді роботтың функционалдық сұлбасы мен басқару алгоритмі жасалды. Бағдарламалық құрылғылар мен логикалық контроллерлері таңдалды және есебі шығарылды.

## АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрены использование мобильных роботов в трубопроводах в нефтегазовой отрасли и отмечены технологические трудности внутритрубной диагностики распределительных газопроводов и газопроводов-отводов с переменным поперечным сечением.

Для научного обоснования использования мобильных роботов для инспекционных работ исследуются функциональные возможности роботов. Проведен анализ и выявлены основные проблемы, связанные с выполнением инспекционных работ для трубопроводов в нефтегазовой отрасли, и обоснована необходимость автоматизации процесса выполнения инспекционных работ.

Вторая глава посвящена исследованию математической модели мобильного робота. Решены задачи кинематики для управления мобильным роботом. Исследована динамика мобильного робота, выполнено компьютерное моделирование с применением библиотеки Simulink Matlab.

В третьей главе построена функциональная схема управления и алгоритм работы мобильного робота. А также выбраны программируемые логические контроллеры и программные средства.

## **ABSTRACT**

The paper considers the use of mobile robots in pipelines in the oil and gas industry and notes the technological difficulties of in-line diagnostics of distribution gas pipelines and gas branches with variable cross-section.

For the scientific justification of the use of mobile robots for inspection work, the functional capabilities of robots are investigated. The analysis is carried out and the main problems associated with the performance of inspection work for pipelines in the oil and gas industry are identified, and the need for automation of the process of performing inspection work is justified.

The second chapter is devoted to the study of the mathematical model of a mobile robot. The problem of kinematics for controlling a mobile robot is solved. The dynamics of the mobile robot is studied, computer simulation is performed using the Simulink Matlab library.

In the third chapter, a functional control scheme and an algorithm for the operation of a mobile robot are constructed. Also, programmable logic controllers and software tools are selected.

## МАЗМҰНЫ

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Кіріспе                                                            | 9  |
| 1. Құбыржолдарды диагностикалауда мобильді роботтарды қолдану      | 11 |
| 1.1 Манипуляторлардың жұмыс органдары                              | 11 |
| 1.2 Газ құбырларын инспекциялауға арналған жұмыстар                | 12 |
| 1.3 Диагностикалық роботтар                                        | 16 |
| 2. Басқару объектісінің                                            | 23 |
| 2.1. Мобильді робот қозғалысының математикалық сипаттамасы         | 23 |
| 3. Басқару жүйесі                                                  | 31 |
| 3.1 Электр қозғалтқышын таңдау                                     | 31 |
| 3.2 Контроллерді таңдау                                            | 32 |
| 3.3 Кодтағышты таңдау                                              | 34 |
| 3.4 Электрлік принципті схема                                      | 36 |
| 3.5 Көлік құралының жетектерін басқару жүйесінің құрылымын әзірлеу | 37 |
| 4. Matlab пакетіндегі модельдеу                                    | 39 |
| 4.1 Компьютерлік модельдің сипаттамасы                             | 39 |
| 4.2 Графикалық интерфейс                                           | 41 |
| 4.3 Алынған сипаттамалар                                           | 42 |
| Қорытынды                                                          | 44 |
| Пайдаланылған әдебиеттер тізімі                                    | 45 |

## КІРІСПЕ

Бүгінгі таңда мобильді роботтарды жасаумен айналысатын роботехника саласы қарқынды дамуда. Бірақ, олар бағындыра алмайтын бөгеттер бар, тегіс бет бойында да сенімді қозғалатын роботтарды жасау бірқатар себептерге, соның ішінде басқару алгоритмінің жетілдірілмеуіне байланысты әзірге толықтай жүзеге аспады. Сондықтан мобильді роботты басқару алгоритмі мен қозғалысын қарастыру өзекті мәселе болып табылады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты мобильді роботтың мұнай-газ құбыры жүйелерінде диагностикалау үшін қадам жасап жүру арқылы кедергілерді айналып өтуі мен басқарылуы болып табылады. Өндірісте және басқа да көптеген салада адам жұмысын жеңілдететін немесе толықтай ауыстыратын мобильді робот қарастыру [3].

Дипломдық жобаның өзектілігі өндірістегі энергетикалық кешеннің маңызды құрамдас бөлігі мұнай-газ құбыры жүйелері болып табылады. Құбырлардың істен шығуының жалпы санынан істен шығулардың ең көп саны құрылыс-монтаждау жұмыстарының ақауларына (шамамен 27 %), механикалық зақымдануларға (шамамен 23 %, оның ішінде сопақша түріндегі көлденең қима пішінінің ақауларына және майысулардың, гофрлардың және басқа да ақаулардың пайда болуына байланысты), құбырлардың зауыттық ақауларына (шамамен 22 %) және коррозиялық зақымдануларға (шамамен 28%) тиесілі. Магистральдық құбырлардың пайдалану сенімділігін қамтамасыз етудің қажетті шарттарының бірі оларды құбырышылдық инспекциялық снарядтар кешенінің көмегімен диагностикалау болып табылады : снаряд-профилемерлер және снаряд-дефектоскоптар [1]. Мұндай құрылғылар құбыр ішіндегі сұйықтық немесе газ шығаратын артық қысым әсерінен тасымалданатын өнімнің ағынында қозғалатын жылжымалы мобильді роботтарға жатады [2].

Дипломдық жоба кіріспе, 3 бөлім, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер тізімі және қосымшалардан тұрады.

Бірінші тарауда роботтық технологиялық кешендер, олардың негізгі түрлеріне көңіл бөлінген құбырлардағы мобильді роботтарды жылжыту әдістері қарастырылып, ауыспалы көлденең қимасы бар таратушы газ құбырлары мен газ құбырларын құбырышылдық диагностикалаудың технологиялық қиындықтары атап өтілді. Мұндай газ құбырларын өздігінен қозғалатын бейімделгіш доңғалақты мобильді роботтармен диагностикалау мүмкіндігі көрсетілген.

Екінші бөлімде доңғалақ модульдерін құбырдың ішкі бетіне қысуды бейімдеу механизмдері сипатталған. Негізгі есептеу коэффициенттері, есептеу алгоритмдері және доңғалақ модульдерін қысу механизмін позициялық-күштік басқару жүйесінің функционалды диаграммасы келтірілген.

Үшінші бөлімде мобильді роботтың электр қозғалтқышы, контроллері таңдалып, қозғалысын модельдеу және алгоритімін құруы қарастырылады.

Сонымен қатар роботтың математикалық есептелуі толықтай шығарылып көсетіледі.

Диплом жобасының сонында қорытынды жасалып, қолданылған әдебиеттер тізімі келтірілген.

# **1 ҚҰБЫРЖОЛДАРДЫ ДИАГНОСТИКАЛАУДА МОБИЛЬДІ РОБОТТАРДЫ ҚОЛДАНУ**

Мобильді робот-бұл өздігінен қозғалатын және кеңістікте орнын өзгерте алатын робот.

Роботтардың техникалық деңгейін сипаттайтын мобильді робот манипуляторының параметрлері сенімділік, бір уақытта жұмыс істейтін ұтқырлық дәрежелерінің саны, бағдарламалау уақыты, сондай-ақ жоғарыда аталған параметрлерге негізделген әртүрлі салыстырмалы және аралас көрсеткіштер болып табылады. Оларға, атап айтқанда, роботтың массасына жатқызылған нақты жүк көтергіштігі, манипулятордың шығыс қуаты (жүк көтергіштігінің қозғалу жылдамдығына көбейтіндісі), оның жетектерінің қуатына жатқызылған, жалпы параметрлердің салыстырмалы бағалары, кинематикалық және динамикалық сипаттамалардың манипуляциясы, бағдарламалау мүмкіндіктері, экономикалық тиімділік және т. б. Алайда, техникалық деңгейдің салыстырмалы көрсеткіштері енді нақты роботтарды сипаттау үшін қолданылатын паспорт параметрлері емес, бірақ оларды жобалау мен салыстырмалы бағалау кезінде оңтайландыруға арналған сапа критерийлері ретінде қызмет етеді [2].

Манипулятордың қозғалғыштық дәрежесі портативті және бағыттаушы болып бөлінеді. Портативті ұтқырлық дәрежелері манипулятордың жұмыс аймағында жұмыс органын жылжыту үшін, ал бағыттаушылар оны бағдарлау үшін қолданылады. Жұмыс органын еркін жұмыс аймағының кез-келген нүктесіне жылжыту үшін жылжымалы қозғалыс дәрежелерінің ең аз қажетті саны үшке тең. Алайда, манипуляциялық мүмкіндіктерді кеңейту және қозғалыстың күрделі траекторияларын жүзеге асыру үшін, мысалы, кедергілерді айналып өту арқылы, сондай-ақ өнімділікті арттыру үшін манипуляторлар әдетте бірнеше артық портативті ұтқырлық дәрежелерімен қамтамасыз етіледі, дегенмен бұл, әрине, роботтың құнын едәуір қиындатады және арттырады. Орташа алғанда, қазіргі заманғы манипуляторлардың қозғалғыштығы 4-6 градусқа ие, бірақ 8-9 дәрежесі бар манипуляторлар да бар [1].

## **1.1 Манипуляторлардың жұмыс органдары**

Манипуляторлардың жұмыс органдары сыртқы орта объектілерімен тікелей әрекеттесу үшін қызмет етеді және қысқыш құрылғылар мен арнайы құралдарға бөлінеді. Жұмыс органдары тұрақты және алынбалы болуы мүмкін, оның ішінде технологиялық операцияны орындау кезінде оларды автоматты түрде ауыстыру мүмкіндігі бар [2].

Ілгіш құрылғылар. Олар объектіні алуға, оны манипуляциялау процесінде ұстап тұруға және осы процестің соңында босатуға арналған. Ілгіш құрылғыларының келесі негізгі түрлері бар: механикалық құрылғылар-

ұстап алу, пневматикалық және электромагниттік. Сонымен қатар, айла-шарғы жасау объектілерінің алуан түрлілігіне байланысты, әр түрлі түпнұсқа әрекет принциптеріне негізделген ілгіш құрылғыларының осы түрлерінің көптеген комбинациялары және көптеген арнайы ілгіш құрылғылары жасалды (мысалы, жабысқақ түсіру құрылғылары, қыздыру, аэродинамикалық көтеру күшін пайдалану және т.б.). Ұстап алу-бұл механикалық ұстау құрылғылары, адамның қолының аналогы. Қарапайым екі саусақты тұтқалар қарапайым қысқышқа ұқсайды, бірақ жетекпен жабдықталған [4].

## **1.2 Газ құбырларын инспекциялауға арналған жұмыстар**

Тексеріп шығатын роботтардың негізгі түрлерінің бірі-құбырышілік диагностикаға арналған роботтар, құбырышілік бақылауға арналған роботтар. Олар мұнай химиясында, сондай-ақ қала шаруашылығында жылу орталықтары мен су құбырларын зерттеу немесе жөндеу үшін қолданылады.

Итерілетін телеинспекциялардан айырмашылығы олар автоматты түрде қозғалады. Құбырышілік диагностика роботтары итерілетін телеинспекцияны тиімді ауыстырады және оны жиі ауыстырады.

Бұл негізінен шағын диаметрлі құбырлардың күйін бақылауға арналған дефектоскоптар. Роботталған құбырышілік диагностика-гидростатикалық тестілеуге балама. Әдетте, тексеру кезінде визуалды деректер, сондай - ақ ультрадыбыстық қолданылады, магнит өрісін талдай алатын дефектоскоптар аз кездеседі-олар суды ағызбай құбырларда, ауа қалталарында және шөгінділері бар жылу жолдарында жұмыс істей алады.

Бағдарламалық жасақтама жиналған деректерді өңдеуді автоматтандыруға және ақауларды анықтау сапасын жақсартуға мүмкіндік береді [6].

Кейбір қосымша операцияларды орындауға мүмкіндік беретін сорттар бар, мысалы, құбырлардың қабырғаларында жиналған шөгінділерді жою үшін құбырлардың буындарын герметизациялау немесе фрезерлеу. Құбырышілік диагностикалық роботтарды пайдалану жер жұмыстарын жүргізу қажеттілігін азайтады, өйткені Роботтар кем дегенде ақау орнын анықтауға мүмкіндік береді. Беттерде қозғалу үшін роботтар бар, оның ішінде тегіс немесе дөңес, шынжыр табандар немесе доңғалақтар емес, мысалы, сорғыштар немесе аялдамалар. Оларды резервуарлар сияқты сыртқы қисық беттерді бақылау үшін пайдалануға болады. Тек Ресейде шамамен 250 мың км мұнай құбырлары бар, олардың 80% - ы 30 жылдан астам уақыт бойы пайдаланылып келеді. Құбырлардың едәуір бөлігі жер астында жатыр, бұл проблемалық аймақтарды оқшаулау кезінде көп мөлшерде жер жұмыстарын жүргізуді қажет етеді. Құбырышілік диагностикалау роботтары қажетті жер жұмыстарының көлемін едәуір қысқарта отырып, осындай учаскелерді анықтауға мүмкіндік береді, бұл қызмет көрсету мен жөндеу шығындарын азайтуға, жиі тексерулер жүргізуге,

авариялардың, адам құрбандары мен экологиялық залалдың алдын алуға мүмкіндік береді [3].

#### **Құбырларда пайда болуы мүмкін негізгі ақаулар**

- Металл шығыны (эрозия) - 54%.

-Тот (коррозия) - 42%.

-Жарықтар-2.5%.

- Басқалары-1.5%.

Роботтар нені анықтай алады?

-Қатты және ойық жаралы коррозия;

- Питтинг коррозиясы;

-Жарықшақ тәрізді ақаулар;

-Металдың ішкі ақаулары (стратификация, ликвация және т. б.);

-Эрозиялық тозуы металл құбыр;

- Сақиналы дәнекерленген қосылыстардың беткі және ішкі ақаулары;

-Тиімділікті төмендететін бөгде заттар мен ластанулар [11].

Құбырышілік диагностика үшін роботтандырылған шешімдерді әзірлеуші. Негізгі ерекшелігі - роботтың модульдік, икемді дизайнына байланысты жоғары маневрлігі, бұл оған Т және Д тармақтарын, диаметрлі өтулерді және тіпті тік учаскелерді жеңуге мүмкіндік береді [8]..

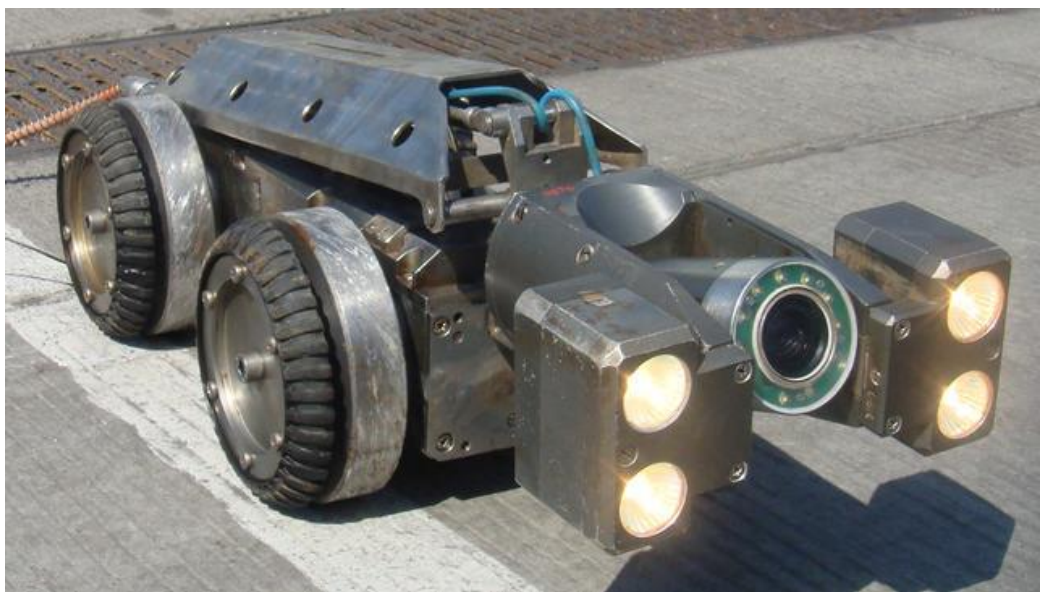


1 Сурет- Құбырышілік диагностикаға арналған робот, in-pipe Robot

Құбырышілік диагностикаға арналған жұмыстардың негізгі ерекшелігі - роботтың модульдік, икемді дизайнына байланысты жоғары маневрлігі, бұл оған Т және Д тармақтарын, диаметрлі өтулерді және тіпті тік учаскелерді жеңуге мүмкіндік береді. Шешімдер бұзбайтын бақылаудың бірнеше түрін қолдана отырып, бұзбайтын диагностиканы жүргізуге мүмкіндік береді, бұл жұмыстың дәлдігін арттырады. Құрылымның модульділігі клиенттің нақты міндеттеріне бейімделген шешім алуға мүмкіндік береді. Ақауларды локализациялаудың жоғары дәлдігі (ақаудың орналасқан жерін анықтау қателігі 0.45 м-ден аз) [5]..



2 Сурет- Сигма (модификация 2) Тарис роботтары



3 Сурет- Тарис Р200-5М роботы

Р-200 кешені 2004 жылдан бастап қолданыла бастады. Ол әртүрлі мөлшердегі дөңгелектермен жабдықталуы мүмкін-150 мм, 215 мм. Кабельдің ұзындығы - 400 м (жекелеген жағдайларда ұзартуға болады), зерттелетін құбырлардың диаметрлері: 200 - ден 1800 мм-ге дейін, егер құбырға 1-2 кіру нүктесінен кіру мүмкіндігі болса, 6 сағат ішінде 800 метрге дейін тексеруге болады. Машина қашықтан, бетінен басқарылады. Арнайы автомобильде графикалық интерфейсі және өздігінен жүретін роботты басқару жүйесі бар CD-3 жұмыс станциясы жабдықталған. Роботты жібермес бұрын оның корпусы құрғақ азотпен толтырылады. Көрініс камерасының көтергіш жетегі бар. Камера 10х оптикалық зуммен жабдықталған. Ішінара толтырылған өздігінен ағатын коллекторларды тексеру үшін Р-200 роботы қалқымалы модульмен және түрлі-түсті бұрылмалы камерамен қосымша жарақталады. Улон датчиктері құбырдың орналасу профилін бақылауға мүмкіндік береді. Робот корпусының тығыздығының бұзылуын байқай алады [22].

Tubot (Тьюбот ЖШС, Техноспар және Сигма Азаматтық кодексінің құрамына кіреді.Новосибирск), Ресей "Тьюбот" ЖШС Транснефт-Диаскан және Транснефть компанияларымен бірге мұнай толтырылған құбырларға арналған роботтың жеке дамуын жүргізеді. Сондай - ақ, ол Ресейде эксклюзивті түрде неміс робототехникалық компаниясы Inspector Systems және оның өнімдерін-құбырышлік диагностика роботтарының желісін ұсынады.Осы компаниямен бірге 0-санаттағы жарылудан қорғайтын мұнай құбырларына арналған жүйені әзірлеуде [20]..



4 Сурет- Түрлі диаметрлі құбырларға арналған ВТД InspectorSystems роботы

### 1.3 Диагностикалық роботтар



5 Сурет - PATRON роботы

PATRON роботталған кешені (құбыр кескіш) КС құбыржолдары орамдары мен шлейфтерін және газ өнеркәсібінің басқа да объектілерін бұзбай бақылау мен диагностикалауға арналған. Робот құбырдың ішкі және сыртқы қабырғалары арқылы қозғалуға, күрделі геометрия мен ауыспалы диаметрлі құбырларда, тік және көлбеу учаскелерде жұмыс істеуге, тістер мен басқа кедергілерді жеңуге қабілетті. Роботтың жоғары қозғалғыштығы реттелетін қысым күші векторы бар магниттік қозғалтқыштармен қамтамасыз етіледі. Басқару 1500 м дейінгі қашықтықты қамтамасыз ететін сымсыз байланыс арнасы арқылы жүзеге асырылады [19].



6 Сурет- ТДК-400 диаконт роботы

2020 жылы Ресейде ең танымал құбырышілік диагностикалық робот. Құбырышілік бақылау роботы.



7 Сурет- Газпроект-ДКР роботы

Санкт-Петербуркте жасалған Дефектоскоп ("Газпроект-ДКР"ЖШС). Құбырдағы "әлсіз жерлерді" іздеуге арналған - коррозия, майысулар, жарықтар. Оператор суретті нақты уақыт режимінде құрылғыға салынған камерадан алады. Оператор роботтың қозғалысын да басқарады. Салмағы 75 кг Робот әр түрлі диаметрлі құбырлардың бұрылыстары мен буындарын жеңе отырып, тексерудің басталу нүктесінен 300-600 метрге алыстай алады. Айналу-минутына 6 айналым, сканерлеу қадамы - шамамен 200 мм, қозғалыс жылдамдығы - 20 м/с (макс - 100 м/сағ дейін). Диаметрі 500-1400 мм құбырларды тексеру үшін қолдануға болады [21].

Құбырышілік бақылау роботы болжам бойынша, бұл ИнтроСканТехнолоджи дамуының мобильді дефектоскопы болып табылады.



8 Сурет- Құбырышілік бақылау роботы

Газ компрессорлық, мұнай айдау станцияларында кездесетін күрделі профильді құбырларда қолдануға болады. Кроулерлер-әртүрлі диаметрлі құбырларды бақылауға арналған рентгенографиялық кроулерлер, мамандандырылған мәселелерді шешу үшін клиенттің техникалық жағдайын жақсарту. Әр түрлі модельдер мен рентген аппараттарына арналған литий-ионды аккумуляторлар өндірісі [22].



9 Сурет- Кроулер роботы

"СПБГУ Дайнемикс" ЖШС-де жасалған робот жылу желілерінің ақауларын, соның ішінде коррозиялық шөгінділер мен дәнекерлеу қосылыстарының ақауларын анықтауға мүмкіндік береді. Құрылғы +80 градусқа дейінгі температурада тазартылмаған құбырда жұмыс істей алады. Робот мұнай-газ құбырларынан басқа кез-келген коммуналдық құбырлар арқылы жүре алады. Робот диаметрі 150-500 мм құбырларда жұмыс істей алады, 90 градус бұрылыстар мен Т-тәрізді өтулерді, сондай-ақ қисық шеңберлерді жеңе алады [14].



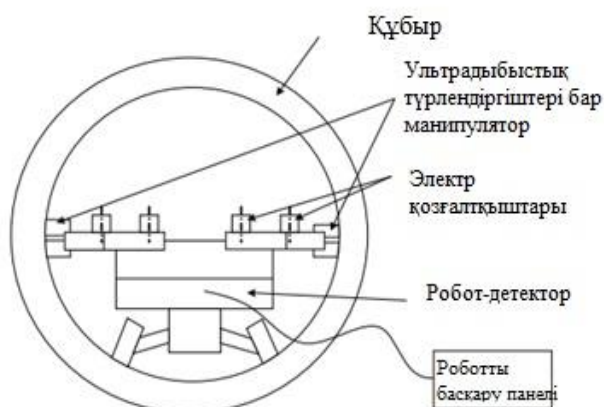
10 Сурет- Құбыршілік бақылау роботы

Шетелдік Amplus, AQUAM Corp., АҚШ

"Механикалық" қозғағыштардың көмегімен құбырлардың ішінде қозғалатын жылжымалы мобильді роботтарға дөңгелекті, шынжыр табанды,

жүретін, еңбектейтін және бұрама тәріздес Роботтар жатады. Доңғалақты роботтың мысалы ретінде газ айдайтын компрессорлық станциялардың құбырларын ультрадыбыстық бақылаудың кешенді технологиясында "НПЦ ЭХО+ "ЖШҚ қолданатын автомобиль конструкциясының" Авгур 5.2 " типті Робот-дефектоскопын келтіруге болады [3].

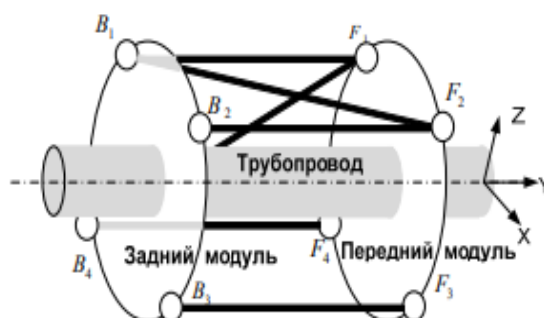
Екі дәрежелі желілік манипуляторлардың орнына Авгур 5.2 қолдану манипуляторлар (11-сурет) ультрадыбыстық түрлендіргіштерді құбырдың ішкі бетінің жоғарғы жарты жазықтығының кез келген нүктесіне орналастыруға мүмкіндік береді.



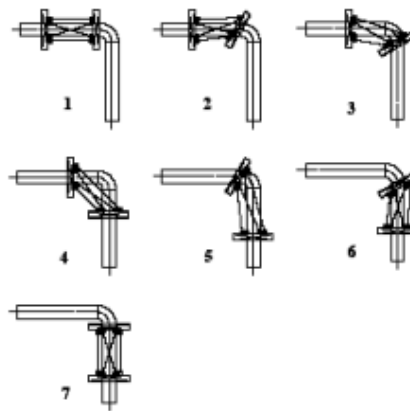
11 Сурет- Интегралдық робототехникалық жүйесі. Жерасты құбырларын ультрадыбыстық бақылау

Жоғарыда айтылғандай, монографияда қарастырылған заманауи робототехника мен мехатрониканың даму бағыттарының бірі – жағдайды техникалық диагностикалау, бұзылмайтын бақылау және газ тарату желілерінің құбырларындағы жөндеу-қалпына келтіру жұмыстары үшін мобильді роботтарды басқару жүйелерін (МБР) құру [6].

Құбырлардың сыртқы бетінде жұмыс істеу үшін МБР үлкен қызығушылық тудырады (12-сурет).

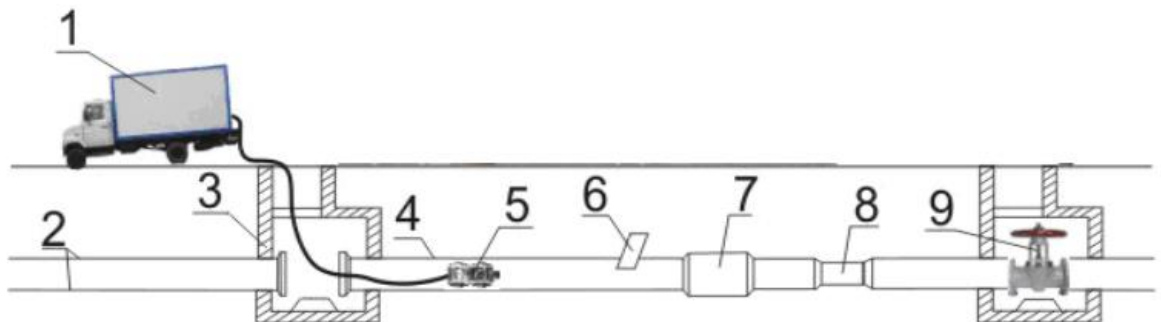


а) кинематикалық



б) құбыр желісінің иілуінен өту кезіндегі робот қозғалысының реттілігі  
12 Сурет- МСПС негізіндегі роботтың мобильді қозғалыс жүйесі

Тексерудің доңғалақты мобильді роботын қолданып, құбырдың ішкі күйін тексеру схемасы 13-суретте көрсетілген. Мұндай роботтар құбырыштілік диагностикадан басқа, зақымдалған учаскені оқшаулау және одан кейінгі жөндеу мақсатында оның орналасқан жерін анықтауға мүмкіндік береді; құбырлардың зақымдалған учаскелерін жергілікті жөндеу немесе негізгі жөндеуге дейін жағдайды қалыпқа келтіру үшін уақытша жөндеу [6].



1 – сигналдарды қабылдауға және телероботты басқаруға арналған жылжымалы станция; 2 – құбыр желісі; 3 – құдық; 4 – зерттелетін құбыр желісі учаскесі; 5 – телевизиялық камера (телеробот); 6 – құбыр желісіне ойып салу; 7 – муфта; 8 – диаметрі азайтылған құбыр желісі учаскесі; 9- құбыр желісі арматурасы.

13 Сурет- Ұтқыр телероботтың көмегімен құбырдың ішкі жай – күйін тексеру схемасы

Мобильді технологиялық роботтардың дизайны дәстүрлі өнеркәсіптік роботтардың дизайнынан айтарлықтай ерекшеленеді. Осындай роботтар-ақылды көп өлшемді құрылғылар, мехатрондық принциптер мен технологияларға негізделген, құбыр жүйелерінің өзгеретін жағдайларында функционалды қозғалыс бағдарламаларын тиімді орындауға қабілетті.

МБР жалпыланған құрылымы төрт негізгі бөліктен тұрады (14-сурет):

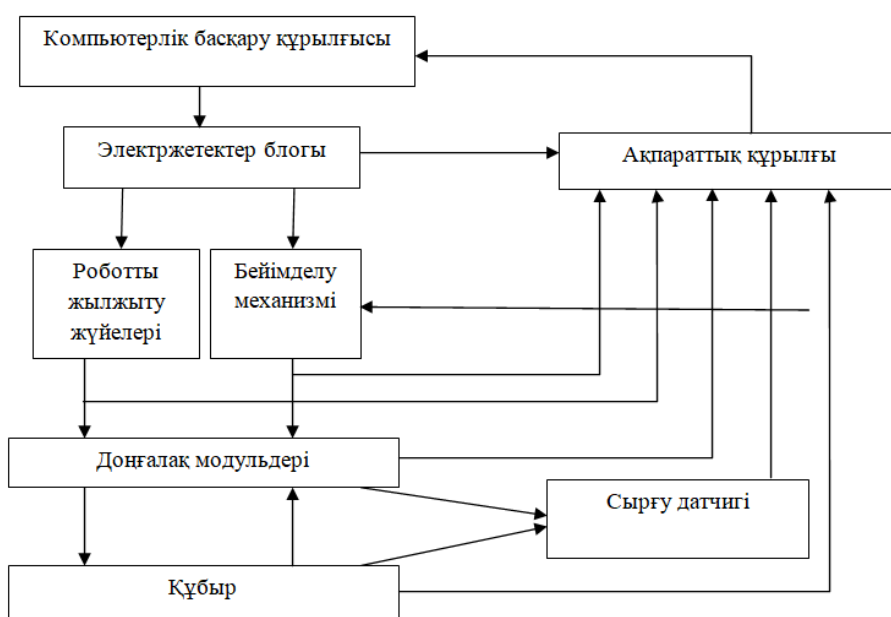
-механикалық құрылғы (қозғалтқыш), оның соңғы буыны жұмыс органы – доңғалақ модулі (КМ) немесе қозғалыс құрылғысының басқа түрі болып табылады;

-қуат түрлендіргіштері мен атқарушы қозғалтқыштарды қамтитын электр жетектерінің блогы;

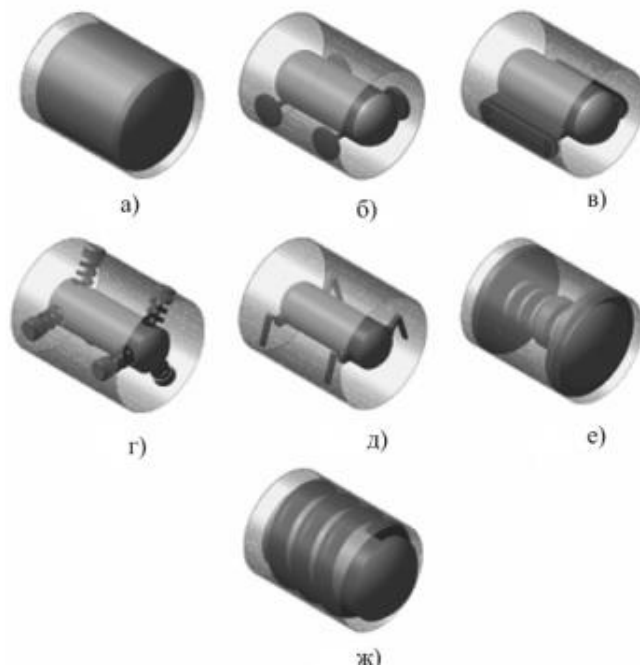
-кіретін компьютерлік басқару құрылғылары адам операторының командалары немесе басқарудың жоғарғы деңгейіндегі компьютерлер;

-компьютерлік басқару құрылғысына МБР нақты қозғалысы және оның ішкі жүйелерінің нақты жағдайы туралы деректерді алуға және беруге арналған сырғанау сенсоры бар ақпараттық құрылғы [6].

Құбыр ішіндегі қозғалыс принципі бойынша жылжымалы МБР "механикалық" қозғағышы бар және артық қысым беретін құрылғыларға бөлінеді (15-сурет).



14 Сурет- Мобильді құбыр роботтарының жалпыланған құрылымы



*а-б) дөңгелекті; в) шынжыр табанды; г) стено-өзекті; д) жаяу жүру; е) сырғу; ж) бұрандалы.*

15 Сурет- Жүйелердің жіктелуі тәсіл бойынша МБР-ны жылжыту құбырлардағы қозғалыс

"Тасымалданатын өнім ағынының" бір түрі (15-сурет, а) - ең танымал коммерциялық түрлері; бұл пассивті робот, өйткені оның қозғалыс жетектері жоқ. Ол сұйықтықтан пайда болатын қысымды қолданады немесе құбыр ішіндегі газ, яғни жұмыс денесі (яғни сұйық немесе газ) оны алға қарай итереді. Әдетте мұндай роботтар үлкен құбырларды тексеру үшін қолданылады.

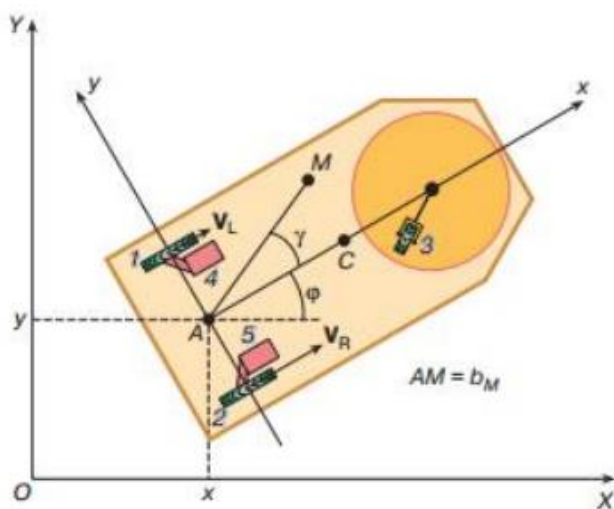
## 2 БАСҚАРУ ОБЪЕКТІСІНІҢ СИПАТТАМАСЫ

### 2.1 Мобильді робот қозғалысының математикалық сипаттамасы

Доңғалақты роботтың қозғалысы туралы міндет өте күрделі Теориялық механиканың бөлімі, ол нөлдік емес байланыстары бар абсолютті қатты денелер жүйелерінің қозғалысын зерттеуге арналған. Байланыстар - бұл координаттар мен нүктелердің жылдамдығына қойылған шектеулердің математикалық жүйесі. Математикалық тұрғыдан байланыстар дифференциалдық теңдеулер арқылы көрсетіледі. Егер бұл дифференциалдық теңдеулерді тек жүйенің нүктелерінің координаталары үшін теңдеулерге біріктіру және азайту мүмкін болмаса, байланыс голономды емес деп аталады [9].

Голономды емес жүйелердің ерекшелігі, атап айтқанда қозғалыстың дифференциалдық теңдеулерін құрастыру әдістемесі, П. Аппель, П.В. Воронц және С. А. Чаплыгин жасаған.

Екі өздігінен басқарылатын моторлы дөңгелегі бар мобильді роботты қарастырайық, ал роботтың үшінші дөңгелегі инерциясыз, үйкеліссіз және роботтың шассиіне бекітілген тік өзін-өзі дамытатын шанышқы. Роботтың қозғалысы көлденең жазықтықта жүреді. 3-суретте мобильді робот шассиінің жалпы көрінісі көрсетілген: 1 және 2 –  $r$ , радиусы бар жетек доңғалақтары, 3 - инерциясыз доңғалақ, 4 және 5-жұмыс қозғалтқыштары [7].



16 Сурет- Мобильді робот шассиінің жалпы көрінісі

Қабылданған болжамдар бойынша роботтың қозғалысы толығымен А нүктесінің  $\{x, y\}$  координаталарымен - шассидің жетек дөңгелектерін қосатын сегменттің центрімен және  $\phi$  айналу бұрышы  $X$  арқылы анықталады.

Барлық дөңгелектер сырғанаусыз қозғалады. 1 және 2 жетек доңғалақтарының радиусы  $r$  және оларды басқару кернеулері берілген бірдей қозғалтқыштар 4 пен 5 жүргізеді:  $U_L$  - сол дөңгелекке (1) және  $U_R$  - оң

дөңгелекке (2). Бұрылу робот көрсетілген басқару кернеулерінің айырмашылығын қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Роботтың қозғалысы тіркелген ОХҮ координаталар жүйесіне қатысты қарастырылады. Бастапқы нүктесі А нүктесінде қозғалатын  $A_{xy}$  координаттар жүйесі роботтың шассиімен берік байланысты. Х осі жетек дөңгелектерінің орталықтарын қосатын сызыққа перпендикуляр және шассидің симметрия осі болып табылады. х осінің оң бағыты роботтың қозғалыс бағытымен бірдей. Роботтың масса центрі С нүктесінде орналасқан; қозғалатын кадрдағы С нүктесінің абсциссасын а деп белгілейді. а-ның оң мәндерімен массаның центрі және үшінші дөңгелек жетекші дөңгелектердің алдында орналасады. Егер жетек дөңгелегінің қозғалтқыштарына берілетін кернеулер тең болса, мобильді роботтың дифференциалды қозғалыс теңдеулері (1) түріне ие болады [7].

$$\begin{aligned}\frac{dV}{dt} &= -\mu V + \alpha \Omega^2 + p \\ \frac{d\Omega}{dt} &= -\mu \frac{l^2}{r^2} \Omega - \frac{\alpha}{\rho^2} V \Omega\end{aligned}\quad (1)$$

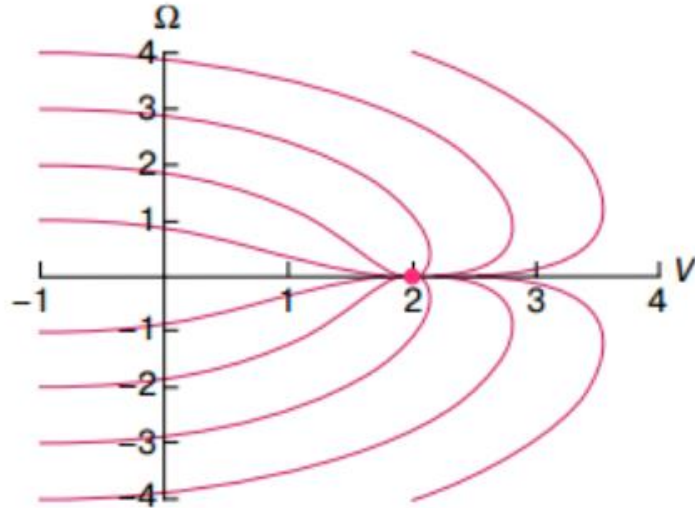
мұндағы V-А нүктесінің жылдамдығы,  $\Omega$ -роботтың бұрыштық жылдамдығы,  $\mu$ - тұтқыр үйкеліс күштерінің коэффициентіне пропорционалды параметр,  $\rho$ -инерция радиусы масса центрі арқылы өтетін оське қатысты робот-бұл қашықтық роботтың жетекші дөңгелектерінің орталықтары арасында  $\rho$ -жетекші дөңгелектерге берілетін кернеулердің қосындысына пропорционалды оң параметр.

$\rho$  параметрі тұрақты болған жағдайда теңдеулер (1) роботтың басқарылмайтын қозғалысын сипаттайды. Параметрдің оң мәндерінде (1) теңдеулерінде жалғыз ерекше нүкте бар (2).

$$V = \frac{p}{\mu}, \Omega = 0, \quad (2)$$

Бұл қозғалыс асимптотикалық тұрғыдан тұрақты "үлкен", яғни барлық теңдеу шешімдері (1) белгілі бір уақыт өткеннен кейін шешімнен (2) аздап өзгеше болады.

Бұл жағдайда жүйенің фазалық портреті (1) көрсетілген, сонымен қатар жеке шешім (2) тұрақты арнайы "торап" типті нүкте болып табылады.



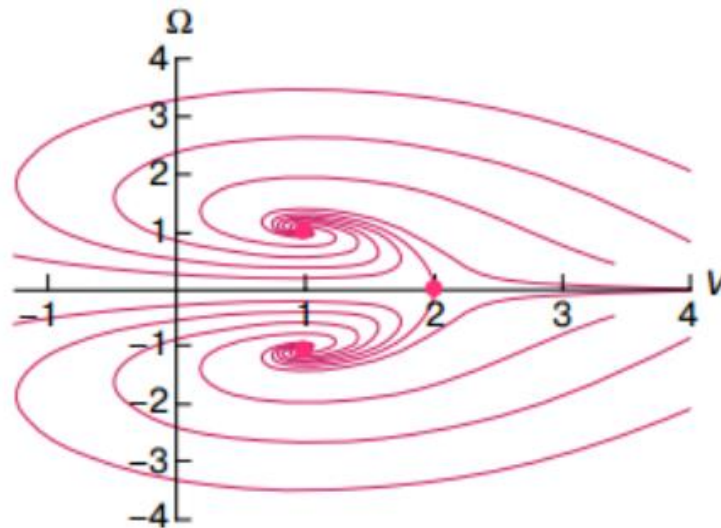
17 Сурет-  $\alpha > 0$  кезінде жүйенің фазалық портреті (1)

Параметр теріс болған кезде жағдай өзгереді, яғни масса орталығы мен үшінші дөңгелегі роботтың жетекші дөңгелектерінің артында болады.  $V$ ,  $\Omega$  жазықтығында қозғалтқыштарға берілетін кернеудің жоғарылауымен және оның жылдамдығының жоғарылауымен (3), екі жаңа арнайы жүйенің нүктелерінің туылуының бифуркациясы пайда болады (1).

$$p = \mu V = -\frac{1}{\alpha} \left( \frac{\mu l \rho}{r} \right)^2 \quad (3)$$

Арнайы нүктелер (4) - тұрақты түйіндер немесе ошақтар. Шешімдердің (4) механикалық мағынасы роботтың тұрақты бұрыштық жылдамдығымен осындай айналмалы қозғалысынан тұрады, бұл кезде  $A$  нүктесі  $R = V^* / \Omega^*$  радиус шеңберін сипаттайды. Бұл жағдайда арнайы нүкте (2) тұрақсыз болып, ертоқымға айналады [11].

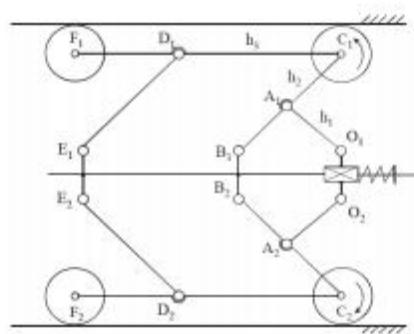
$$V = V^* = -\frac{\mu l^2 \rho^2}{\alpha r^2}, \Omega = \pm \Omega^* = \pm \sqrt{-\frac{p}{\alpha} - \left( \frac{\mu l \rho}{\alpha r} \right)^2} \quad (4)$$



18 Сурет-  $\alpha > 0$  кезіндегі (1) жүйеге арналған фазалық портрет

Талқыланған математикалық нәтижелер дегеніміз, егер доңғалақтар масса центрінен алда болса, мобильді робот тұрақты, тік сызықты қозғалысты тек белгілі бір шекті мәннен аспайтын жылдамдықпен жүргізе алады. Қозғалтқыштарға берілетін кернеудің жоғарылауымен роботтың жылдамдығы артады [8].

Дөңгелек модульдерді қысуды пассивті бейімдеу механизмдерінің мысалы ретінде Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca-да жасалған механизмдер назар аударуға тұрарлық (19-сурет).



а) бір редукторлы механизм





$$N = \frac{F_T}{3\mu}, \quad (5)$$

онда әр тіректегі күштер, құбыр радиусының шамасы және МАПКМ баптау параметрлері келесі өрнектермен анықталады:

$$\begin{cases} F_1 = \frac{N \cos \alpha_2 + (\mu N - M_1 g) \sin \alpha_2}{4 \sin(\alpha_1 + \alpha_2)} \\ F_2 = \frac{N \cos \alpha_1 - (\mu N - M_1 g) \sin \alpha_1}{4 \sin(\alpha_1 + \alpha_2)} \end{cases} \quad (6)$$

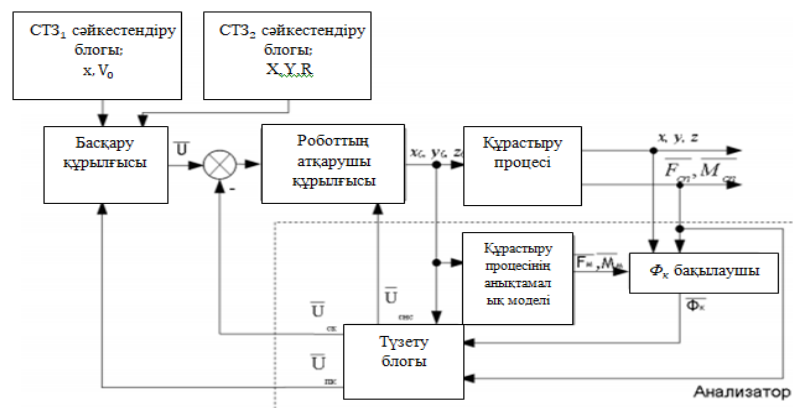
$$\begin{cases} r_T = Hf + Lf \sin \alpha_1 + Ht/2 \\ r_T = Hr + Lr \sin \alpha_2 + Ht/2 \end{cases}, \quad (7)$$

$$L = Lr \cos \alpha_2 + Lf \cos \alpha_2 + D \quad (8)$$

мұндағы  $M_1$  роботтың массасы,  $g$ -еркін құлаудың үдеуі.

Мехатрондық модульмен МАПКМ жұмысының тегістігі тұрғысынан доңғалақтардың өзара әрекеттесуінің байланыс жағдайларында сызықтық орын ауыстыру құбырлардың кедергілері мен беті аралас бейімделумен КМ қысу механизмін қолданған жөн. Біріктірілген бейімделу принципі пассивті және белсенді бейімделуді бір уақытта қолдану болып табылады (21-суретті қараңыз), сәйкесінше серпімді байланыстар мен сызықты электр жетегі арқылы жүзеге асырылады [9].

Соңғы жағдайда (21-суретті қараңыз) диаметрінің өзгеруіне бейімделу құбыр желісі базада белсенді МАПКМ қолдану арқылы қамтамасыз етіледі, MAXON фирмасының корпусынан, шығыршықты винтті берілісінен (РВП), түйісу процесін аяқтау үшін  $U_{снс}$  сигналдық  $U_{ск}$  және бағдарламалық  $U_{пк}$  түзету әсерінен, сондай-ақ параметрлік өзін-өзі баптаудан тұратын сызықтық орын ауыстырудың мехатронды модулі [12].



22 Сурет- Позициялық-күштік басқару жүйесінің функционалдық схемасы

## 3 БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ

### 3.1 Электр қозғалтқышын таңдау

Жетек жетегіне арналған техникалық тапсырмаға сәйкес Электр қозғалтқышын таңдау керек, өйткені қарапайым тұрақты қозғалтқыштарда щетка жинағының болуына байланысты елеулі кемшіліктер бар. Ал атап айтқанда:

1.Щетка-коллекторлық тораптың жеткіліксіз сенімділігі, оған мерзімді қызмет көрсету қажеттілігі.

2.Зәкірдегі кернеудің шектеулі мөлшері, демек, тұрақты ток қозғалтқыштарының қуаты, бұл олардың жоғары қуатты жоғары жылдамдықты жетектерге қолданылуын шектейді.

3.Тұрақты ток қозғалтқыштарының шамадан тыс жүктеме қабілеті шектеулі, арматура тогының өзгеру жылдамдығын шектеу, бұл жоғары динамикалық электр жетектері үшін өте маңызды.Дәл осы факторларға байланысты коллекторсыз тұрақты қозғалтқышты таңдаған жөн. Нәтижесінде ESCAP 35nt2r32 тұрақты ток қозғалтқышы таңдалды, ол 23-суретте көрсетілген [18].



23 Сурет- ESCAP 35nt2r32 электр қозғалтқышы

1-кестеде ESCAP 35nt2r32 электр қозғалтқышының паспорттық деректері көрсетілген.

1 Кесте - maxonmotorEC60 Электр қозғалтқышының төлқұжат деректері

|                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Категория                           | Miniature Electric Motors |
| Номиналды кернеуі                   | 60 В                      |
| Номиналды қуаты                     | 200 Вт                    |
| Бос жылдамдық                       | 4990 айн/мин              |
| Корпус диаметрі                     | 57 мм                     |
| Ұзындығы                            | 128 мм                    |
| Білік диаметрі                      | 12мм                      |
| Білік ұзындығы                      | 25 мм                     |
| Максималды үздіксіз айналдыру кезде | 528мН·м                   |

### 3.2 Контроллерді таңдау

Контроллерді таңдау ESCAP 35nt2r32 таңдалған электр қозғалтқышына сәйкес жүргізілді. Қозғалтқыштарды басқаруды ESCON 70/10 қозғалтқыш-контроллерді басқару блогы жүзеге асырады (24-сурет). Бұл микроконтроллер электр қозғалтқыштарын басқарудың барлық талаптарын қанағаттандырады және басқа тапсырмалар үшін ресурстар бар, мысалы, USB, SPI, UART немесе TWI протоколдары арқылы байланыс.

Maxonmotor өнім каталогында таңдалған электр қозғалтқышы үшін ESCON 70/10 контроллері таңдалды, ол тұрақты ток қозғалтқыштарымен және 700 Вт-қа дейінгі Холл сенсорлары бар электрсіз тұрақты ток қозғалтқыштарымен үйлесімді. Бұл контроллер Холл датчиктерімен, кодтағышпен немесе онсыз жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Контроллер тікелей қосылады және қосымша тақталар мен модульдерді қажет етпейді.

Өндіруші қозғалтқыш контроллерлерінің қатарына ең үлкен қуатқа ие MaxonMotor модель ESCON 70/10 кіреді. Бұл контроллердің артықшылықтары жоғары тиімділік (98%), жоғары айналмалы қозғалтқыштармен жұмыс істеу мүмкіндігі (150000 айн/мин дейін), ток пен моменттің тамаша реттелуін қамтамасыз ететін кең өткізу қабілеті бар сандық токтың болуы [19].



кадамдық шеберлер және контроллерді орнатудың сенімді автоматты процедурасы қолдайды [19].

ESCON 70/10 келесі қорғаныс тізбектеріне ие:

- кернеудің төмендеуі мен кернеуден;
- артық жүктеме;
- температураның жоғарылауы;
- импульсті артық кернеулер;
- қозғалтқыштағы қысқа тұйықталу.

Ол қорғалған аналогты және логикалық кірістер мен шығыстармен жабдықталған. Сондай-ақ, жүктеме қозғалтқышын қорғау үшін токты шектеу мүмкіндігі бар. Аналогтық шығулардың көмегімен қозғалтқыш тогы мен нақты жылдамдықты бақылауға болады. Контроллерді кез-келген салада кеңінен қолдануға болады, қосымшалар кіріс кернеулері мен жұмыс температурасының кең ауқымына байланысты [20].

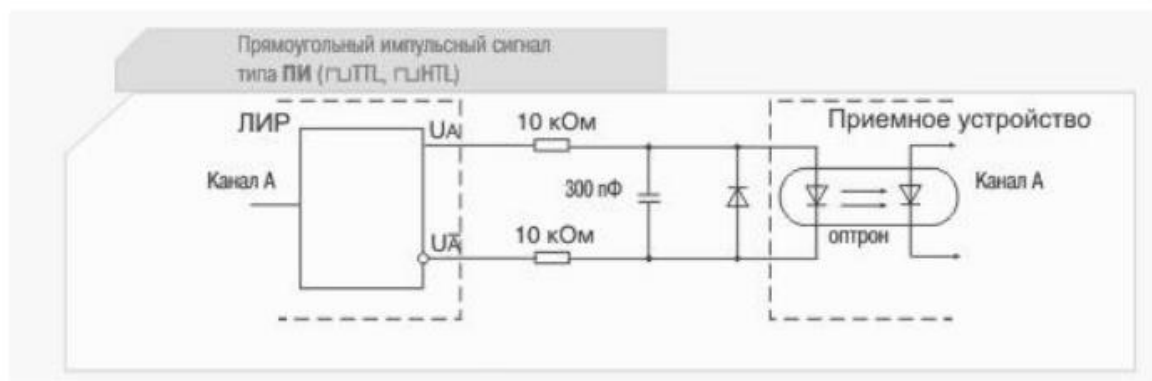
2-кестеде MaxonMotorESCON 70/10 контроллерінің техникалық сипаттамалары көрсетілген.

2 Кесте - ESCON 70/10 контроллерінің техникалық сипаттамалары

|                                                           |                         |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|
| Номиналды кернеу +V <sub>c</sub> ,                        | 10.70                   |
| Абсолютті жұмыс кернеуі                                   | 8 / 76                  |
| Шығу кернеуі (max.), В                                    | 0.95 x + M <sub>c</sub> |
| Шығу тогы I <sub>cont</sub> / I <sub>max</sub> (<20 s), А | 10 / 30                 |
| ШИМ жиілігі, кГц                                          | 53.6                    |
| Ток реттегішінің ПИ іріктеу жиілігі, кГц                  | 53.6                    |
| ПИ жылдамдық реттегішінің іріктеу жиілігі, кГц            | 5.36                    |
| ПӘК, %                                                    | 98                      |

### 3.3 Кодтағышты таңдау

Робототехникалық платформаның атқарушы органының бұрылу бұрышын бақылау үшін кодтаушы қажет болады. Айналдыру бұрышын дәл анықтау үшін кодтаушы редуктордың розеткасына орнатылады. Таңдалған контроллер тек қосымша кодерлермен үйлесімді. Қосымша кодерлердің басты ерекшелігі-жетектің нақты орнын анықтау үшін жүйенің қуатын қалпына келтіргеннен кейін жетекті алдын-ала белгілі (бастапқы) күйге ауыстыру қажеттілігі. Біз "СКБ ИС Центр" LIR 212-A LLC компаниясының Фото импульсті сенсорын таңдаймыз, түрлендіргіштің ажыратымдылығы 32000 дискрет / айналымға дейін. Фото импульсті сенсордың схемасы мен сипаттамалары 25 және 26-суреттерде көрсетілген [19].



25 Сурет- ЛИР 212-А схемасы



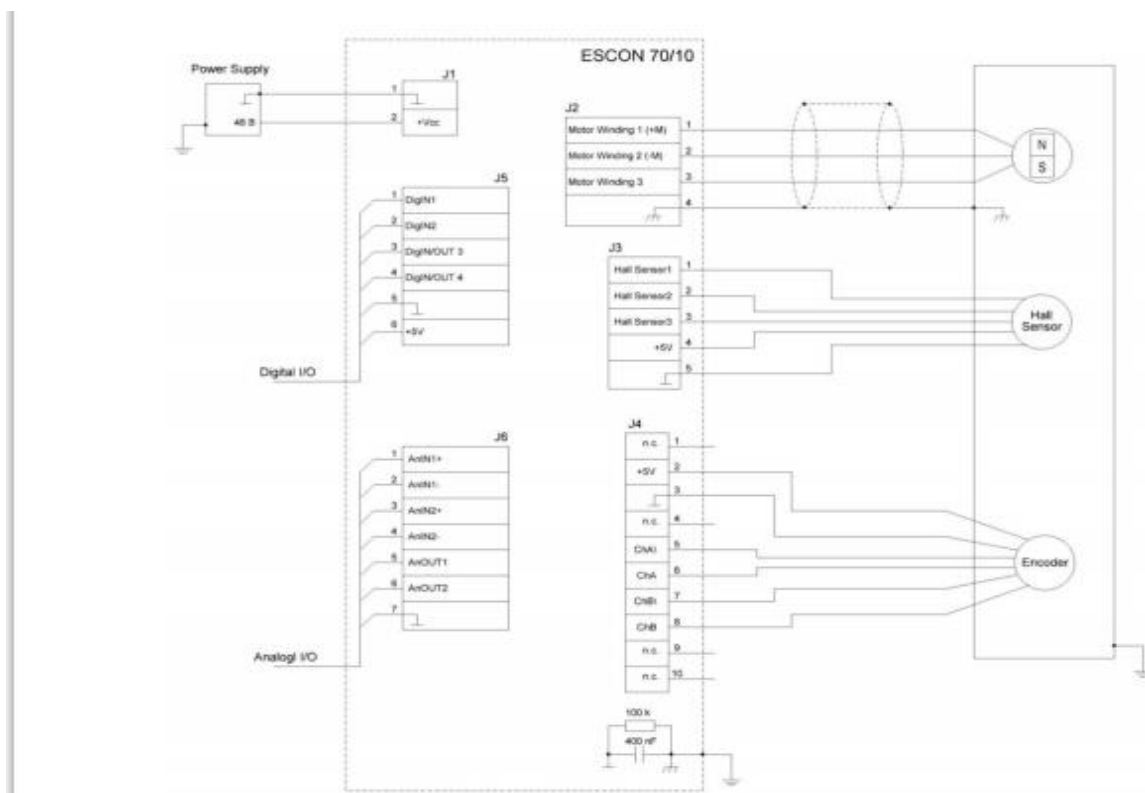
| Электрические и механические характеристики     |                                                                     |                                                          |                        |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------|
| Напряжение питания                              | +5 В ± 5 %                                                          | И <sub>потр.</sub> ≤ 100 мА                              |                        |
| Выходной сигнал                                 | ПИ (ГЛТЦ)                                                           |                                                          |                        |
| Число периодов выходного сигнала на оборот вала | (100, 320, 360, 200, 500) × К, где К = 1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 12, 16 |                                                          |                        |
| Класс точности                                  | В ± 150"                                                            | Степень защиты                                           | IP50                   |
| Макс. скорость вращения вала                    | 6000 об/мин                                                         | Интервал рабочих температур                              | Н - (0...70)°C         |
| Момент трогания ротора (20°C)                   | ≤ 2×10 <sup>-4</sup> Н·м                                            | Вибрационные ускорения в диапазоне частот (55...2000) Гц | ≤ 100 м/с <sup>2</sup> |
| Момент инерции ротора                           | 0,8 × 10 <sup>-8</sup> кг·м <sup>2</sup>                            | Ударное ускорение (10 мс)                                | ≤ 300 м/с <sup>2</sup> |
| Допустимая осевая нагрузка на вал               | ≤ 3 Н                                                               |                                                          |                        |
| радиальная                                      | ≤ 3 Н                                                               |                                                          |                        |
| Масса (без кабеля)                              | 0,012 кг                                                            |                                                          |                        |

26 Сурет- LIR 212-А сипаттамалары

### 3.4 Электрлік принципті схема

27-суретте мобильді робототехникалық кешеннің электрлік схемасы көрсетілген. Ұңғыманың өзгеруімен жұмыс істейтін кернеудің орташа мәні өзгереді, осылайша қозғалтқыштың жылдамдығы сақталады. Ұңғыма-импульс ұзақтығының кезең ұзақтығына қатынасы. Импульстің ендік модуляциясы - аналогтық сигналды генерациялау сандық көзді пайдалану. ШИМ сигналы оны анықтайтын екі негізгі компоненттен тұрады: жұмыс циклі және жиілік. Жұмыс циклі сигнал берілетін уақыт мөлшерін сипаттайды. Уақыт үлесі бір циклды аяқтауға жұмсалған жалпы уақыттың пайызымен өлшенеді. Жиілік секундына цикл санын анықтайды (яғни 1000 Гц жиілікте секундына 1000 цикл орындалады). Сандық сигналды циклдік өшіру және қосу кезінде және белгілі бір жұмыс циклінде шығыс сигналы құрылғыға қуат беру кезінде тұрақты кернеудің аналогтық сигналы ретінде әрекет етеді [11].

ШИМ сигналдары басқару бағдарламаларының кең спектрі үшін қолданылады. Олардың негізгі мақсаты-тұрақты ток қозғалтқыштарын басқару, бірақ оны клапандарды, сорғыларды, гидравликаны және басқа механикалық бөлшектерді басқару үшін де қолдануға болады. ШИМ сигналын орнату қажет жиілік қолдану мен қуат берілетін жүйенің реакция уақытына байланысты.

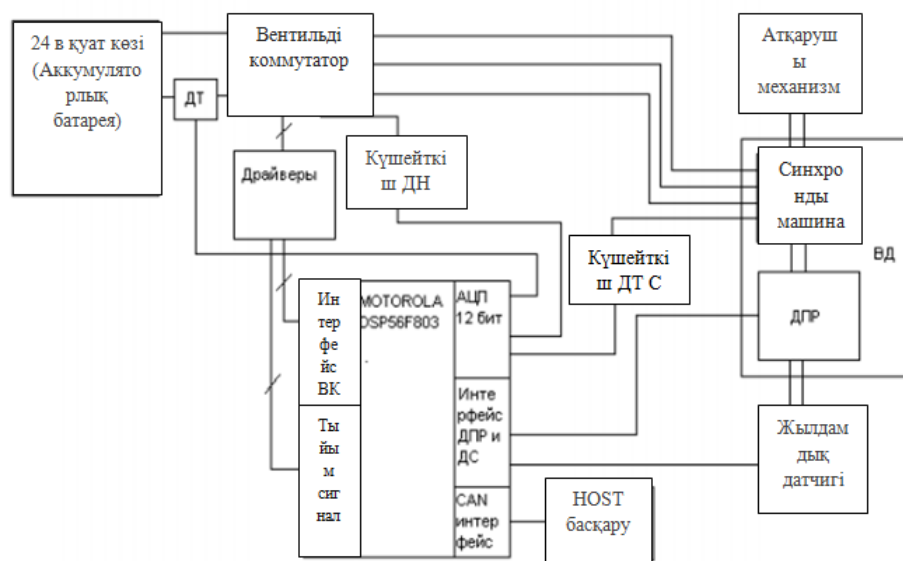


27 Сурет- Мобильді робототехникалық платформаның электрлік схемасы

### 3.5 Көлік құралының жетектерін басқару жүйесінің құрылымын әзірлеу

Жоғары өнімділік және қозғалтқышты басқаруға қажетті барлық DSP микроконтроллерлердің перифериялық құрылғыларының болуы сенсорлары бар дәстүрлі жетек жүйелерінен бас тартуға және бірдей тұтынушылық қасиеттері бар (өнімділік, жылдамдық пен моментті басқару диапазоны) жетек жүйелеріне өтуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда микроконтроллердің DSP қуатты есептеу ресурстары электрлік айнымалы сенсорлардан (токтар, кернеулер) алынған ақпарат негізінде ғана жұмыс істейтін механикалық жетек айнымалыларын бақылаушыны жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Микроэлектрониканың қарқынды дамуы мамандандырылған DSP микроконтроллердің бағасы қарапайым микроконтроллердің бағасына жетті [10].

28-суретте көрсетілген көлік құралының жетектерін басқару жүйесінің құрылымдық схемасы 2 бірдей модульден тұрады, сол және оң жақтағы доңғалақтардың жетектерін басқарады. Модульдер орталық CAN желісімен біріктірілген.



28 Сурет- Жетекті басқару жүйесінің құрылымдық схемасы

28-суретте келесі элементтер көрсетілген: ДТ-ток сенсоры (шунт); ВК - вентильді коммутатор; ДПР – ротордың орналасу датчигі (Холл датчигі); ДТ – датчик температурасы; ДН-кернеуді шектеу схемасы; HOST басқару-жоғарғы деңгейдегі машина.

Басқару модулі келесі түйіндерді қамтиды:

- басқару микроконтроллері;
- драйвер торабы;
- вентильді коммутатор (күштік түрлендіргіш) [11].

Басқару микроконтроллері ретінде Motorola DSP56f803 микроконтроллері қолданылады, оның құрамында қазіргі заманғы жартылай өткізгіш құрылғылар ( MOSFET, IGBT транзисторлары) негізінде кілт және көпір схемаларын басқаруға мүмкіндік беретін арнайы блоктар бар, бұл нақты уақыт режимінде сандық басқару жүйелерін құруға мүмкіндік береді. Микроконтроллердің перифериясына көптеген икемді конфигурацияланатын таймерлер, аналогты-сандық түрлендіргіштер, импульстік сигналдарды өңдеу блоктары, параллель және сериялық порттар, оқиға контроллері, желілік интерфейстер кіреді. Микроконтроллерде беріліс жылдамдығы 1мбит/с-қа дейінгі сап желілік контроллері бар, сап желілік интерфейсі болашақта көлік роботының таратылған адаптивті басқару жүйесін құру үшін қолданылады. Motorola компаниясының DSP процессорын таңдау чиптің де, оған арналған бағдарламалық жасақтаманың да қол жетімділігі мен арзандығына байланысты.

Драйвер торабы IR2110 чипі негізінде салынған жартылай көпір схемаларын басқару мәселелерін ыңғайлы және арзан шешуге қызмет ететін InternationalRectifier құрылғыларының отбасының бірі болып табылатын қуатты драйвер схемасы. IR2110 АЖ-мен электр тізбектері қарапайым, өйткені олар тірек жеріне қатысты логикалық сигналдардың кіріс деңгейлерін және қуатты МОПтранзисторлардың жартылай ось тізбегін басқаруды қамтамасыз етеді: бір жоғарғы деңгей, бір төменгі деңгей. Бұл схема бір IR2110 АЖ және бірнеше сыртқы компоненттерді қажет етеді [16].

InfineonTechnologies компаниясының BUZ111 MOSFET транзисторларын қолдану осы компанияның құрылғыларының жақсы сипаттамалары бар: үлкен ток және өткізгіштің төмен кедергісі.

Жүйеде бағынышты басқаруды жүзеге асыру үшін кері байланыс датчиктері қозғалтқыш роторының жағдайы бойынша, жылдамдық бойынша және Ток бойынша (шунт) [15].

Жоғарғы деңгейдегі басқару жүйесі көлік құралының бортында орнатылған сенсорлық, өлшеу, электрмен қоректендіру және жетек аппаратурасының барлық кешенінен ақпаратты өңдеуді жүзеге асырады. Бұл жабдық көлік құралына таратылады және әдетте, бұл функционалды аяқталған түйіндер мен құрылғылар. RS485/422 сияқты сериялық интерфейстерді қолданған кезде, беру форматтары мен протоколдар бағдарламалық түрде жасалады, бұл даму уақыты мен құнын арттырады. Өнеркәсіп саласында ең көп қолданылатыны сап, Profibus, Interbus-S. CAN, Interbus-S желілік құрылғылардың саны 100-ге дейін жоғары өнімділікті қамтамасыз етеді [16].

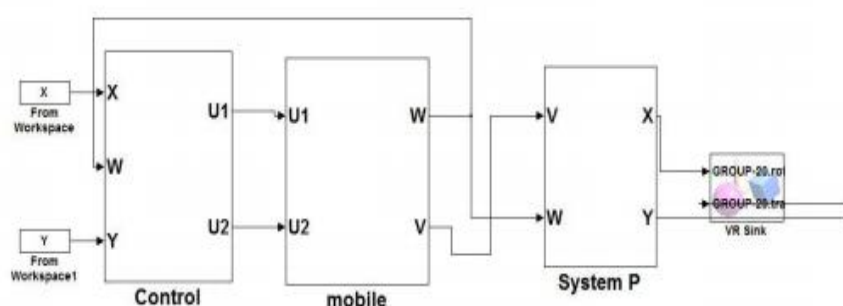
## 4 Matlab пакетіндегі модельдеу

### 4.1 компьютерлік модельдің сипаттамасы

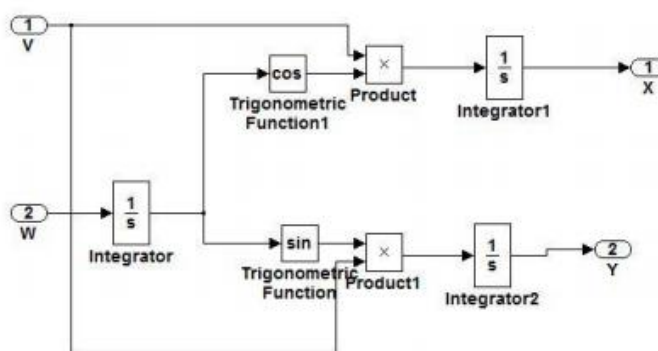
Жалпы типтегі MRC компьютерлік моделі пакеттің көмегімен жүзеге асырылады. Matlab/Simulink және 29-суретте көрсетілген бағдарлама MRC әртүрлі сынақтарын модельдеу және алынған сипаттамаларды зерттеу үшін жасалды.

Бұл бағдарлама үш негізгі бөлімнен тұрады :

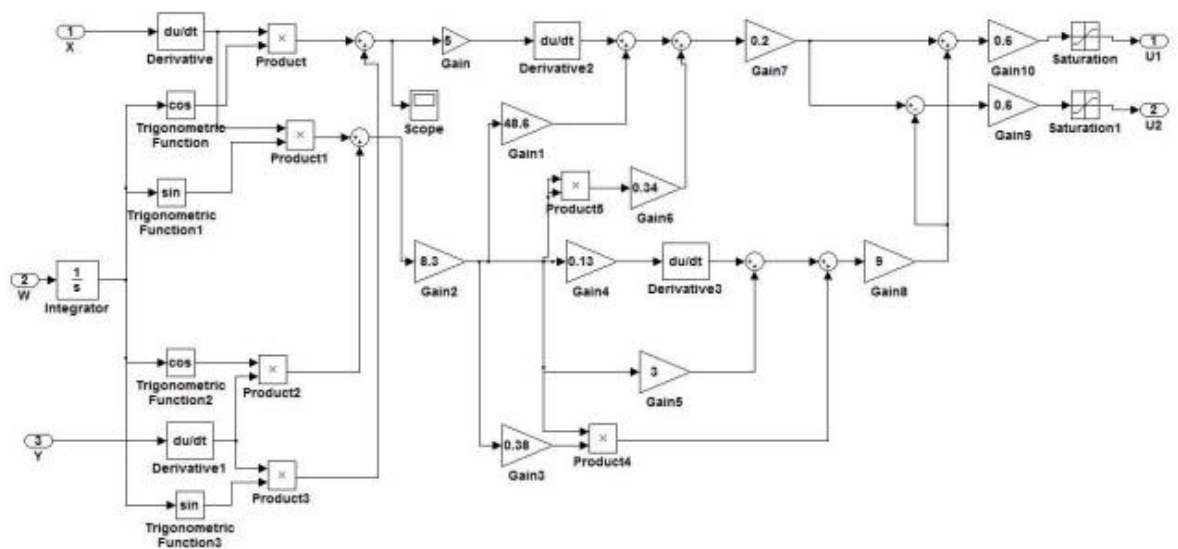
- 30-суретте көрсетілген координаталарды түрлендіру схемасы;
- 31-суретте көрсетілген басқару схемасы;
- 32-суретте көрсетілген бұрыштық қате бойынша кері байланысты басқару сұлбасының блогы [21].



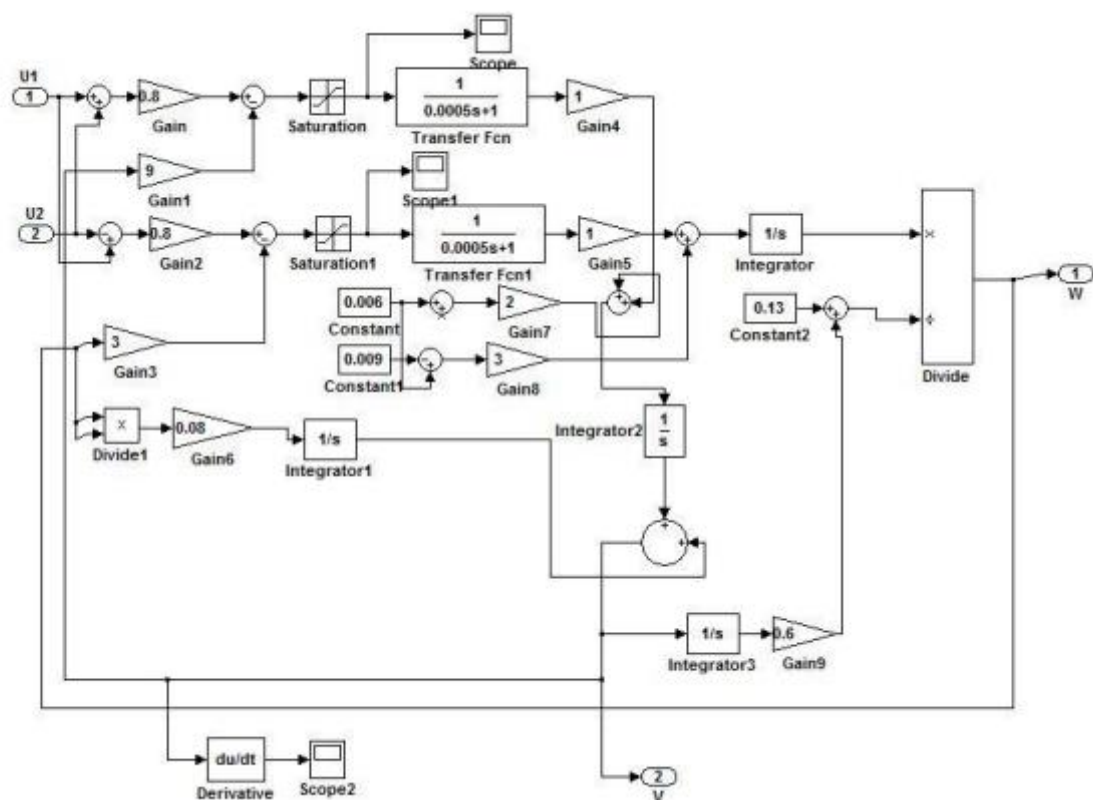
29 Сурет- МРК компьютерлік моделі



30 Сурет- Координаталарды түрлендіру схемасы



31 Сурет- Басқару схемасы



32 Сурет- Бұрыштық қате бойынша кері байланысты басқару схемасы

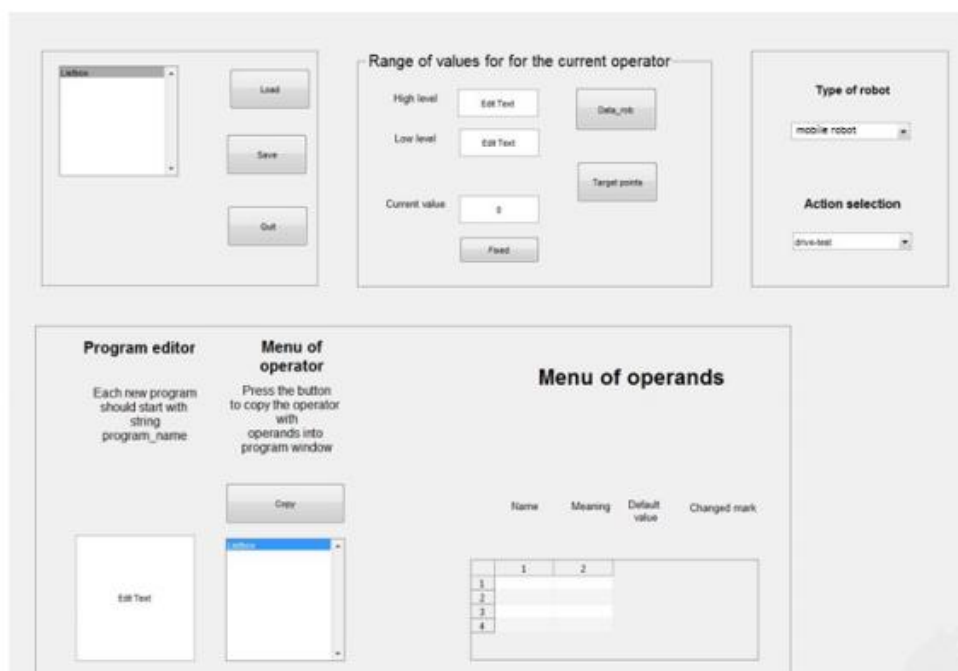
29- суретте келесі блоктар көрсетілген:

- Басқару схемасы;
- Mobile-бұрыштық қате бойынша кері байланысты басқару схемасы;
- SystemP-координаталарды түрлендіру схемасы;

-Белсенді түйіндерді визуализациялайтын VR Sink блогы экспозицияларды бере алады (айналдыру, жылжыту) [21].

## 4.2 Графикалық интерфейс

Графикалық пайдаланушы интерфейсi (графикалық пайдаланушы интерфейсi, GUI) – есептеу техникасының мінез-құлқын басқару көрнекі басқару элементтері арқылы жүйелер 33-суретте көрсетілген терезелер, тізімдер, түймелер, гиперсілтемелер [17].

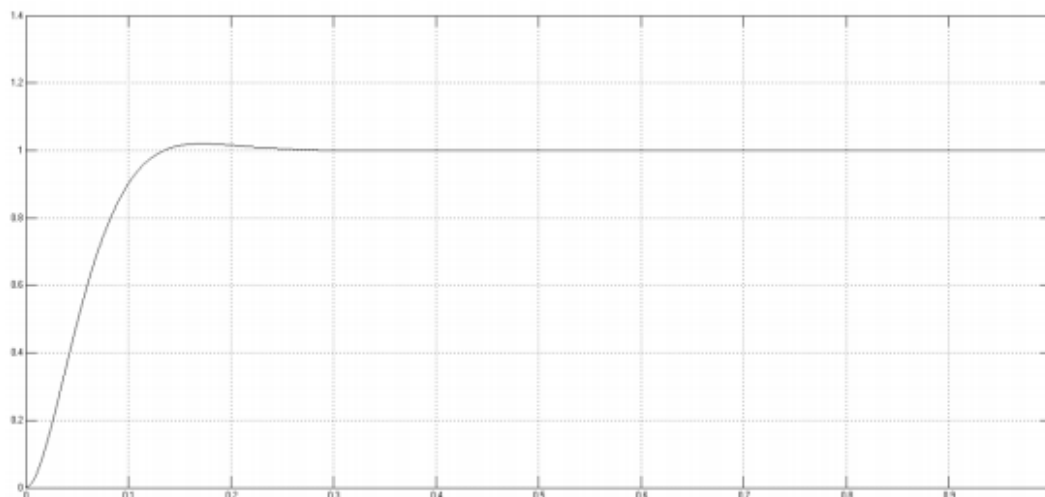


33 Сурет- Мобильді робот үшін графикалық интерфейс

Бұл интерфейсiң артықшылығы-кез-келген оператор бағдарламалық жасақтама параметрлеріне кірместен бақылау мен басқаруды жүзеге асыра алады. Сондай-ақ, бұл GUI жалпы принциптерге, басқару жүйесіне ұқсас әртүрлі роботтар үшін қолданыла алады. Осы интерфейсi қолдана отырып, сіз технологиялық операцияға сәйкес келетін алдын-ала жазылған бағдарламаларды таңдап, іске қоса аласыз. Сондай-ақ, роботтың әрекетін таңдауға қолдау көрсетіледі (қозғалтқыштар, датчиктер және т.б. диагностикасы). Болашақта қосымша жабдықты (датчиктер, камера, манипуляторлар және т.б.) орнату кезінде интерфейсi жетілдіруге, қуат жүйесінің күйін бақылау функциясын қосуға болады [17].

### 4.3 Алынған сипаттамалар

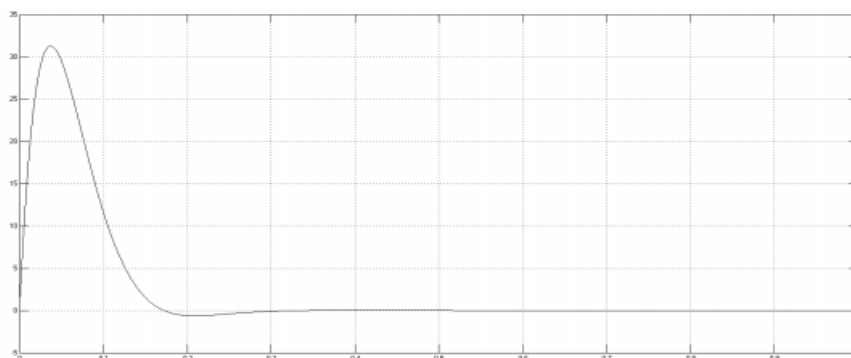
34 және 35-суреттерде дөңгелектің айналу электр жетегінің динамикалық сипаттамалары бос жүріс режимінде ұсынылған, графиктердегі жылдамдық салыстырмалы бірліктерде ұсынылады.



34 Сурет- Жұмыс істемейтін режимдегі жылдамдық бойынша өтпелі процестің графигі барысы

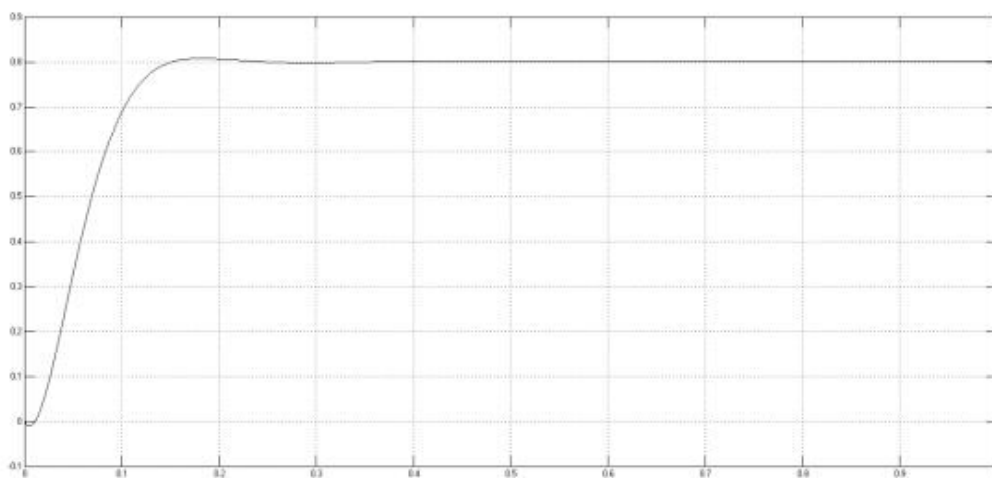
34-суретте электр қозғалтқышы жылдамдықты номиналды жылдамдыққа жеткізетіні көрсетілген. Деректер салыстырмалы бірліктерде көрсетілген. Уақыт кезінде  $t=0,3$  с процесс болып табылады. Қайта реттеу шамасы 2% - ды құрайды.

35-суреттен токтың бастапқы мәні электр қозғалтқышының номиналды тогының алты есе өсуіне жететінін көруге болады. Процесс  $t=0,3$  с уақыт сәтінде белгіленген болып саналады [17].



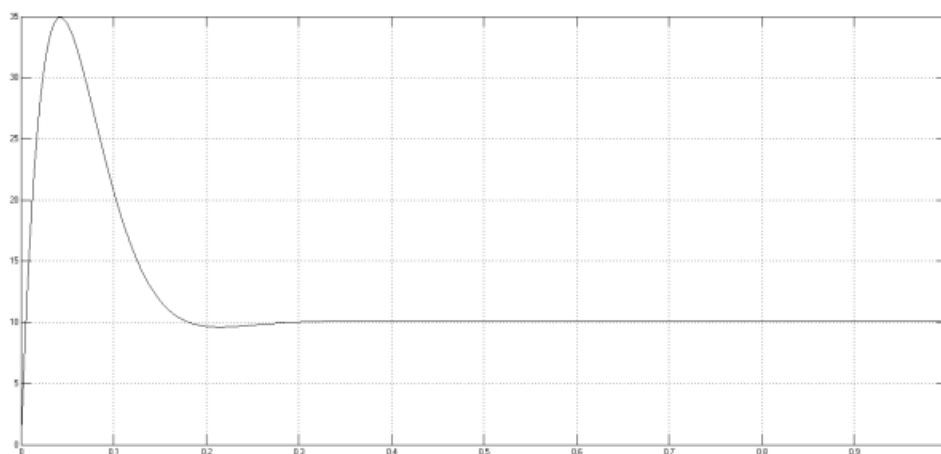
35 Сурет- Бос жүріс режиміндегі ток бойынша өтпелі процестің графигі

36-суретте және 37-суретте номиналды жүктеме кезінде дөңгелектің айналу электр жетегінің динамикалық сипаттамалары көрсетілген.



36 Сурет- Номиналды жүктеме кезіндегі жылдамдық бойынша өтпелі процестің графигі

36-суретте қалыптасқан процесс бір сәтте басталатынын көруге болады, уақыт  $t=0,25$  с, қайта реттеу 2% құрайды [17].



37 Сурет- Номиналды жүктеме кезіндегі токтың өтпелі графигі

37-суреттен номиналды жүктеме кезінде қорытынды жасауға болады, электр қозғалтқышы уақыт өте келе белгіленген режимге өтеді  $t=0,3$  с, тұрақты режимде токтың мәні номиналды мәнге тең.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыста мобильді роботтармен терең танысу жүреді. ХХІ ғасыр - ақпараттандыру технологиясы ғасыры, жасанды интеллекттің дамыған заманы. Күнделікті өмірімізге роботтың да қарқындап еніп, түрлі салаларда өз міндеттерін атқарып жатқаны да соның бір дәлелі. Аталмыш сала Қазақстанда енді қарқын алып келеді. Алдыңғы мемлекеттерден әлдеқайда артта қалсақ та, жаңа салаға ерекше ден қойылуда.

Роботтардың қолданылу аясы өте кең. Автоматтандырылған машиналарды адам өміріне қауіпті аймақтарға жіберіп, зерттеу жүргізе беру мүмкіндігіне иеміз. Көптеген роботтар миналар мен бомбаларды залалсыздандыру сынды адамдарға тікелей зардап алып келетін жағдайларда да қолданылады.

Әрине, роботтың адамға тигізетін пайдасы зор. Адам өзінің физикалық және ой еңбегін жеңілдету мақсатында роботтарды ойлап тапқан. Оны үнемі жетілдіріп, дамытып отырады. Адам организмі ыстық пен суыққа төзімсіз. Сондықтан да адамның жүруіне қауіпті жерлерде, жер асты, ай бетіндегі зерттеу жұмыстарында, адамның денсаулығына зиян келетін өндіріс орындарында, дәлдікті қажет ететін медицина, есептеу салаларында роботтың атқаратын қызметі, адамға әкелетін пайдасы ұшан-теңіз.

Сонымен қатар роботтың адамзатқа тигізетін зияны да жоқ емес. Дене еңбегінің аз болуы да, адам денсаулығына әсерін тигізбей қоймайды. Адам психикасына, әсіресе балалар психикасына, дамудың тежелуі, артық салмақ, ұйқының жетіспеуі, психикалық аурулар, агрессия - жаңа технологияның жемісі. Ғалымдардың болжауы бойынша келешекте мамандықтардың басым бөлігі толықтай автоматтандырылып, адамдар арасында жұмыссыздық белең алуы мүмкін.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Юревич Е.И. Основы робототехники. БХВ-Петербург, 2010. – 360 с.
- 2 Иванов А.А. Основы робототехники. Изд-во Форум, 2012. – 224 с.
- 3 Козырев Ю.Г. Промышленные роботы. Справочник. М, 1986.- 376 с.
- 4 Справочник по промышленной робототехнике: В 2-х кн. Кн.1/Под ред. Ш. Нофа.-М.: Машиностроение, 1989.-480 с.
- 5 Павловский В.Е., Прудковский С.Г. Исследование и верификация моделей робототехнологических комплексов: Препр. ИПМ АН СССР № 13. М.: 1985.-32 с.
- 6 Грувер М., Зиммерс Э. САПР и автоматизация производства. М.: Мир, 1987.- 528 с.
- 7 Шпур Г., Краузе Ф.-Л. Автоматизированное проектирование в машиностроении.-М.: Машиностроение, 1988.- 648 с.
- 8 Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. Киев. Наукова думка: 1982.-530 с.
- 9 Байбатшаев М.Ш., Бейсембаев А.А., Балгабаев М.А., Ибрагимов Р.И. Выбор промышленных роботов по рабочим зонам./Вопросы создания АСУ технологическими процессами и предприятиями.- Алма-Ата, Каз.ПТИ, 1985.- с. 158-167.
- 10 К.Фу, Р.Гонсалес, К.Ли Робототехника. - М.: Мир, 1989
- 11 Шахинпур М. Курс робототехники. - М.: Мир, 1990
- 12 С.Ф.Бурдаков, В.А.Дьяченко, А.Н.Тимофеев Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов
- 13 Попов Е. П., Верещагин А. Ф., Зенкевич С. Л. Манипуляционные роботы: Динамика и алгоритмы. - М.:Наука, 1978
- 14 Механика промышленных роботов: в 3, Е. И. Воробьева. - М.:Высшая школа, 1989
- 15 Тимченко В. А., Сухомлин А. А. Роботизация сварочного производства. - К.: Техника, 1988
- 16 Патон Б. Е., Спыну Г. А., Тимошенко В. Г. Промышленные роботы для сварки. - К.: Наукова думка, 1977
- 17 Лурье А. И. Аналитическая механика. - М.: Физматгиз, 1961
- 18 Сварочные роботы. / Под ред. Г. Гердена. - К.: Техника, 1988
- 19 Жолдасбеков Ә. А. Машиналар механизмдерінің теориясы. - А.: Мектеп, 1972
- 20 Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Управление роботами: – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баймана, 2000
- 21 Роботизированные производственные комплексы/Ю.Г. Козырев, А.А. Кудинов, В.Э. Булатов и др.; Под ред. Ю.Г. Козырева, А.А. Кудинова. – М.: Машиностроение, 1987
- 22 Робототехника/Ю.Д. Андрианов, Э.П. Бобриков, В.Н. Гончаренко и др.; Под ред. Е.П. Попова, Е.И. Юревича. – М.: Машиностроение, 1984 – 288 с.

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Сағымбаева Асылхан Таңатарқызы

**Название:** Мұнай және газ өндіру платформаларында инспекция жүргізу үшін мобильді роботтардың басқару жүйесін әзірлеу

**Координатор:** Куаныш Абжапаров

**Коэффициент подобия 1:** 0.6

**Коэффициент подобия 2:** 0

**Замена букв:** 3

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

..... Дипломдық жұмысты қорғауға рұқсат етіледі. ....

29.05.2021.....

Дата



.....  
Подпись Научного руководителя

## Протокол анализа Отчета подобия

### заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Сағымбаева Асылхан Таңатарқызы

**Название:** Мұнай және газ өндіру платформаларында инспекция жүргізу үшін мобильді роботтардың басқару жүйесін әзірлеу

**Координатор:** Куаныш Абжапаров

**Коэффициент подобия 1:0.6**

**Коэффициент подобия 2:0**

**Замена букв:3**

**Интервалы:0**

**Микропробелы:0**

**Белые знаки:0**

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

**Обоснование:**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
  
.....  
.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения