

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Маштеева Дария Маратқызы

Тақырыбы: «Логикалық функциялар түріндегі математикалық сипаттама және төрт айналмалы кинематикалық байланысы бар манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігін модельдеу»

Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5В070200–«Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы



**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі,

физ-мат.ғыл.канд,

қауымдастырылған профессоры

Н.У.Алдияров

«13» 05 2022 ж.

Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

Тақырыбы: «Логикалық функциялар түріндегі математикалық сипаттама және төрт айналмалы кинематикалық байланысы бар манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігін модельдеу»

Мамандығы: 5B070200 –«Автоматтандыру және басқару»

Орындаған

Маштеева Д.М.

Пікір беруші

Ғ.Даукеев атындағы АЭЖБУ

АжБ кафедрасының доценті,

PhD докторы


Ғылыми жетекші


АжБ кафедрасының

қауымдастырылған

профессоры,

тех.ғыл кандидаты, доцент

  
Бәзіл Г.Д.  
«13» 05 2022ж.

  
Бейсембаев А.А.  
«12» 05 2022ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

5B070200 - «Автоматтандыру және басқару» мамандығы



**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі,  
физ-мат. ғыл. канд.,  
қауымдастырылған профессоры,

Н.У. Алдияров

«18» 05 2022 ж.

Дипломдық жобаны дайындауға

**ТАПСЫРМА**

Білім алушы Маштеева Дария Маратқызы

Тақырыбы: «Логикалық функциялар түріндегі математикалық сипаттама және төрт айналмалы кинематикалық байланысы бар манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігін модельдеу»

Университет ректорының бұйрығымен бекітілген № «489-П/Ө»,  
«24» желтоқсан 2021 ж.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 ж.

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

а) кіріспе;

б) технологиялық бөлім, арнайы бөлім;

в) экономикалық бөлім, еңбек қорғау бөлімі;

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген):  
робот схемасы, төрт айналу қимыл дәрежесі бар манипуляторлы роботтың схемасы

Ұсынылған негізгі әдебиеттер:





[1] Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. Изд. Солон-Пресс - 2007. – С.65-72.,


[2] Чмиль В.П. Теория механизмов и машин. – Изд. Лань 2012. – С.23-33.


Дипломдық жобаны даярлау  
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, қарастырылған сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, Кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Технологиялық бөлім	10.01-19.02	
Арнайы бөлім	21.02-25.03	
Экономикалық бөлім, еңбек қорғау бөлімі	28.03-26.04	

Дипломдық жоба бөлімдерінің кеңесшілері мен  
нормабақылаушының аяқталған жобаға қойған  
қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні,тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Технологиялық бөлім	Бейсембаев А.А. АжБ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, тех.ғыл.канд, доцент	12.05.2022	
Арнайы бөлім	Бейсембаев А.А. АжБ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, тех.ғыл.канд, доцент	12.05.2022	
Экономикалық бөлім, еңбек қорғау бөлімі	Бейсембаев А.А. АжБ кафедрасының қауымдастырылған профессоры, тех.ғыл.канд, доцент	12.05.2022	
Нормалық бақылаушы	Сарсенбаев Н.С. техн.ғыл.канд., ассистент-профессор	12.05.22	

Ғылыми жетекшісі  Бейсембаев А.А.

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Маштеева Д.М

Күні «24» желтоқсан 2021

## АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс логикалық функциялар түріндегі математикалық сипаттаманы қарастырады және төрт айналмалы кинематикалық байланысы бар манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігін модельдейді. Жоба екі тараудан тұрады: технологиялық және есептеу бөлігі.

Робототехниканың ағымдағы жай-күйіне, сондай-ақ робототехниканың өзекті жобаларына шолу жасалды.

Технологиялық процесс сипатталған, автоматтандыру схемалары келтірілген, логикалық функциялар түріндегі математикалық сипаттама талданған, сонымен қатар манипуляциялық робот үшін жұмыс кеңістігін модельдеу қарастырылған. Берілген робот үшін оның жұмыс аймағы есептелді.

MATLAB ортасында өтпелі графиктер, амплитудалық-жиілік сипаттамалары жасалды, сонымен қатар алынған жүйенің сапасын бағалау есептелді.

Жүйені жақсарту үшін реттеуші құрылды және енгізілді. Оның жүйеге әсері және оның тиімділігін анықтау үшін реттеуші жоқ жүйемен салыстыру талданды.

## АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыс логикалық функциялар түріндегі математикалық сипаттаманы қарастырады және төрт айналмалы кинематикалық байланысы бар манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігін модельдейді. Жоба екі тараудан тұрады: технологиялық және есептеу бөлігі.

Робототехниканың ағымдағы жай-күйіне, сондай-ақ робототехниканың өзекті жобаларына шолу жасалды.

Технологиялық процесс сипатталған, автоматтандыру схемалары келтірілген, логикалық функциялар түріндегі математикалық сипаттама талданған, сонымен қатар манипуляциялық робот үшін жұмыс кеңістігін модельдеу қарастырылған. Берілген робот үшін оның жұмыс аймағы есептелді.

MATLAB ортасында өтпелі графиктер, амплитудалық-жиілік сипаттамалары жасалды, сонымен қатар алынған жүйенің сапасын бағалау есептелді.

Жүйені жақсарту үшін реттеуші құрылды және енгізілді. Оның жүйеге әсері және оның тиімділігін анықтау үшін реттеуші жоқ жүйемен салыстыру талданды.

## АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассматривается математическое описание в виде логических функций и производится моделирование рабочего пространства манипуляционного робота, имеющего четыре вращательных кинематических звена. Проект состоит из двух глав: технологическая и расчетная часть.

Был проведён обзор текущего состояния робототехники, а также актуальных проектов робототехники.

Описан технологический процесс, приведены схемы автоматизации, проанализировано математическое описание в виде логических функций, а также рассмотрено моделирование рабочего пространства для манипуляционного робота. Для заданного робота была рассчитана его рабочая зона.

В среде MATLAB было произведено построение графиков переходного процесса, амплитудно-частотных характеристик, а также рассчитаны оценки качества полученной системы.

Для улучшения системы был создан и внедрен И-регулятор. Было проанализировано его влияние на систему и сравнение с системой без регулятора для определения его эффективности.

## ANNOTATION

In this diploma work, a mathematical description in the form of logical functions is considered and a simulation of the workspace of a manipulative robot with four rotational kinematic links is performed. The project consists of two chapters: the technological and the calculation part.

A review of the current state of robotics, as well as current robotics projects, was conducted.

The technological process is described, automation schemes are given, the mathematical description in the form of logical functions is analyzed, and the modeling of the workspace for a manipulative robot is also considered. For a given robot, its working area was calculated.

In the MATLAB environment, graphs of the transient process, amplitude-frequency characteristics were plotted, and quality estimates of the resulting system were calculated.

To improve the system, an I-controller was created and implemented. Its effect on the system was analyzed and compared with a system without a regulator to determine its effectiveness.



## МАЗМҰНЫ

### КІРІСПЕ

1	Технологиялық бөлім	10
1.1	Роботтарды қолдану себебі	10
1.2	Роботтың сипаттамасы	10
1.3	Робототехниканы өнеркәсіпте қолдану	11
1.4	Манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігінің сипаттамасы	14
1.5	Айналмалы типтегі төрт буыны бар манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігі	16
1.6	Жұмыс кеңістігін модельдеу	21
2	Есептеу бөлімі	25
2.1	Манипуляциялық роботтың математикалық моделі	25
2.2	Жиілік сипаттамалары	27
2.3	Жүйенің орнықтылығы	29
2.4	Шекті күшейту	31
2.5	Сапаны бағалау	32
2.6	Реттеуішті құру	35
3	Еңбек қауіпсіздігі бөлімі	40
3.1	Роботтарды пайдалану кезіндегі қауіпсіздік	40
3.2	Қондырғыны пайдалану кезіндегі қауіпсіздік	42
3.3	Кернеуден қорғау	43
3.4	Батареялар	44
3.5	Шудан қорғау	45
3.6	Дірілден қорғау	45
3.7	Электромагниттік сәулеленудің әсерінен қорғау	48
3.8	Өрт қауіпсіздігі	50
3.9	Зиянды радиация	50
3.10	Санитарлық-гигиеналық талаптар	52
3.11	Өнеркәсіптік шаң	53
4	Экономикалық бөлім	55
4.1	Роботтарды енгізудің экономикалық тиімділігі	55
4.2	Роботтандырудың өзіндік құнын төмендету тәсілдері	55
4.3	Манипуляциялық роботтың құнын есептеу	56
4.4	Қызмет көрсетуші персоналға арналған шығындар	56
4.5	Электр энергиясына арналған шығындар	57
4.6	Роботтың өтелу мерзімі	57

### ҚОРЫТЫНДЫ

### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

### ШКІР

### ПРОТОКОЛ

## КІРІСПЕ

Робототехника автоматтандырудың ең заманауи және белсенді дамып келе жатқан бағыттарының бірі болып табылады. Нейрожүйелер мен ақпараттың үлкен көлемін өңдеуге арналған жабдықтардың пайда болуымен қатар робототехника алдағы Төртінші өнеркәсіптік революцияның тіректерінің бірі ретінде танылады.

**Жұмыстың өзектілігі:** Роботтардың таралуына роботтарды өнеркәсіпте де, күнделікті өмірде де пайдалану кезінде ашылатын бірқатар мүмкіндіктер ықпал етеді. Жүк көтергіштігі мен ұзақ уақыт бойы үздіксіз жұмыс істеу мүмкіндігінің айқын артықшылықтарынан басқа, роботтарды қолданудың басты артықшылығы өндіріс қауіпсіздігін арттыру болып табылады. Адамды қауіпті жағдайларда жұмыс істеу процесінен алып тастағанда, өндірістегі жазатайым оқиғалардың саны барынша азайтылуы мүмкін.

**Жұмыстың мақсаты:** роботтар монотонды жұмысты жоғары дәлдікпен орындай алады, бұл жұмыс уақытын үнемдейді. Тиісті жағдайларды қамтамасыз ете отырып, роботтар үздіксіз шексіз уақыт жұмыс істей алады.

Бірінші тарауда роботтың өзі, оның дизайны, сондай-ақ ол қатысатын технологиялық процесс сипатталады. Робот-манипулятордың логикалық функциялары мен жұмыс кеңістігі де қарастырылып, талданады. MATLAB және MAPLE бағдарламалық ортасын қолдана отырып, роботтың жұмыс кеңістігінің геометриялық моделі алынады.

Екінші тарауда осы роботтың математикалық моделі сипатталады, модельдің орнықтылығы тексеріледі, сонымен қатар графиктер жасалады, олардың негізінде жүйенің сапасы туралы қорытынды жасалады.

Үшінші тарауда роботтарды пайдаланумен байланысты өндірістік жарақаттанудың барлық қауіптері мен қауіптері сипатталған.

Төртінші тарауда өндірісті роботтандырудың экономикалық тиімділігі сипатталған, сонымен қатар манипуляциялық роботты енгізу және пайдалану құны есептелген.

Соңында атқарылған жұмыстың қорытындысы шығарылады, сондай-ақ алынған нәтижелер талданады.

# **1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМ**

## **1.1 Роботтарды қолдану себебі**

Техникалық прогресс роботтардың пайда болуына және танымал болуына әкелді, олардың әрқайсысы өз міндеттерін орындауға арналған. Роботтандыру өнеркәсіп саласына қатты әсер етті, мұнда металл арқалықтар немесе ірі өндірістік қондырғылар болсын, үлкен массалық объектілермен манипуляция жасау қажеттілігі бар .

Роботтардың өнімділік тұрғысынан басты артықшылығы, жоғарыда аталған жүк көтергіштігінен басқа, ұзақ уақыт бойы монотонды жұмысты үздіксіз орындау мүмкіндігі болып табылады, ал адамның осы саладағы өнімділігі уақыт өте келе шаршауға байланысты төмендейді.

Адам өмірінің қауіпсіздігі тұрғысынан роботтар жарақат алу қаупін азайтады. Бұл әсіресе химиялық цех, ядролық реактордың белсенді аймағы немесе Марстың ауасыз беті болсын, радиациялық, химиялық және биологиялық қауіп жағдайында роботтардың жұмысын көрсетеді. Мұндай ортада болу адам денсаулығына әсер ететін қауіпті фактор болып табылады.

Экономикалық құрамдас маңызды рөл атқарады. Роботтар өндіріс процесін жылдамдатады, бұл өндіріс көлемі мен пайданы арттырады.

## **1.2 Роботтың сипаттамасы**

Роботтың өзі-өзіне берілген әрекетті орындайтын механикалық құрылғы. Роботтардың жалпы құрылымы бірдей: роботтың негізі-жақтау, металл немесе пластик. Рамкаға роботтың қалған элементтері орнатылады. Раманың өзінен басқа, роботтың үстіне роботты физикалық немесе басқа әсерлерден қорғайтын қорғаныс экрандары орнатылуы мүмкін.

Роботтың басқару элементі-сенсорлар мен жетектер қосылған контроллер. Контроллерді бағдарламалау роботқа қажетті командаларды орнатуға мүмкіндік береді. Робот өздігінен берілген пәрменді орындай алады немесе қашықтан басқара алады. Кейбір контроллерлер берілген бағдарламаны орындаумен бірге қолмен басқаруға ауысу мүмкіндігін қолдайды.

Роботтың жетектері-бұл роботтың манипуляторларының өзін де, роботтың шассиін де, егер ол жылжымалы болса, қозғалысқа келтіретін қозғалтқыштар.

Берілген жұмысты орындау үшін (робот жұмыс істейтін ортаның температурасын өлшеу) және Роботты кеңістікте бағыттау үшін барлық сенсорлар қажет. Роботтың тепе-теңдігін анықтауға қажетті стандартты гироскоптардан басқа, робот объектілерді анықтауға және олармен өзара

әрекеттесуге немесе кедергі ретінде айналып өтуге мүмкіндік беретін бірқатар инфрақызыл, жарық және эхо сенсорлары қолданылады.

### 1.3 Робототехниканы өнеркәсіпте қолдану

Жоғары жүк көтергіштігі, ұзақ уақыт үзіліссіз жұмыс істеу қабілеті, тапсырманы жоғары дәлдікпен орындау мүмкіндігі – барлық осы қасиеттер барлық салаларды роботтандыруды қамтамасыз етті.



1.1 Сурет – Зауытта роботтарды қолдану

1.1-суретте роботтарды машина жасау зауытында қолдану мысалы көрсетілген.

Робототехниканы қолдану тізімі кең. Роботтарды қолданудың кейбір мүмкін бағыттары:

1) Жабдықты құрастыру және монтаждау. Қазіргі заманғы конвейер желілері-бұл әр бөлімде белгілі бір тапсырманы орындайтын робот орнатылған ұзын тізбек. Бірінші робот дайын дайындаманы орнатады және жинайды, екіншісі қажетті элементтерді қосады, үшінші робот алынған дайындаманы күйдіреді, төртіншісі кескіндеме жасайды және т.б.

2) Буып-түю және сұрыптау. Дайын өнімдерді герметикалық түрде қорғаныш пленкаға салып, содан кейін өнімді механикалық зақымданудан қорғайтын қорапқа салу керек. Робот-манипулятор қаптаманы өнімге тартады, содан кейін пленкадан артық ауа сорылады. Келесі робот жабылған өнімді қорапқа салып, оны жабады.

3) Тиеу және түсіру. Ірі кәсіпорындарда шикізат пен құрал-жабдықтарды жеткізу көп тонналы теміржол вагондары арқылы жүзеге асырылады. Оларды

адам күшімен түсіру және тиеу техниканың салмағына байланысты мүмкін емес. Осы себептерге байланысты жүк тиеу аймағындағы бірқатар заманауи кәсіпорындарда жүк тиеу крандары сияқты принцип бойынша жұмыс істейтін автоматтандырылған роботтық манипуляторлар бар.

4) Қорғаныс құрамдарын қолдану. Роботтар өнімдерді жұқа қабатпен қорғаныш бүрку немесе сұйықтықпен жабуға қабілетті, бұл өнімнің жақсы қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Жоғары дәлдік және әр уақытта заттың қажетті бөлігін мөлшерлеу мүмкіндігі роботтарды қорғаныс қосылыстарымен бояу және жабу үшін кеңінен қолдануға әкелді.

5) Дәнекерлеу, бұрғылау, перфорация. Роботтар осы салада өз тауашаларын тапты, бұл тез және дәл дәнекерлеуге немесе қабырғаларда немесе бөлшектерде тіпті тесіктер жасауға мүмкіндік береді.

6) Дайындамаларды өңдеу. Бұл жағдайда роботтар бөлшектердің классикалық бұралуын ауыстырады, қалаған пішіннің бөліктерін кесіп тастайды және бұрандаларды жояды.

#### 1.4 Манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігінің сипаттамасы

Жұмыс кеңістігі белгілі бір жабық кеңістік болып саналады, оның әр нүктесінде робот орналасуы мүмкін. Жұмыс кеңістігін сипаттау кездейсоқ сызбаның теңдеуін құруға мүмкіндік беретін  $R$  функцияларын қолдану арқылы мүмкін болады. Осы сызбаның негізінде болашақта роботтың жұмыс кеңістігін сипаттайтын геометриялық фигураны алуға болады.

Роботтың мобильді мүмкіндіктерін анықтаудың негізгі тұжырымдамасы еркіндік дәрежесі болып табылады. Еркіндік дәрежесі-роботтың қозғалғыштығына жауап беретін және басқа ұқсас айнымалыларға тәуелді емес айнымалы. Еркіндік дәрежелерінің ең аз саны-бұл жүйенің қазіргі жағдайын толық сипаттауға мүмкіндік беретін мөлшер.

Мұнда  $A_j$  нүктесі  $(x_j, y_j, z_j)$  және  $a_j$  векторы (1.1) хуз кеңістігіндегі роботтың жұмыс механизмдерінің орнын анықтайды.

$$a_i = \sum_{j=1}^n a_{i,j} \quad (1.1)$$

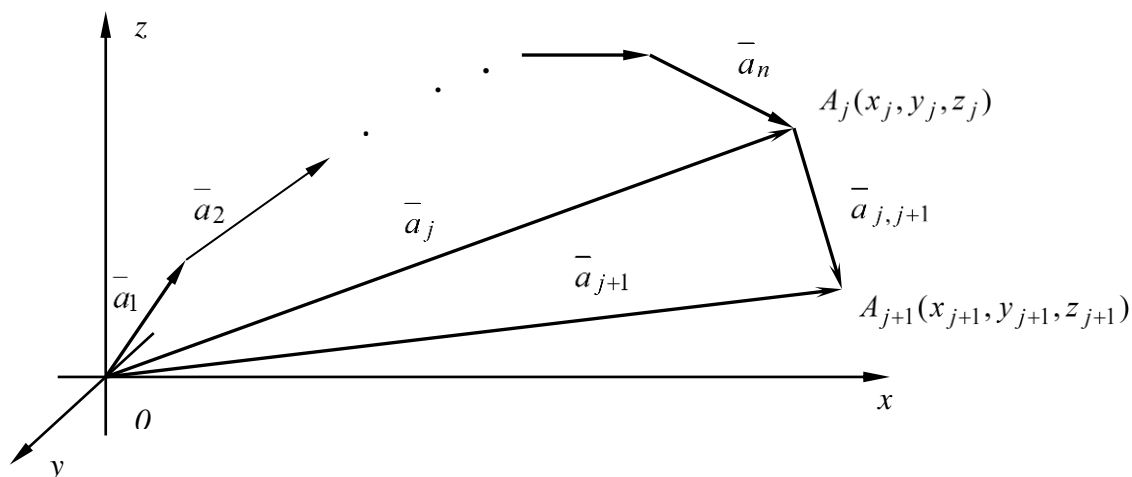
$i=1,2,\dots,n$  кезінде вектордың басы бірінші кинематикалық жұптың центрі, ал соңы, сәйкесінше, берілген ұзындықта  $L$ . роботтың  $A_j$  нүктесінен  $A_{j+1}$  нүктесіне ауысуы келесі талапты сақтаған жағдайда ғана мүмкін болады (1.2):

$$\sum_{i=1}^n a_{i,j} + 1 = \sum_{i=1}^n a_{i,j} + \Delta a_{i,j+1} = a_j + a_{i,j+1} = a_{j+1} \quad (1.2)$$

Айнымалы  $a_i$  параметрі-айнымалы мәні  $q_i$  координаты болып табылады, оған өлшеудің жоғарғы және төменгі шектерінің шектеулері қойылады (1.3)

$$q_i^h \leq q_i \leq q_i^e \quad (1.3)$$

$q_i$  координатасының өзі  $L$  векторының ұзындығының өзгеруін және оның хуз кеңістігіндегі орнын анықтайды.



1.2 Сурет – N-еркіндік дәрежесі бар роботтың кинематикалық тізбегі

1.2-суретте еркіндік  $N$ -дәрежесі бар манипуляциялық роботтың кинематикалық тізбегі көрсетілген

Манипуляциялар үшін бесінші класстан аспайтын кинематикалық жұптары бар робот қолданылады. Бұл жағдайда әр жұптың қозғалу түрі логикалық нөлмен және бірлікпен белгіленеді.

Барлық қол жетімді векторлардың, өлшеу шекараларының координаттарының және кеңістіктегі кинематикалық жұптардың қозғалысының түріне сүйене отырып, осы робот үшін жұмыс кеңістігін сипаттап, құруға болады.

Жалпы алғанда, ол келесі логикалық функциямен сипатталады 1.4:

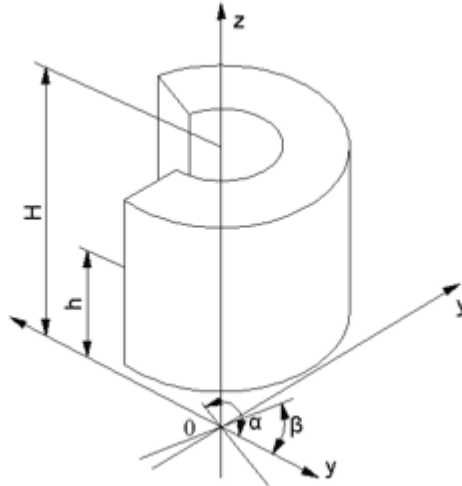
$$L(D_k(x, y, z) \geq 0) = 1, \quad (1.4)$$

$D_k$  әрқашан теріс емес сан болуы керек, кеңістіктің бөлігі  $k=1,2,\dots,r$ , мұндағы  $r$  – беттер саны.

Нәтижесінде логикалық өрнек келесі формуламен сипатталады 1.5

$$(D_1(x, y, z) \geq 0) Lr(D_2(x, y, z) \geq 0) Lr \dots Lr(D_n(x, y, z) \geq 0) = 1 \quad (1.5)$$

Бұл жағдайда  $Lr$  – логикалық функцияның белгісін және оның не екенін анықтайтын айнымалы: конъюнкция, ажырату немесе теріске шығару.



### 1.3 Сурет – Роботтың жұмыс аймағы

1.3-суретте роботтың жұмыс аймағы көрсетілген. Жұмыс аймағы роботтың жұмыс аймағының шекаралары болып табылатын анықталған элементар беттердің негізінде сипатталады. Бізде барлығы 6 бет бар.

D1 кеңістігі R радиусы цилиндрімен шектеледі.:

$$R^2 - x^2 - y^2 \geq 0$$

D1=1, басқаша D1=0

D2 кеңістігі R радиусы цилиндрімен шектеледі.Шарт орындалған кезде:

$$x^2 + y^2 - r^2 \geq 0$$

D2=1, басқаша D2=0

D3 кеңістігі Z=H жазықтығынан төмен. Шарт орындалған кезде:

$$H - z \geq 0$$

D3=1, басқаша D3=0

D4 кеңістігі z=h жазықтығынан жоғары. Шарт орындалған кезде:

$$z - h \geq 0$$

D4=1, басқаша D4=0

D5 кеңістігі  $y = \tan \alpha \times x$  жазықтығының оң жағында орналасқан. Шарт орындалған кезде:

$$y - \tan \alpha \times x \geq 0$$

D5=1, басқаша D5=0

D6 кеңістігі  $y = \text{tg}\beta \times x$  жазықтығының сол жағында орналасқан. Шарт орындалған кезде:

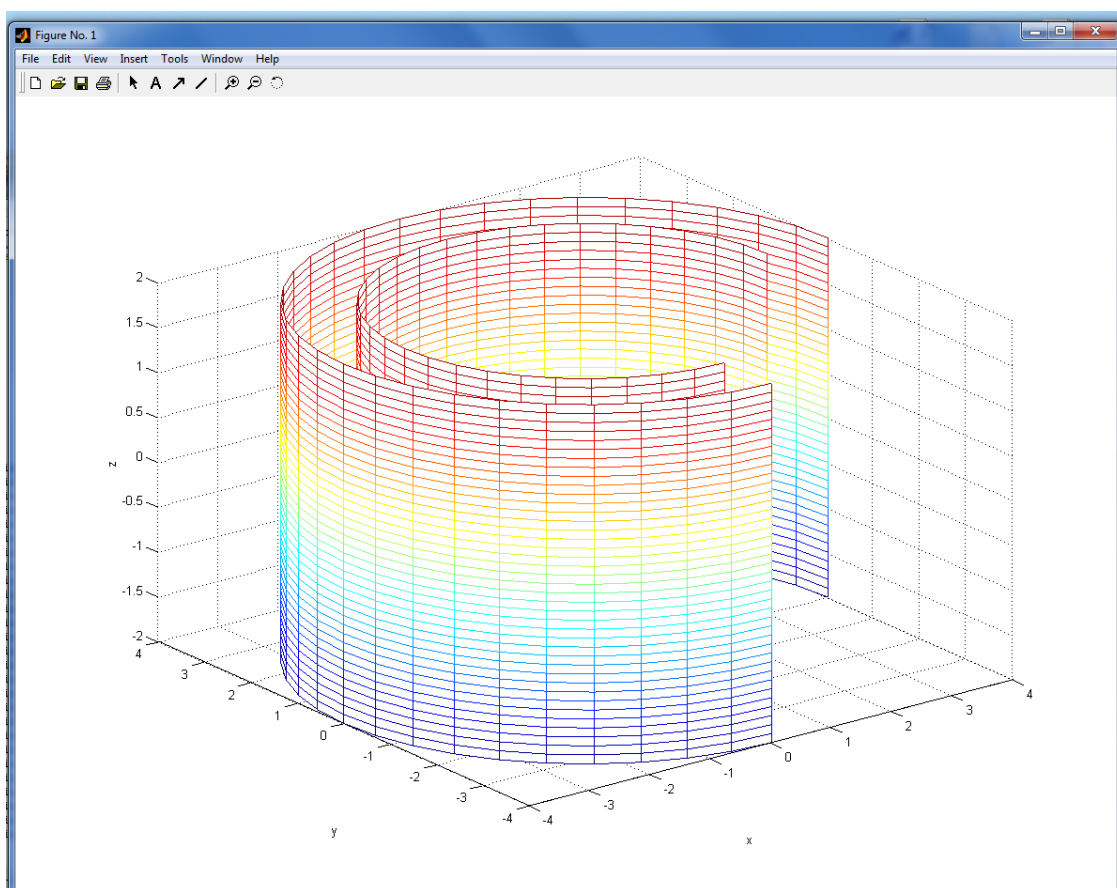
$$y - \text{tg}\beta \times x \geq 0$$

D6=1, басқаша D6=0

Осы теңсіздіктер негізінде логикалық функцияны құрамыз (1.6):

$$(D1 \cap D2) \cup (D3 \cap D4) \cup (D5 \cap D6) = 1 \quad (1.4),$$

Бұл мысал кез-келген жұмыс аймағын ұқсас функциямен сипаттауға болатындығын нақты көрсетеді.



1.4 Сурет – Matlab жұмыс аймағында модельдеу нәтижесі

1.4-суретте роботтың жұмыс аймағының Matlab-та модельдеу нәтижесі көрсетілген, жоғарыда көрсетілген есептеулер негізінде орындалады. Көріп отырғаныңыздай, жұмыс аймағы белгілі бір радиустың жазықтықтарымен шектелген. Жазықтықтар - бұл робот манипуляция жасай алатын шекаралар.



## 1.5 Айналмалы типтегі төрт буыны бар манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігі

Кинематикалық тізбек туралы айтқанда, тізбектің өзі буындардың тізбектей жалғануынан тұратынын атап өткен жөн. Соңғы буынға манипулятор құрылғысы бекітілген: ілмек немесе толыққанды механикаландырылған қол, бұл объектілерді басып алуға және ұстауға мүмкіндік береді. Роботтың жұмыс аймағында объектілерді жылжытуға болады. Осыған байланысты роботтың жұмыс аймағын ұлғайту роботтың тиімділігін арттырудың маңызды міндеті болып табылады.

Роботқа қозғалу мүмкіндігін беру арқылы жұмыс аймағын ұлғайтуға болады. Бұл екі жолмен жүзеге асырылады: роботты кез келген бағытта қозғалысты қамтамасыз ететін доңғалақты/шынжыр табанды шассиге немесе рельстік шассиге орнату. Бірінші нұсқа роботтың үлкен жұмыс аймағын және ұтқырлығын береді, бірақ массивтік роботтар үшін ұқсас шешімді пайдалануға мүмкіндік бермейді. Сонымен қатар, үздіксіз электр қуатымен қамтамасыз ету мүмкін еместігі және роботтың жұмыс уақыты батарея зарядымен шектелген мәселе бар.

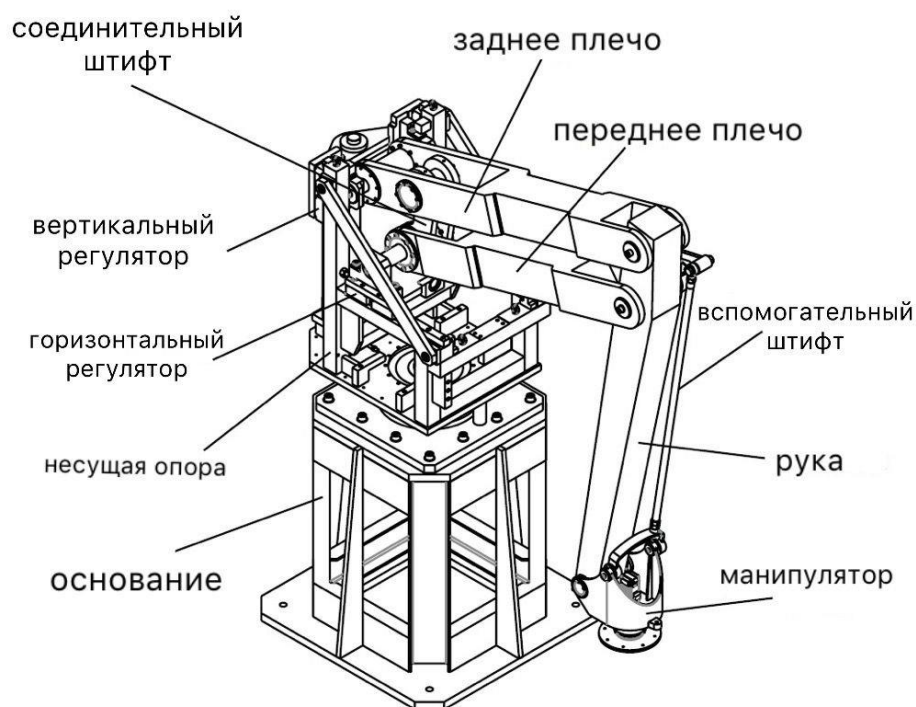
Екінші нұсқа - роботтың аударылып қалу қаупінсіз қозғалу кезінде үлкен тұрақтылықты қамтамасыз ететін, көлемді, көп тонналық роботтар пайдаланылатын өндірістік орталар үшін ең танымал шешім. Бірақ бұл жағдайда роботтың жұмыс аймағы калий рельсінің ұзындығымен, сондай-ақ оның тұтастығымен шектеледі.

Жұмыс кеңістігі тұйық геометриялық фигурамен сипатталады. Оның өлшемдері, сондай-ақ пішіні роботтың конструктивтік ерекшеліктеріне байланысты: оның өлшемі, кинематикалық буындардың құрылымы, сонымен қатар кинематикалық буындардың параметрлерін өзгерту мүмкіндігі.

Математикалық әдіс роботтың барлық қолжетімді траекториялары бойынша объектілерді басқаруға арналған роботтың жұмыс кеңістігін қамтуын анықтауға мүмкіндік береді.

Мысал ретінде айналмалы қозғалысты орындауға қабілетті төрт кинематикалық байланысы бар манипуляциялық робот таңдалды. Құрылымдық жағынан манипуляциялық робот адам қолына ұқсайды.

1.5-суретте 4 еркіндік дәрежесі бар манипуляциялық робот көрсетілген. Ол көлденең және тік позиция реттегіштері бар мойынтірек тірегі бар негізден, түйреуішпен қосылған екі қолдан тұрады, оған манипуляторы бар қол бекітілген. Сонымен қатар, манипулятор қосымша түйреуішпен бекітіледі.

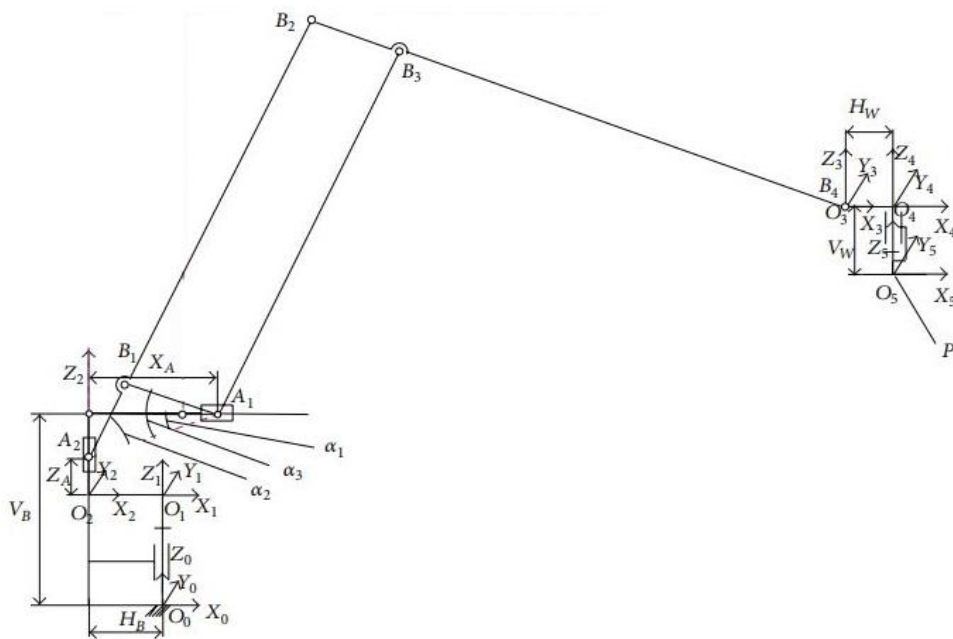


1.5 Сурет – 4 еркіндік дәрежесі бар манипуляциялық робот

Әрбір еркіндік дәрежесі роботтың қозғалмалы элементімен анықталады, оның ішінде: алдыңғы және артқы иықтар, қол және робот құрылымының қалған бөлігі тік және көлденең жазықтықта қозғалатын тірек тірегі. Қосымша қол құрылымға күш беріп қана қоймайды, сонымен қатар манипулятордың жұмыс аймағының шектеулерін ол объектінің үстінде тұрғанда қатаң түрде бекітіп, құрылымның шамадан тыс ойнауын болдырмайды. Манипулятордың айналу осі әрқашан жерге перпендикуляр, бұл заттарды алуды және жылжытуды жеңілдетеді.

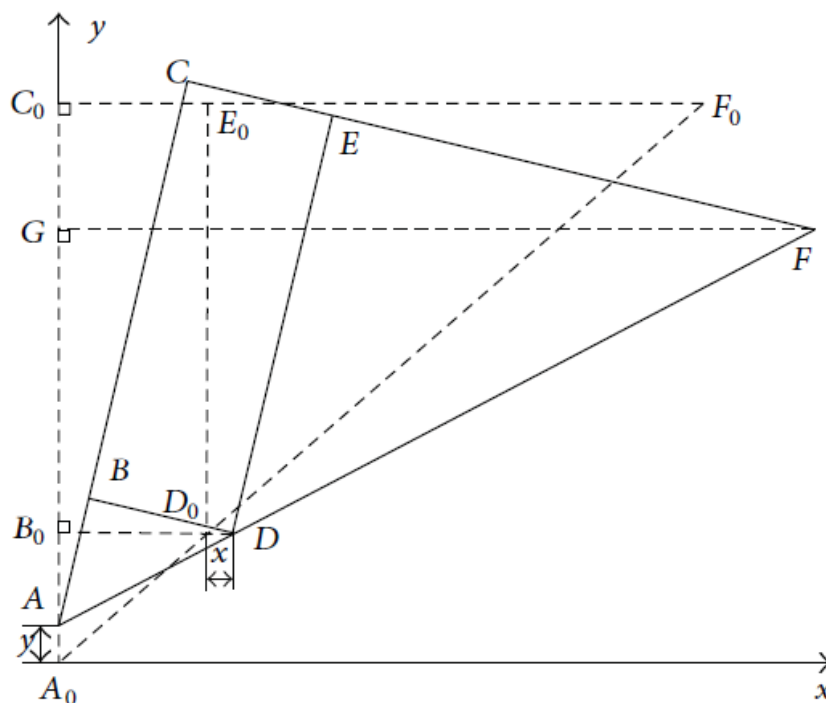
Жұмыс кеңістігі тұйық геометриялық фигурамен сипатталады. Оның өлшемдері, сондай-ақ пішіні роботтың конструктивтік ерекшеліктеріне байланысты: оның өлшемі, кинематикалық буындардың құрылымы, сонымен қатар кинематикалық буындардың параметрлерін өзгерту мүмкіндігі.

Математикалық әдіс роботтың барлық қолжетімді траекториялары бойынша объектілерді басқаруға арналған роботтың жұмыс кеңістігін қамтуын анықтауға мүмкіндік береді.



1.6 Сурет – Еркіндік дәрежелерінің сипаттамасы

1.6-суретте роботтың ұтқырлық дәрежелерінің сипаттамасы берілген. Түсінікті болу үшін бүкіл робот параллелограмдардан тұратын жеңілдетілген үлгі ретінде ұсынылды. Роботтың қозғалғыштығы еркіндік дәрежесінің санына байланысты. Бұл жағдайда төртеуі бар.



1.7 Сурет – Роботтың кинематикалық моделі

1.7-суретте роботтың кинематикалық моделі көрсетілген. А0 нүктесі – координат. Нүктелі сызық иық А0С0 және қол С0F0 бастапқы орындарында болатын орынды көрсетеді. F нүктесіндегі манипулятордың өзінің қозғалысын талдау, иық пен қолдың орналасуынан басқа, D көлденең позиция реттегішінің және тік позиция реттегішінің А орналасуының қаншалықты алыс орнатылғанымен анықталады. Егер біз АС түзуінің бөлігі болып табылатын АВ кесіндісі және CF түзуінің бөлігі болып табылатын CE кесіндісі BCED фигурасы келесі шарттар орындалатын параллелограмм екенін көреміз:

$$\angle ABD = \angle ACF, \quad (1.1)$$

$$\frac{AB}{BD} = \frac{AB}{CE} = \frac{AC}{CF} \quad (1.2)$$

ABD және ACF үшбұрыштары ұқсас. Мұны D нүктесінің AF кесіндісіне жататынын негізге ала отырып дәлелдеуге болады. Содан кейін:

$$\frac{xd}{xf} = \frac{B0D}{GF} = \frac{AD}{AF} = \frac{AB}{AC} = \frac{1}{\lambda} \quad (1.3)$$

Бұдан былай шығады:

$$\begin{aligned} xf &= \lambda xd = \lambda(B0D0 + x) = C0F0 + \lambda x \\ yf &= \lambda yd - (\lambda - 1)y = \lambda AB - (\lambda A0B0 - (\lambda - 1)y) = A0C0 - (\lambda - 1)y \end{aligned} \quad (1.4)$$

Сәйкесінше, робот бөліктері нүктелі сызықтармен көрсетілген күйде болғанда:

$$xf = C0F0 \quad (1.5)$$

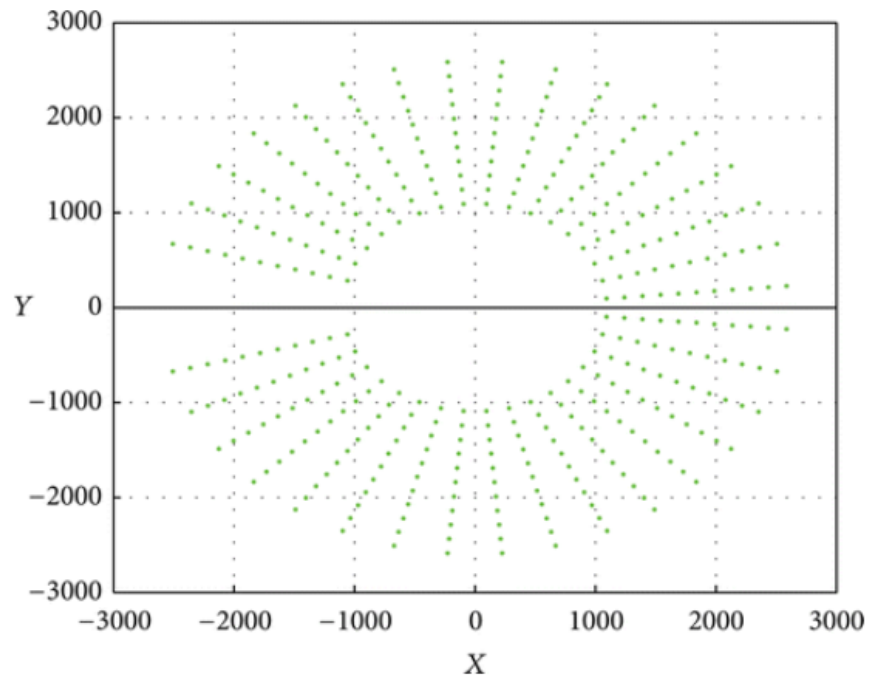
$$yf = A0C0$$

1.4 және 1.5 өрнектерінен F нүктесіндегі манипулятордың x және y осінің бағыттары бойынша соңғы орны мынаған тең болады:

$$\begin{aligned} \Delta xf &= |xf - xf0| = |xf - C0F0| = \lambda x \\ \Delta yf &= |yf - yf0| = |yf - A0C0| = (\lambda - 1)y \end{aligned} \quad (1.6)$$

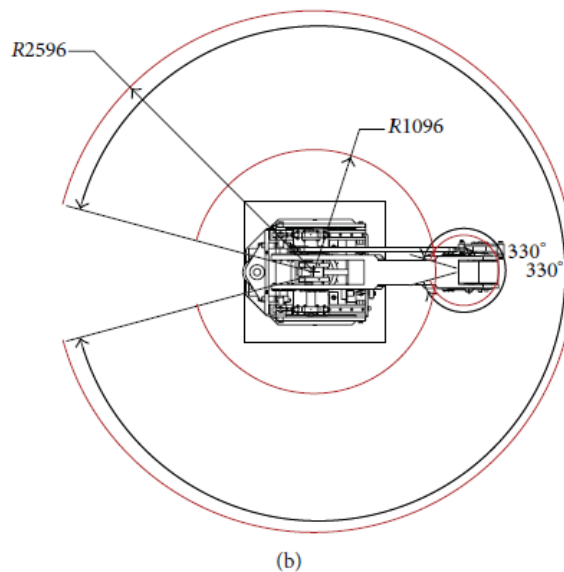
Бұл формулалардың барлығы F нүктесінің көлденең ығысу қашықтығы D нүктесінен  $\lambda$  есе артық, бұл кезде A нүктесі бекітілген және D нүктесі горизонталь бағытта қозғалады, ал F нүктесінің тік орын ауыстыру қашықтығы  $\lambda - 1$  есе болады. D нүктесі қозғалмайтын және A нүктесі тік

бағытта қозғалған кезде  $A$  нүктесінен үлкен  $\lambda$  параметрі еркіндік дәрежесінің санымен, сондай-ақ робот қозғалған кезде пайда болатын қателікпен анықталады. Айта кету керек, бұл параметр жұмыс кеңістігін есептеу кезінде қателерді болдырмау үшін, сондай-ақ манипулятордың соңғы орнын есептеу дәлдігін арттыру үшін өте аз немесе өте үлкен мәнге ие болмауы керек.



1.7 Сурет – Роботтың жұмыс кеңістігінің проекциясы

1.7-суретте жұмыс кеңістігінің имитацияланған проекциясы көрсетілген. Проекциядан көрініп тұрғандай, жұмыс кеңістігі цилиндрлік фигура.



1.8 Сурет – Роботтың жұмыс кеңістігінің үлгілі көрінісі

1.8-суретте манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігінің шамамен көрінісі көрсетілген. Көріп отырғаныңыздай, жұмыс кеңістігі шар тәрізді, оның ортасында роботты қол орналасқан. Белгілі бір радиуста роботтың жалпы сипаттамаларына байланысты роботтың жұмыс аймағы орналасады. Шағын 30 градус секторында манипуляторы бар қолдың өзі.

## 1.6 Жұмыс кеңістігін модельдеу

Жұмыс кеңістігін модельдеу MATLAB жұмыс кеңістігінде орындалады. Белгіленген параметрлерге негізделген роботтың жұмыс аймағын нақты салу үшін негізгі құралдар жинағы жеткіліксіз, сондықтан объектінің жұмыс кеңістігін жасайтын `plotworkspace` қолданбалы пакеті пайдаланылады. Ол барлық сілтемелердің өлшемдерін енгізуге, сондай-ақ айналу бұрыштарын көрсетуге, содан кейін роботтың жұмыс кеңістігінің дәл көрінісін алуға мүмкіндік береді.

1.5-суретте 4 сілтемесі бар таңдалған манипуляциялық роботтың жұмыс кеңістігін құрудың бағдарламалық коды көрсетілген. `a1-a4` параметрлері буындардың өлшемдерін, `th1-th4` - буындардың әрқайсысының топсаларының айналу бұрыштарын анықтайды.

1.6-суретте берілген манипулятордың алынған жұмыс аймағы көрсетілген. Бұл манипулятор орналасқан 30 градустық диапазондағы аймағы бар сфера және робот нақты орналасқан орталықта бірдей аймақ. Таңдалған өлшемдерге және айналу бұрыштарына байланысты роботтың жұмыс аймағы көрсетілген өлшемдерге сәйкес өзгереді, азаяды немесе ұлғаяды.

1.7-суретте роботтың өзгертілген жұмыс кеңістігі көрсетілген. Өзгерістер параметрлердің өзгеруіне байланысты. Осылайша, өлшемдер ұлғайтылды. Бұрыштар да өзгертілді. Жұмыс кеңістігінің көлемі ұлғайып, пішіні өзгергенін байқауға болады.

Алынған жұмыс кеңістігінің сипаттамаларына сәйкес келесі қорытынды жасауға болады:

- 1) кез келген градус санымен манипулятордың жұмыс кеңістігінің көрінісі бір кинематикалық тізбекке біріктірілген кинематикалық жұптардың қалай көрінетініне байланысты;
- 2) жұмыс кеңістігінің түрі манипулятордың еркіндік дәрежесінің әрқайсысының шекті координаталарын өзгерту мүмкіндігіне байланысты;
- 3) жұмыс кеңістігін сипаттайтын логикалық өрнектер осы кеңістіктің геометриялық формасына байланысты түрленеді.

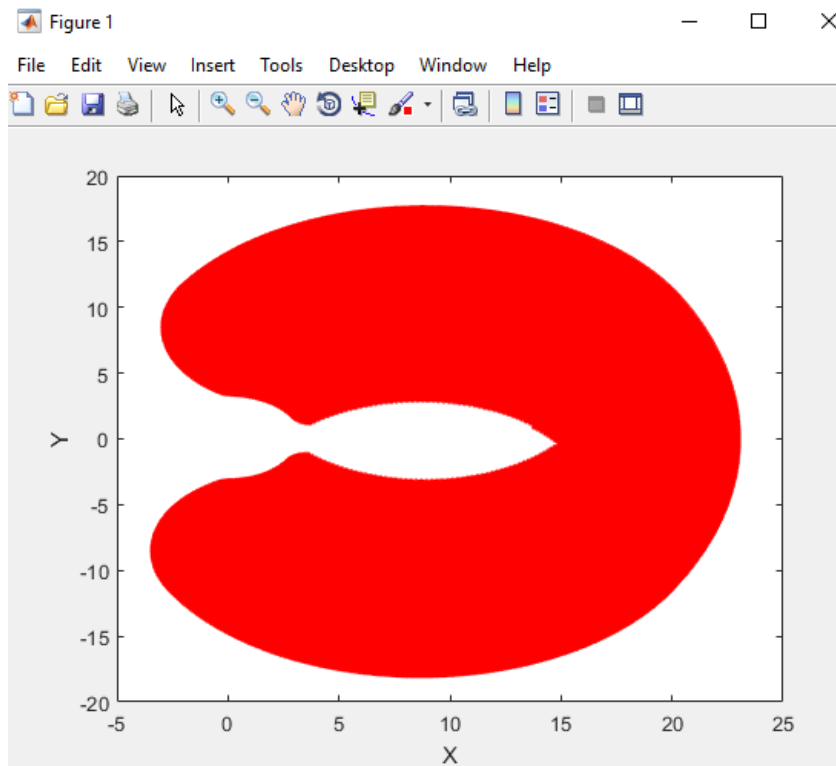
```

function plotworkspace (DH, q)

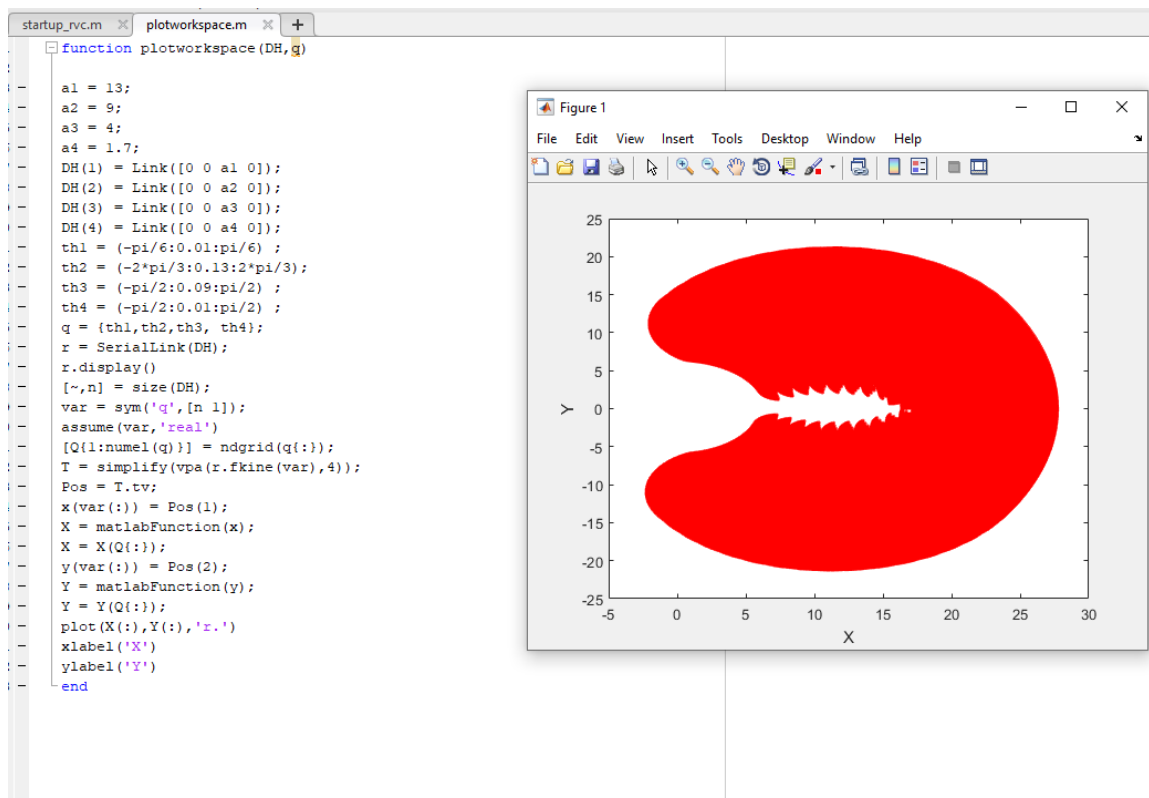
a1 = 10;
a2 = 7;
a3 = 5;
a4 = 1;
DH(1) = Link([0 0 a1 0]);
DH(2) = Link([0 0 a2 0]);
DH(3) = Link([0 0 a3 0]);
DH(4) = Link([0 0 a4 0]);
th1 = (-pi/6:0.05:pi/6) ;
th2 = (-2*pi/3:0.03:2*pi/3);
th3 = (-pi/2:0.04:pi/2) ;
th4 = (-pi/2:0.07:pi/2) ;
q = {th1,th2,th3, th4};
r = SerialLink(DH);
r.display()
[~,n] = size(DH);
var = sym('q',[n 1]);
assume(var, 'real')
[Q{1:numel(q)}] = ndgrid(q{:});
T = simplify(vpa(r.fkine(var),4));
Pos = T.tv;
x(var(:)) = Pos(1);
X = matlabFunction(x);
X = X(Q{:});
y(var(:)) = Pos(2);
Y = matlabFunction(y);
Y = Y(Q{:});
plot(X(:),Y(:), 'r.')
xlabel('X')
ylabel('Y')
end

```

1.5 Сурет – Бағдарлама коды



1.6 Сурет – Манипулятордың жұмыс аймағы



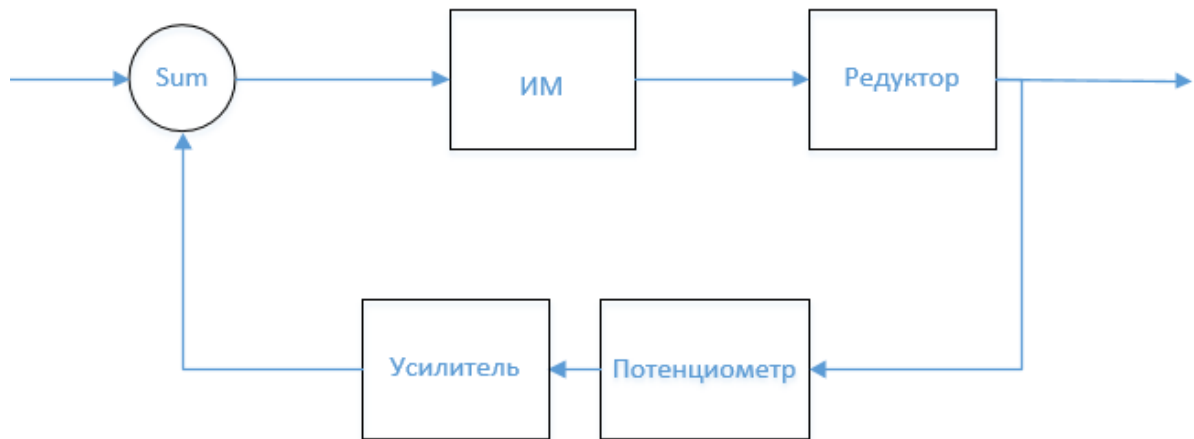
1.7 Сурет – Модификацияланған робот жұмыс кеңістігі



## 2 ЕСЕПТЕУ БӨЛІМІ

### 2.1 Манипуляциялық роботтың математикалық моделі

Робот үшін кіріс сигналы - бұл батареядан немесе роботтың қалған элементтерін іске қосатын желіден алынатын электр энергиясы. Кез-келген манипуляциялық роботтың міндетті элементі - бұл атқарушы механизм, көбінесе электр энергиясын механизмнің айналу жиілігіне айналдыратын қозғалтқыш. Шығу сигналы-манипулятордың қозғалысын жүзеге асыру.



2.1 Сурет – Робот схемасы

2.1-суретте манипуляциялық роботтың схемасы көрсетілген. Ол жетектен (қозғалтқыштан), редуктордан, потенциометрден және сигнал күшейткішінен тұрады.

Атқарушы механизм-энергия түрлендіргіші. Ол электр энергиясын механикалық энергияға айналдырады, яғни манипулятордың механикалық қозғалысын жүзеге асырады.

Кері байланысқа орнатылған Потенциометр белгілі бір уақытта жетектің күйін бақылау үшін қолданылады.

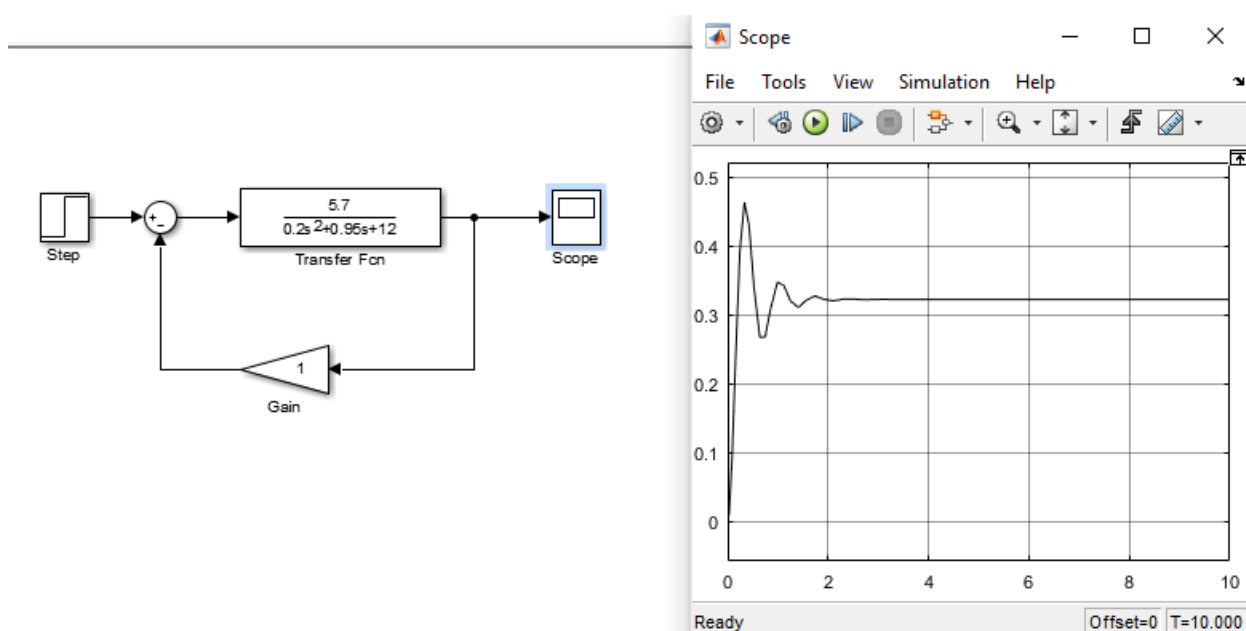
Редуктор-бұл жүйенің екі іргелес элементтері арасында моментті беретін құрылғы.

Берілген параметрлер негізінде тұйықталмаған жүйенің келесі математикалық моделі алынды:

$$G = \frac{5.7}{0.2S^2 + 0.56S + 12} \quad (2.1)$$

Бұл екінші ретті аperiодтық буын. Алынған тасымалдау функциясының орнықтылығын тексеру қажет.

орнықтылық – жүйенің әсер етуден кейін тепе-теңдік жағдайына оралу жолы немесе жүйенің жаңа тепе-теңдік жағдайын табу мүмкіндігі. орнықтылық автоматтандырудың негізгі критерийі болып табылады. орнықтысыз жүйелерді қолдануға болмайды. орнықтылық шегінде тұрған жүйелерді реттеу қажет. шамалы ауытқу оларды орнықтысыздық жағдайына келтіруі мүмкін.



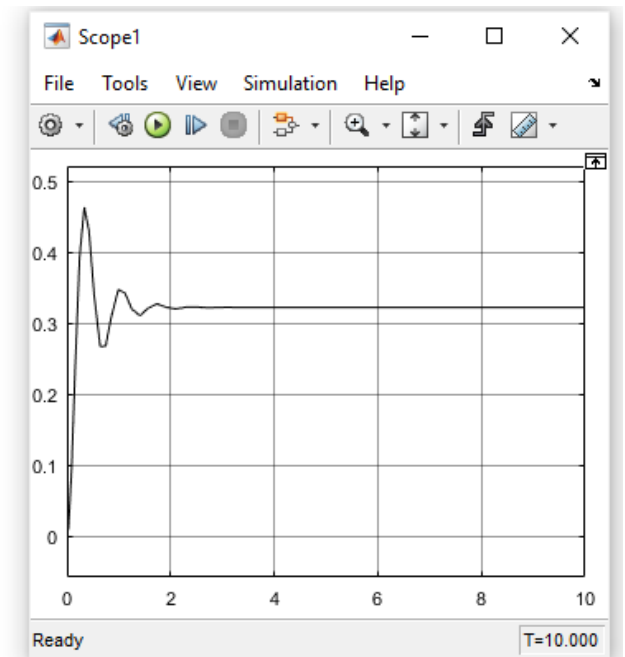
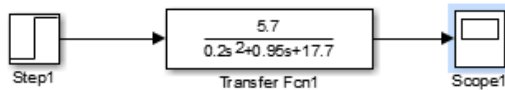
2.2 Сурет – Тұйықталмаған жүйенің орнықтылығын тексеру

2.2-суретте тұйықталмаған жүйенің орнықтылығын тексеру көрсетілген. Көріп отырғаныңыздай, бірнеше тербелістерден кейін жүйе орнықты мәнге келеді, бұл жүйенің орнықтылығын көрсетеді.

Енді тұйықталған жүйенің орнықтылығын тексеру қажет. Тұйықталған жүйе - бұл оның құрамына кіретін кері байланыс бар жүйе. 2.1-суреттегі диаграммадан көрініп тұрғандай кері байланыста потенциалмен күшейткіш орнатылған. Жалпы кері байланыс мәні 1. Тұйықталған жүйенің өтпелі процесі де орнықты болуы керек.

Ыңғайлы болу үшін жүйе мен кері байланысты бір функцияға біріктірейік:

$$G = \frac{5.7}{0.2S^2 + 0.56S + 17.7} \cdot \tag{2.1}$$



2.3 Сурет – Тұйықталған жүйенің орнықтылығын тексеру

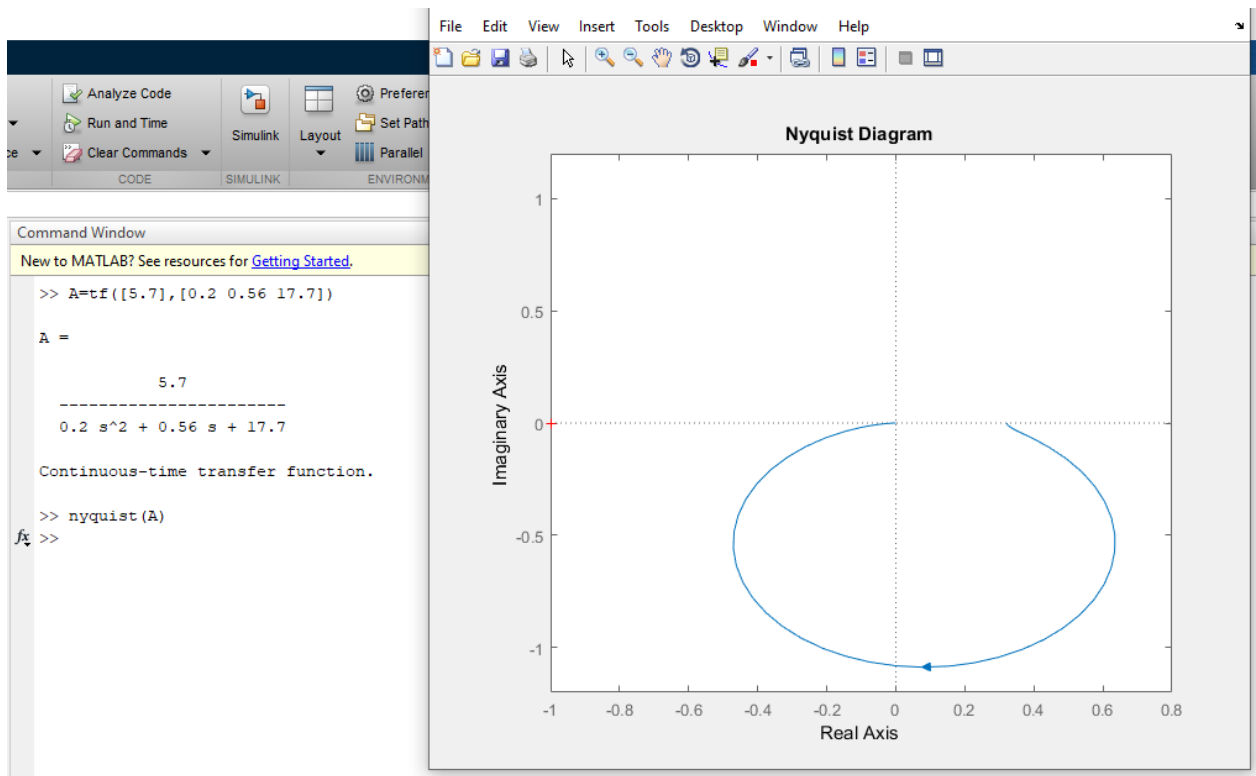
2.3-суретте тұйық жүйенің орнықтылыққа тексерілгені көрсетілген. Көріп отырғанымыздай, жүйе орнықты. Тұйықталмаған жүйенің өтпелі процесімен салыстырғанда, тұйықталған жүйеде бірдей жылдамдықтағы тербеліс көбірек болады. Көріп отырғанымыздай, жүйеде болашақта құтылу қажет болатын үлкен ауытқу бар. Жүйені реттеу уақыты қанағаттанарлық және шамамен 2 секунд

## 2.2 Жиілік сипаттамалары

Жиіліктік сипаттамалар (АЖС, ФЖС, АФЖС) буынның әртүрлі шамадағы жиіліктерді қалай өтетінін, сондай-ақ әртүрлі жиіліктердің әсерінен фазадағы шығыстың артта қалуын / жетекшілігін көрсетеді.

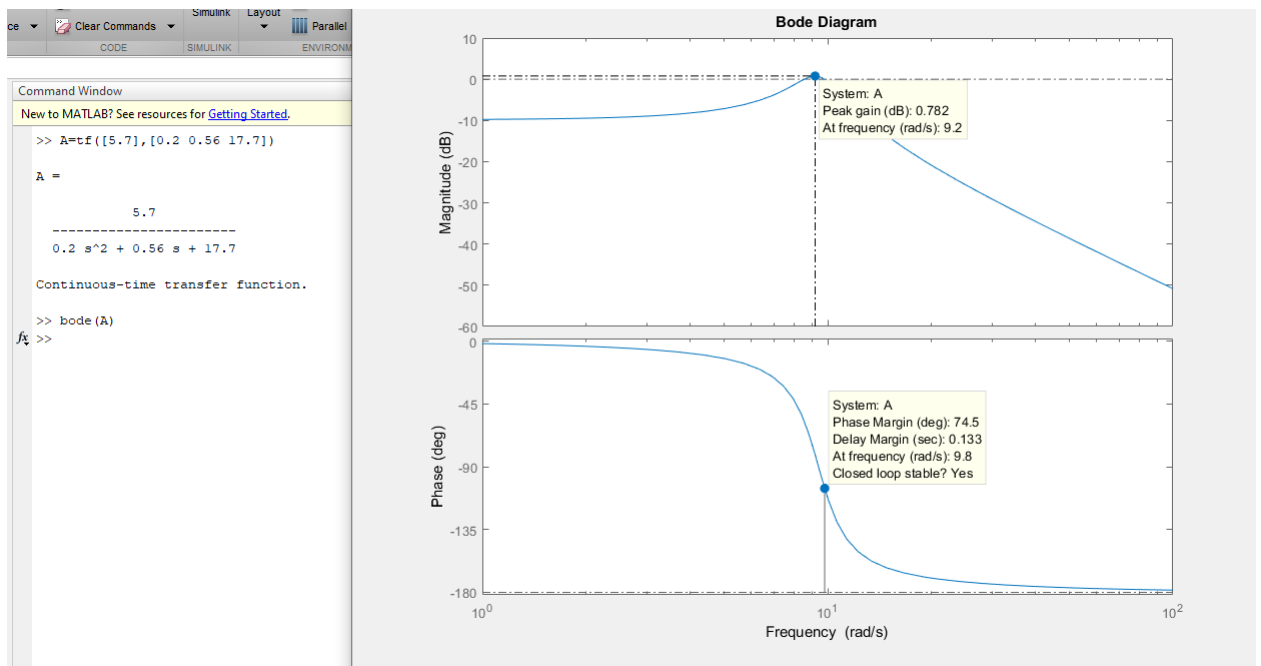
Олардың көмегімен жүйенің орнықтылық шегін анықтауға болады. Амплитудадағы орнықтылық шегі кемінде 6 децибел, ал жиілікте кемінде 30 градус болса, жүйе жеткілікті орнықтылыққа ие.

Беріліс функциясы екінші ретті теңдеумен сипатталатындықтан, жүйеде амплитудада орнықтылықтың шексіз шегі болады.



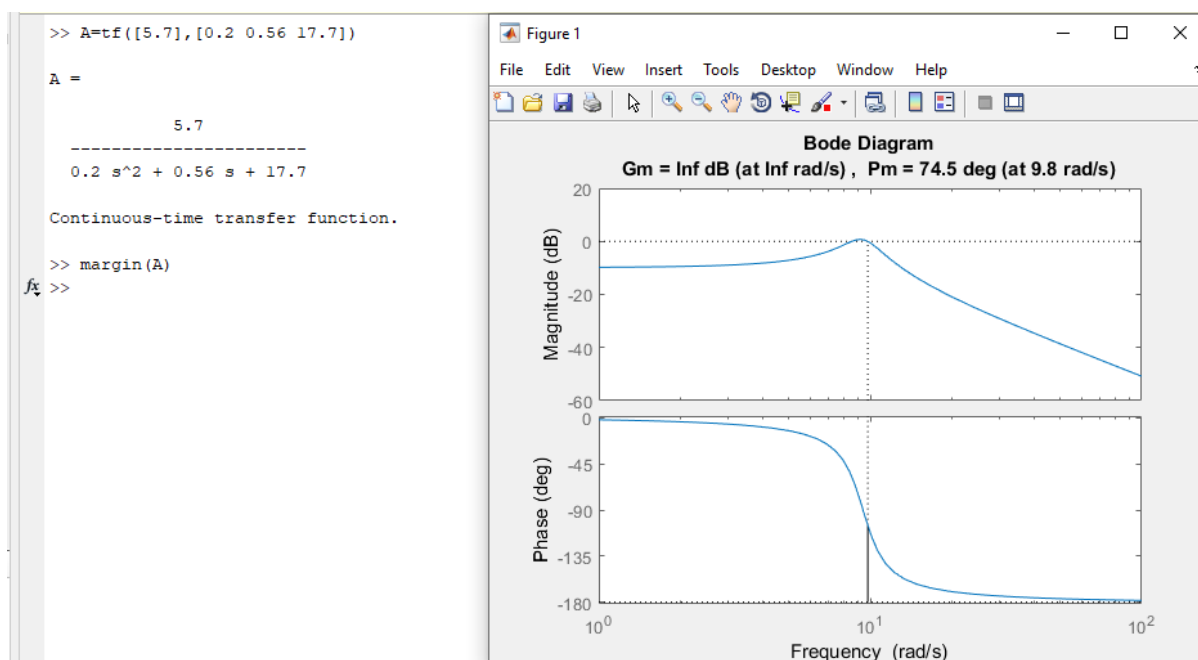
2.4 Сурет – MATLAB ортасында АФЖС графигі

2.4-суретте Nyquist командасының көмегімен орындалған тұйықталған функция үшін АФЖС графигі көрсетілген. Көріп отырғаныңыздай, сипаттама бірінші ширекте басталып, екінші ширекте нөлге жетеді, бұл жүйенің орнықтылығын көрсетеді.



2.5 Сурет – MATLAB программасында ЛАЖС мен ЛФЖС графиктері

2.5-суретте MATLAB-та bode пәрмені арқылы алынған ЛАЖС және ЛФЖС графиктері көрсетілген. Шектік мплитудасы - 0.782 дб.



2.6 Сурет – Орнықтылық қоры

2.6-суретте орнықтылық қорын табу процесі көрсетілген. Амплитудасы бойынша ол шексіз, жиілігі 74.5 градус. Бұл орнықтылық қорының талаптарын толығымен қанағаттандырады.

### 2.3 Жүйенің орнықтылығы

Сызықтық жүйенің орнықтылығын бағалаудың негізгі әдісі - Ляпунов әдісі.

Жүйенің өзі орнықты болуы мүмкін, орнықтылық шекарасында болуы немесе орнықсыз болуы мүмкін. Соққыдан кейін орнықты жүйе тепе-теңдік жағдайына оралуға немесе жана тепе-теңдік жағдайын табуға қабілетті. орнықтылық шекарасындағы жүйе нөлдік орнықтылық шегіне ие және азғантай сыртқы әсерден орнықсыз болуға қабілетті. Мұндай жүйелер пайдалануға жарамсыз. орнықсыз жүйелер оларға әсер еткеннен кейін орнықты күйге орала алмайды. Мұндай жүйелерді қолдануға болмайды.<sup>[7]</sup>

Бірінші Ляпунов әдісі сипаттамалық теңдеудің барлық түбірлері теріс болған жағдайда ғана жүйе орнықты болады деп тұжырымдайды. Егер теңдеудің ең болмағанда бір түбірі нөлге немесе жорамал болса, жүйе орнықтылық шекарасында болады. Кем дегенде бір оң түбір болса, жүйе орнықсыз болады.

Жүйе орнықты, орнықсыз немесе орнықтылық шекарасында болуы мүмкін. Жүйенің орнықтылығын анықтаудың негізгі әдісі Ляпунов әдісі болып табылады, ол жүйенің орнықтылығын анықтайтын екі критерийді тудырады: Гурвиц критерийі және Михайлов критерийі. Олардан басқа, Найквист критерийі де бар.

MATLAB бағдарламалық ортасын пайдалана отырып, беріліс функциясының түбірлерін табамыз. Толық кепілдік үшін біз тұйықталған және тұйықталмаған жүйелердің орнықтылығын тексереміз.

Тұйықталмаған жүйенің беріліс функциясы:

$$G = \frac{5.7}{0.2S^2 + 0.56S + 12} \quad (2.2)$$

Тұйықталған жүйенің беріліс функциясы:

$$G = \frac{5.7}{0.2S^2 + 0.56S + 17.7} \quad (2.3)$$

```
A =  
  
      5.7  
-----  
0.2 s^2 + 0.56 s + 12  
  
Continuous-time transfer function.  
  
>> pole(A)  
  
ans =  
  
-1.4000 + 7.6184i  
-1.4000 - 7.6184i
```

2.7 Сурет – Тұйықталмаған жүйенің түбірлері

2.7 суретте тұйықталмаған жүйенің түбірлері көрсетілген. Көріп отырғанымыздай, екі түбір де теріс комплексті сан болып табылады. Сондықтан тұйықталмаған жүйе орнықты болады.

```

A =
      5.7
-----
0.2 s^2 + 0.56 s + 17.7

Continuous-time transfer function.

>> pole(A)

ans =

-1.4000 + 9.3027i
-1.4000 - 9.3027i

fx >> |

```

2.8 Сурет – Тұйықталған жүйенің түбірлері

2.8 суретте тұйықталған жүйенің түбірлері көрсетілген. Көріп отырғанымыздай, екі түбір де теріс комплекссті сан болып табылады. Сондықтан тұйықталған жүйе де орнықты болады.

### 2.4 Шекті күшейту коэффициенті

Шектеу-бұл жүйенің тепе-теңдік жағдайында болатын пайда мәні. Екінші ретгі жүйелер үшін кірістіліктің төменгі шегі минималды теріс сан болып табылады, оны қосқанда жүйе әлі де орнықты болады. Кез келген теріс пайда жүйенің орнықсыздығына әкеледі. Жоғары тапсырыс жүйесі үшін шекті кіріс мәні оң мәндердің шағын шегінде болады

Шектеулі пайданы есептеу үшін Михайлов критерийі қолданылады. Оның айтуынша, коэффициент тасымалдау функциясының негізінде алынған сипаттамалық көпмүше негізінде табылады.

Беріліс функциясын бөлгіштегі соңғы сандық коэффициентін нөлге тең болатындай түрлендіру керек

$$G = \frac{5.7}{0.2S^2 + 0.56S + 12} = \frac{0.475}{0.016S^2 + 0.046S + 1} \quad (2.4)$$

$$G = \frac{k}{0.0167S^2 + 0.0467S + k + 1} \quad (2.5)$$

Характеристикалық полином:

$$0.0167S^2 + 0.0467S + k + 1 = 0 \quad (2.5)$$

Жиілік көпмүшесін алу қажет

$$0.0167j^2w^2 + 0.0467jw + k + 1 = -0.0167w^2 + 1 + k + 0.467jw \quad (2.6)$$

Жорамал және нақты бөліктеріне ажратамыз:

$$\begin{aligned} \text{Im} = 0.467jw = 0 \Rightarrow w = 0 \\ \text{Re} = -0.0167w^2 + 1 + k = 0 \Rightarrow w = \sqrt{\frac{k+1}{0.0167}} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Алынған теңдеуді нақты және нақты бөліктеріне бөлеміз

$$\begin{aligned} \text{Im} = 0.00916j\omega = 0 \Rightarrow \omega = 0, \\ \text{Re} = -0.0000416\omega^2 + 1 + k = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{1+k}{0.0000416}} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Жүйенің орнықтылығы  $k > -1$  шартымен анықталады. Шектік күшейту коэффициенті  $k = -1$  тең болады. Нәтижесінде  $k$  коэффициенті  $(-1; +\infty)$  мәндерге жататын болса, жүйе орнықты болады.

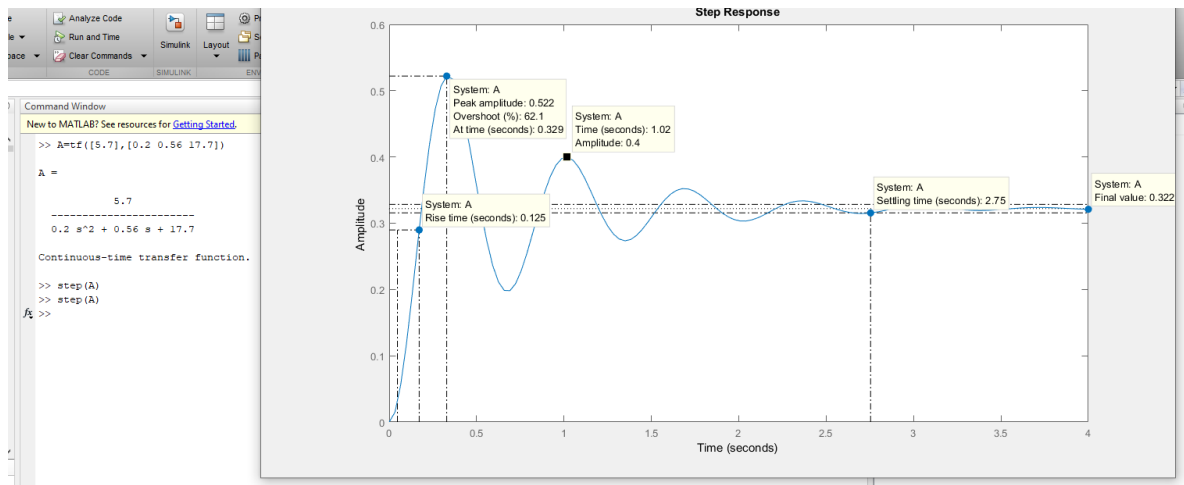
## 2.5 Сапа көрсеткіштерін бағалау

Жүйе сапасын бағалауды қолдана отырып, жүйенің сапа көрсеткіштерін анықтауға болады. Олар жүйенің маңызды жиілік және амплитудалық сипаттамаларын көрсетеді, мысалы, шамадан тыс, тербеліс саны, жиілік және тербеліс. Болып табылады колебательной бойынша бағалауға болады іс-шаралар жасалып келеді характеристического теңдеулер. Егер олар бүтін сандар болса, өтпелі процесте тербелістер болмайды, бірақ монотонды болады. Егер тамырлар күрделі болса, онда өтпелі кезең тербелмелі болады. 2.9-суретке сәйкес жабық жүйенің тамыры күрделі, сондықтан байланыс тербелмелі болады.

Сапаны бағалаудың екі түрі бар: тікелей және жанама. Сапаны тікелей бағалау жүйенің өтпелі процесі бойынша, ал жанама жиілік сипаттамалары бойынша бағаланады.



2.10-суретте MATLAB-та орындалған беріліс функциясының өтпелі процесі көрсетілген. MATLAB функциясы диаграммада сапа бағаларын тікелей көруге мүмкіндік береді.



2.9 Сурет – Сапа көрсеткіштері

2.9-суретте MATLAB ортасында табылған жүйенің сапасын тікелей бағалау көрсетілген.

Сапа бағалары 1-кестеде келтірілген

1 Кесте – Сапа көрсеткіштері

Көтерілу уақыты	0.125 с.
Қайта реттеу(перерегулирование)	62.1%
Бақылау уақыты	2.75 с.
Тербелістердің саны	4
орнықты мән	0.322
Бірінші максимумға жету уақыты	0.329 с.

Қосымша жүйенің тербелісін табамыз. Тербеліс - екі көршілес асып кетудің коэффициенті.

$$u = \frac{y_{\max 2}}{y_{\max 1}} \times 100\% = \frac{0.4}{0.522} \times 100\% = 0.76 \quad (2.9)$$

Сондай-ақ демпферлік азаюды табамыз. Ол сондай-ақ екі асып кетуге негізделген және демпингті көрсетеді.

$$u = \frac{y_{\max 1} - y}{y_{\max 2} - y} = \frac{0.4 - 0.322}{0.522 - 0.322} = 0.39 \quad (2.10)$$

```

A =

      5.7
-----
0.2 s^2 + 0.56 s + 17.7

Continuous-time transfer function.

>> damp(A)

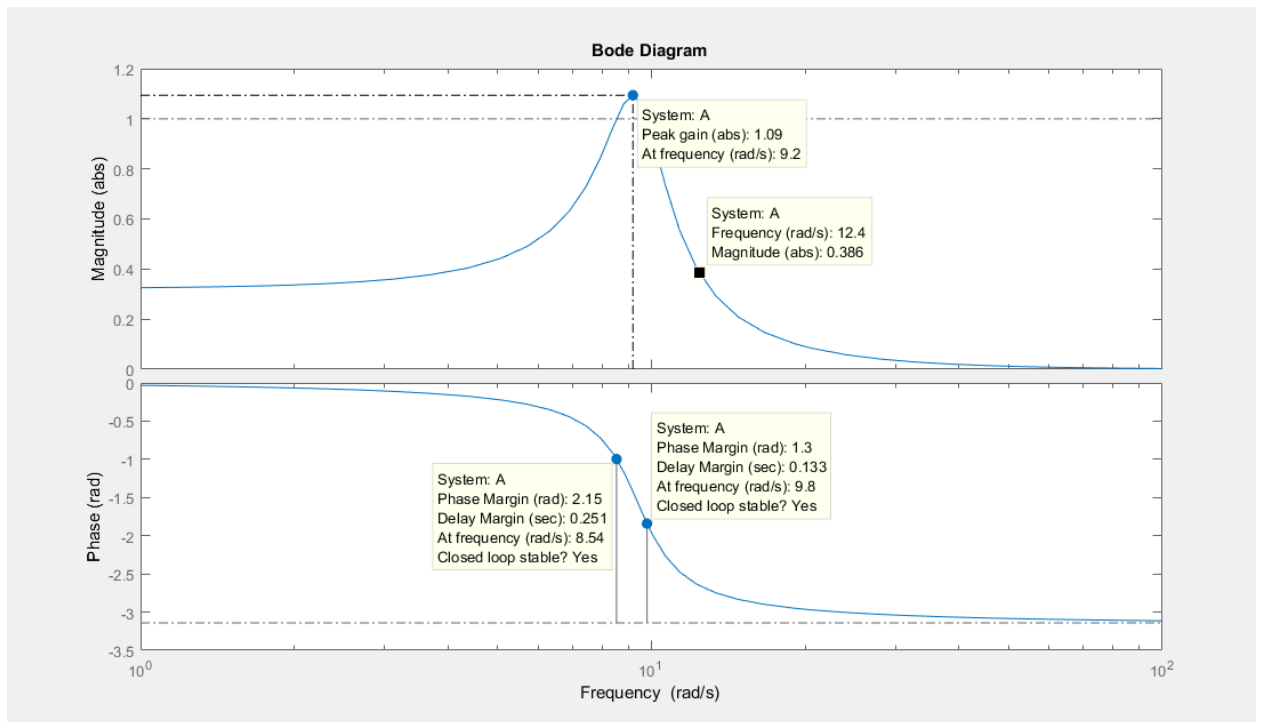
      Pole                Damping      Frequency      Time Constant
      (rad/seconds)      (seconds)

-1.40e+00 + 9.30e+00i    1.49e-01    9.41e+00    7.14e-01
-1.40e+00 - 9.30e+00i    1.49e-01    9.41e+00    7.14e-01
>> |

```

2.10 Сурет – Қосымша сапа бағалау көрсеткіштері

2.10-суретте damp командасы арқылы алынған қосымша алынған сапа бағалары көрсетілген.



2.11 Сурет – Сапаны жанама бағалау

2.11-суретте жиілік сипаттамалары арқылы алынған сапаның жанама бағалары көрсетілген.

Нәтижесінде біз жүйенің қайта реттеу және тербеліс жиілігі тұрғысынан сапаға қойылатын талаптарды қанағаттандырмайтынын көреміз. Қайта реттеу 30% - дан аспауы тиіс, ал тербелістер саны екіден аспауы тиіс. Мұны реттегіш жүйесіне енгізу арқылы жою қажет.

Сонымен қатар, статикалық қате бар. Step-де берілген 1 мәнінің орнына жүйенің орнатылған мәні 0.322 болып табылады.

## 2.6 Реттеушіті құру

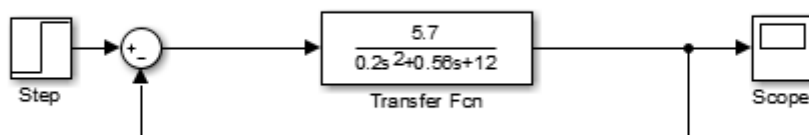
Егер жүйеде бізге қажет қасиеттер болмаса, оның құрамына белгілі бір сипаттамаларды түзететін реттеушіні қосуға болады. PID реттегіші-құрамында пропорционалды, интегралды және дифференциалды буындар бар реттегіш. Әр тізбек өз міндетін орындайды.

Пропорционалды байланыс жүйенің жылдамдығына әсер етеді. Теріс әсер - бұл байланыстың мәні осы жүйенің рұқсат етілген лимиттерінен шыққан кезде жүйе орнықсыз болады

Интегралды байланыс статикалық қатені жоюға арналған. Бұл сілтемені пайдалану кезінде статикалық қате жоғалады, бірақ жүйе әдетте өнімділік тұрғысынан баяулайды.

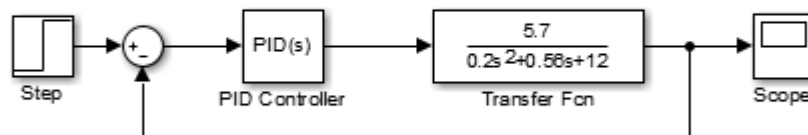
Дифференциалды байланыс. Ол жүйенің әлсіреуін күшейту үшін қолданылады. Оны өте сақтықпен қолдану керек, өйткені ол тұрақсыз күйге дейін жүйеге теріс әсер етуі мүмкін. Сондай-ақ, сілтеме жүйеге шу шығарады.

Реттегіш параметрлерін таңдауды Simulink ортасын қолдану арқылы алуға болады



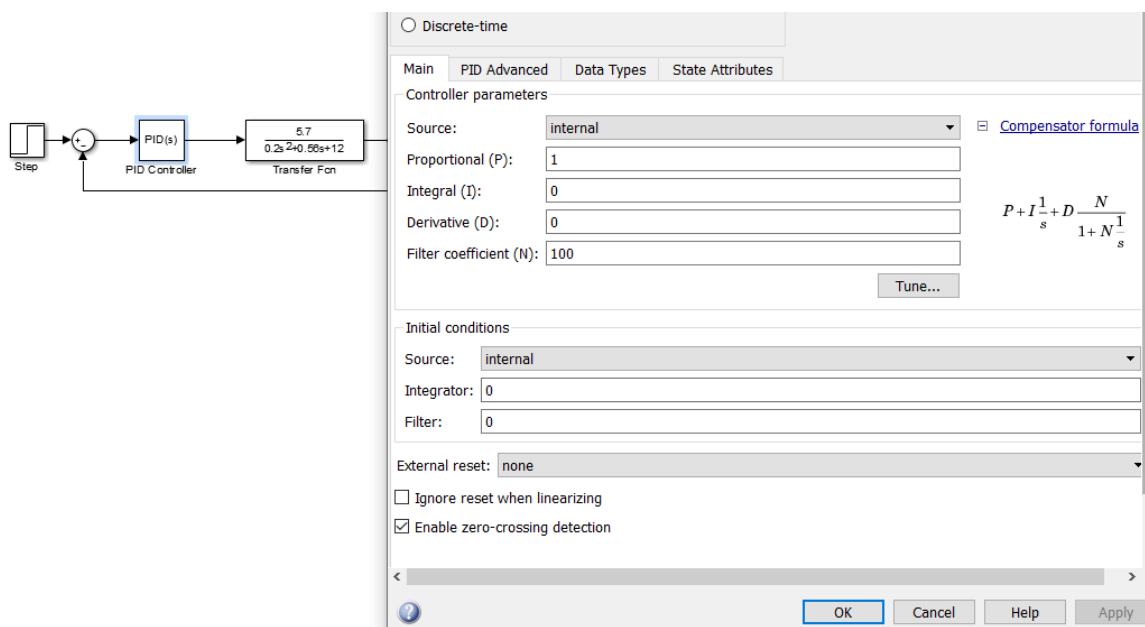
### 2.12 Сурет – Жүйені модельдеу

2.12-суретте Simulink ортасында тұйықталған жүйені модельдеу көрсетілген.



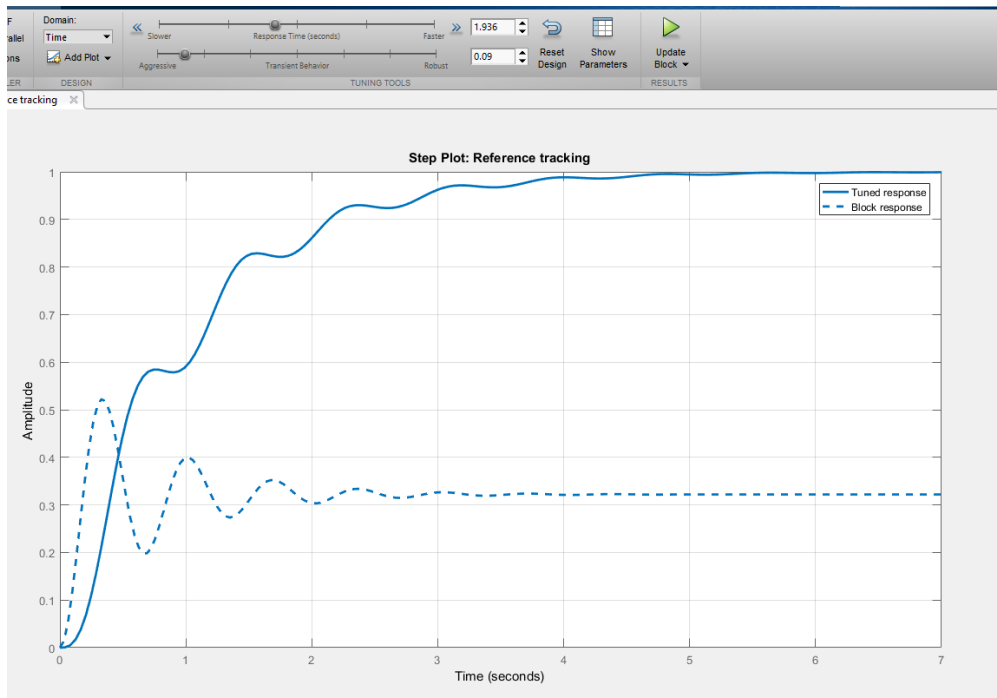
2.13 Сурет – Реттегіші бар жүйе

2.13-суретте оның құрамына PID реттегіші қосылған жүйені модельдеу көрсетілген.



2.14 Сурет – Реттегіш параметрлері

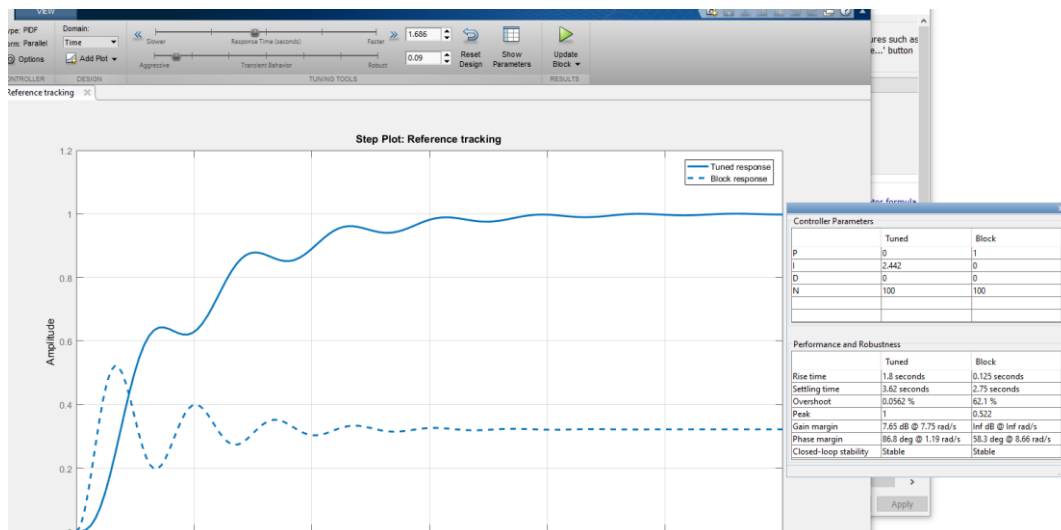
2.14 суретте PID реттегішінің параметрлері көрсетілген. Бастапқыда пропорционалды байланыс үшін 1 мәнін, ал интегралды және дифференциалданған буындар үшін 0 мәнін орнату қажет. Бұл реттегішсіз жүйенің өтпелі процесін алу үшін қажет. Болашақта реттеу түймесін пайдаланып, әрбір буын үшін қажетті мәндерді таңдауға болады.



2.15 Сурет – Реттегіш параметрлерін таңдау

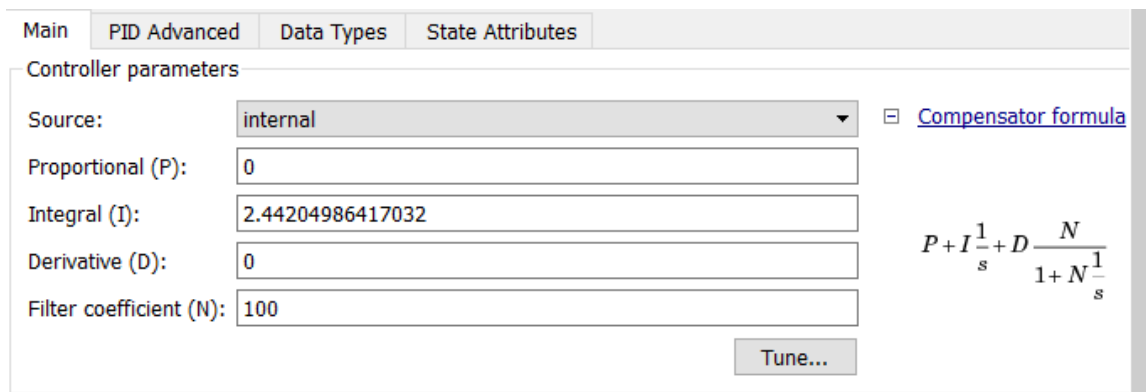
2.15-суретте реттегіш параметрлерін таңдау көрсетілген. Жоғарғы екі сырғытпа параметрді таңдауға мүмкіндік береді. Жүйенің жылдамдығы мен оның тербелісі арасында ымыраға келу керек. Жүйенің максималды жылдамдығы соңғы мәнді жылдам орнатуды қамтамасыз етеді, бірақ процесс өте тербелмелі болып шығады. Ең аз жылдамдық монотонды процесті қамтамасыз етеді, бірақ процесс тым ұзаққа созылады.

Жүйе екінші ретті апериодтық буын болғандықтан, дифференциалдау буыны пайдалы болмайды.



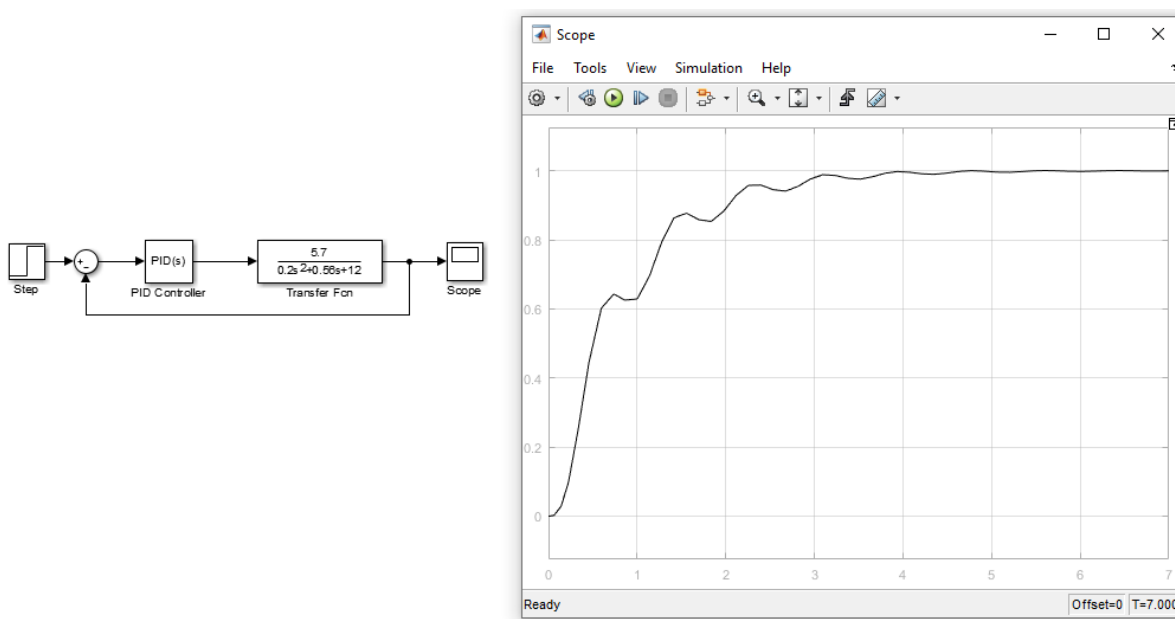
2.16 Сурет – Таңдалған реттегіш параметрлері

2.16-суретте реттегіштің таңдалған параметрлері көрсетілген. Көріп отырғанымыздай, жүйенің жылдамдығы баяулады, бірақ статикалық қате толығымен жойылды. Өзгерістер қозғады, сондай-ақ қор жүйесінің тұрақтылығын. Фазада ол өсті, бірақ амплитудасы шексіз болып қалды және 7.65 децибелге тең болды, бұл қанағаттанарлық мән.



2.17 Сурет – Буындардың сандық мәндері

2.17-суретте I-реттегіш буындарының сандық мәндері көрсетілген. Бұл жағдайда пропорционалды және дифференциалды байланыс жүйелерді жақсартпайды, сондықтан олардың мәні нөлге тең.



2.18 Сурет – Жүйенің реттегішпен өтпелі процесі

2.18-суретте жүйенің өтпелі процесі көрсетілген. Көріп отырғаныңыздай, қазір түзету мен тербеліс жоқ. Жүйенің өнімділігі қанағаттанарлық. Осыған сүйене отырып, қазір жүйе барлық сапалы талаптарды қанағаттандырады деген қорытынды жасауға болады.

## 3 ӨМІР ҚАУІПСІЗДІГІ

### 3.1 Роботтарды пайдалану кезіндегі қауіпсіздік

Өнеркәсіптік робот қауіптілігі жоғары объект болып табылады. Роботтың әрекетінен адам өлімінің алғашқы оқиғасы жапондық зауытта тіркелді. Жұмыс аймағындағы қызмет көрсетуші робот ажыратылған фрезерлік станокты түзетіп, роботты станокқа қосты. Шамамен 1 м/с жылдамдықпен қозғалған манипулятор реттегішті басып, оны басып қалды.

Статистикаға сүйенсек, әрбір жүз роботқа жылына бір апат болады. Жазатайым оқиғалардың көпшілігі абайсыздықтың салдары болып табылады, бірақ кейбір жағдайларда техниканың ақауы бар. Роботтандырылған технологиялық кешен жұмыс істейтін бір ай ішінде кем дегенде үш травматикалық жағдай орын алады.

Роботтың жасанды интеллектіндегі кемшіліктер көптеген апаттардың себебі болып табылады. Роботты қалаған әрекетті орындауға бағдарламалауға болады, оған жазатайым оқиғаларды болдырмайтын әртүрлі сенсорларды қоюға болады, роботтардың өздері күшті интеллектке ие емес және көп жағдайда олар жұмыс хаттамаларын тікелей орындайтын жай ғана ақылсыз машиналардан басқа ештеңе емес. . Робот ақаулық орын алғанын және қазіргі уақытта робот қырғын ұйымдастырып, өнімдерді жойып жатқанын және жұмысшылардың өмірі мен денсаулығына қауіп төндіретінін түсінбестен өз бағдарламасын орындай алады. Нәтижесінде, ең бастысы, адам шығыны болуы мүмкін. Кепіл залал – бұл дайын өнім мен шикізаттың бүлінуі немесе жойылуы, ол да елеулі материалдық шығындарға әкеп соғады.

Мұндай жағдайда ғарышта қозғала алатын мобильді роботтар үлкен қауіп төндіреді. Мұндай роботтың нақты бағдарламаланған қозғалыс траекториясы болса да, біз әртүрлі сәтсіздіктерге байланысты немесе жылжымалы бөліктің тозуы/зақымдануы роботтың жүру бағытының күрт өзгеруіне әкелуі мүмкін екенін ұмытпауымыз керек. Сондай-ақ, мәселе жұмыс циклінің соңында роботтың екінші циклді бастау үшін бастапқы орнына оралуында немесе робот басқа циклді орындау үшін басқа аймаққа ауысқанда, роботтың траекториясы да бақылаусыз болу. Жарақат алуы мүмкін роботтың әрекет ету аймағына рұқсат етілмеген адамдардың кіру қаупі де бар.

Сонымен қатар, робот стационарлық күйде болғанымен, жұмыс істемейтін жағдайлар бар. Жүйе жұмыс істей бастау үшін кіріс сигналын күтуде. Ал мұндай роботтың жанында болу кенеттен жұмыс істеп тұрған роботтың нәтижесінде жарақат алуға әкелуі мүмкін. Қолданыстағы роботты төтенше жағдайда өшіру кезінде де солай болуы мүмкін. Қосылған кезде робот өзінің жұмыс циклін орындауды жалғастырады. Кейбір техникалық жағдайларға байланысты қызметкер роботты жөндеу немесе калибрлеу үшін роботтың қауіпті аймағына кіруге мәжбүр болған жағдайлар ерекше қауіпті

болып табылады. Сирек жағдайларда роботты өшіру мүмкін емес жағдайлар туындайды.

Роботтарды пайдалану кезіндегі қауіпсіздікті арттыру мақсатында жарақат алу қаупін жою бойынша бірқатар шаралар қабылдануда. Ең кең таралған және салыстырмалы түрде тиімділердің бірі - робот аймағында қоршауларды орнату.

Бұл қоршаулар роботтарды жұмысшылардан қорғайтын қабырғалар немесе қоршаулар. Бұл аймаққа кіретін есік құлыпталатын есік болып табылады, ол адамдардың жұмыс істейтін роботтың жұмыс аймағына кіруіне жол бермейді.

Сондай-ақ блокаторларды орнатуға болады. Төтенше жағдайда блокатор түймесін басу роботты тоқтатады. Кез келген қондырғыда апаттық тоқтату түймесі болуы керек.

Сіз сондай-ақ роботтың аумағын шектей аласыз. Бұл роботтың жұмыс кеңістігінен шығуына мүмкіндік бермейтін физикалық шектеулерді орнату арқылы жасалады.

Жабдықты дұрыс орнату да маңызды. Адам басқаратын жабдықтың жанына роботтарды орналастыру арқылы тәуекелдерді азайту жарақаттарды азайтудың жұмыс әдісі болып табылады.

Қауіпсіздікті жақсартудың қайталама, бірақ міндетті құралы - ескерту белгілерін және дыбыстық немесе жарықтық белгілерді орнату, олар, әдетте, адамға роботтың өшірілмегені туралы сигнал береді және әлі де қауіптің жоғарылау құралы болып табылады.

Роботтардың сенімділігін арттыру сәтсіздіктерді азайтуға көмектеседі. Токтың кенеттен көтерілуі немесе қызып кетуі роботты өшіруі мүмкін. Сондықтан шаң мен ылғалдан қорғау мәселесі бірінші орында. Роботты жоғары температуралы ортада пайдаланған кезде салқындату құрылғысын орнату керек.

Қауіпсіздікті жақсартуға роботты жобалау кезеңінде де қол жеткізуге болады. Барлық өткір жиектерді алып тастау және жұмсақ теріні орнату роботтың қауіптілігін айтарлықтай азайтады.

Жоғарыда айтылғандардан басқа, кәсіпорын қызметкерлерінің брифингі еңбек қауіпсіздігін арттырудың маңызды сәті болып табылады. Қауіпсіздік ережелері және оларды бұзуға жол берілмейтіндігі пайдаланушы персоналға қолжетімді түрде түсіндірілетін мерзімдік қауіпсіздік бойынша дәрістер персоналдың салғырттығынан болған жазатайым оқиғалардың санын азайтуға мүмкіндік береді

### **3.2 Қондырғыны пайдалану кезіндегі қауіпсіздік**

Кәсіпорын қызметкерлерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етумен қатар, қорғаныс шаралары өндірістік құрал-жабдықтарға да әсер етуі керек.



Қорғауды қамтамасыз ету жабдықтың өзіне, сондай-ақ оның орналасқан жеріне байланысты.

Өндірістік жабдық үшін негізгі қауіп шаң мен ылғал болып табылады. Жабдықты соңғылардан қорғау дәрежесі IP XX индексімен бағаланады, мұнда бірінші сан шаңнан қорғау дәрежесі, ал екіншісі ылғалдан қорғау дәрежесі болып табылады. IP 00 жабдықтың қорғанысының жоқтығын білдіреді. Максималды мән IP69 болып табылады, бұл шаңнан толық қорғауды және бірнеше метр тереңдікте ұзақ мерзімді суға батыру үшін ыстық судан қорғауды білдіреді. Соңғысы, әдетте, су астында орналасқан жабдық үшін қажет.

Шаң мен ылғалдан қорғаудан басқа, механикалық зақымданудан және жабдықтың істен шығуынан қорғауды қамтамасыз ету қажет. Бұл тосқауылдар, сондай-ақ қоршаулар сияқты қорғаныс құралдарын орнату арқылы жүзеге асырылады.

### **3.3 Кернеуден қорғау**

Корпустың тұйықталуына байланысты және басқа да себептерге байланысты тоққа қосылған электр жабдығының корпусына және басқа да ток өткізетін металл бөліктеріне тию кезінде электр тогының соғу қаупін зақымдалған электр қондырғысын желіден жылдам ажырату арқылы жоюға болады, сондай-ақ жерге қатысты корпустың кернеуін азайту арқылы.

Құрылыс-монтаждау жұмыстары кезінде электр қауіпсіздігі сақталуы керек. Құрылыс алаңдары мен олардағы үй-жайлар жоғары немесе ерекше қауіпті объектілер болып табылады. Электр тогын пайдаланатын жұмысшылар, соның ішінде электрлендірілген құралдарды пайдаланатындар резеңке қолғап пен галош киіп, резеңке төсеніштерде жұмыс істеуі керек. Арнайы оқытылған жұмысшы ғана электр қондырғыларын қоса алады. Электр жабдығының қоршаулары сенімді жерге тұйықталған болуы керек. Ылғалдылығы жоғары бөлмелерде, сондай-ақ қазандықтарда, резервуарларда және көшеде кернеу 36 В-тан аспауы керек. ДБА-дағы дыбыс тұрақты және үзіліссіз шуды шамамен бағалау үшін пайдаланылады, өйткені бұл жағдайда шу спектрін білмейміз. .

Электр тогының соғуы адам денесі кернеу көзіне тиген кезде пайда болады. Ток қосылған өткізгішке қол тигізгенде, адам электр желісінің бір бөлігіне айналады, ол арқылы электр тогы ағып бастайды. Өздеріңіз білетіндей, адам ағзасы көп мөлшердегі тұздар мен сұйықтықтардан тұрады, ол электр тогын жақсы өткізеді, сондықтан электр тогының адам ағзасына әсері өлімге әкелуі мүмкін. Электр тогының адамға әсер етуінің нәтижесінде пайда болатын зардаптар көптеген факторларға байланысты, атап айтқанда: - ағып жатқан токтың шамасы мен түріне, айнымалы ток тұрақты токқа қарағанда қауіптірек; - оның әрекет ету ұзақтығы. әсер ету, адамға токтың

ұзақтығы неғұрлым ұзақ болса, соғұрлым ауыр зардаптар; - ағын жолдары, ең үлкен қауіп - ми мен жұлын, жүрек аймағы және тыныс алу мүшелері (өкпе) арқылы өтетін ток; - бастап адамның физикалық және психологиялық жағдайы. Адам ағзасында белгілі бір қарсылық бар, бұл қарсылық адамның жағдайына байланысты өзгереді. Адам ағзасы сезінетін ең аз ток 1 мА құрайды. Токтың 1 мА-дан жоғары ұлғаюымен адам ыңғайсыздықты сезіне бастайды, бұлшықеттің ауырсынатын жиырылулары пайда болады, ток 12-15 мА дейін жоғарылайды, бұлшықеттің конвульсиялық жиырылуы пайда болады, адам өзінің бұлшықет жүйесін басқара алмайды. және өз бетімен ток көзімен байланысты үзе алмайды. 25 мА-ден астам электр тогының әрекеті тыныс алу жүйесінің бұлшықеттерінің салдануына әкеледі, нәтижесінде адам жай ғана тұншығуы мүмкін. Токтың одан әрі күшеюімен жүрек фибрилляциясы пайда болады. Адам ағзасы арқылы өтетін электр тогы оған үш түрлі әсер етуі мүмкін: жылулық; электролиттік; биологиялық

Құрамында тұздар мен металдар бар сұйықтықтың көп мөлшерінің болуына байланысты адам ағзасы электр тогының өткізгіші болып табылады, оның әсері адам үшін өлімге әкелуі мүмкін.

Роботтардың қуат көзі электр энергиясы болғандықтан, әрбір робот ықтимал қауіп төндіруі мүмкін. Қуат көздері – бұл батареялар, аккумуляторлар немесе роботты желіге тік ток түрлендіргішіне үзіліссіз электр тогы бар сәйкес зарядтау кабелі арқылы тікелей қосу.

Электр тогының соғуы адам, қорғаныс құралдары жоқ, ток күші бар затты ұстағанда болады. Түрлі металл заттарды, сондай-ақ құрамында тұзы бар сұйықтықтарды қамтитын электр тогын өткізуге қабілетті нысанға қол тигізгенде, денесі де өткізгіш болып табылатын адам бірден электр тогын өзі арқылы өткізе бастайды. Электр тогының әсерінен болатын жарақаттар әсер ету күші мен уақытына тікелей байланысты. Электр тогының зиянды әсерлеріне мыналар жатады:

Жұмсақ тіндердің зақымдануы, олардың жарылуын тудыруы;

Күйік және тіндердің күйіп қалуы

Адам ағзасындағы органикалық қосылыстардың, соның ішінде плазма мен қанның ыдырауы;

Бұлшықеттер мен тіндердің еріксіз жиырылуы жүректің тоқтауына және бұлшықет атрофиясына әкелуі мүмкін қауіпті.

Ең қауіптісі – тыныс алу жүйесіне, миға, жүрекке әсері. Сонымен қатар, электр тогы адамның орталық жүйке жүйесіне депрессиялық әсер етеді және толық немесе ішінара сал ауруына әкелуі мүмкін.

Электр тогының соғу нәтижесіне әсер ететін ең маңызды факторлар:

- 1) адам денесі арқылы өтетін токтың шамасы;
- 2) ағымдағы әсер ету ұзақтығы;
- 3) ток жиілігі;
- 4) ағымдағы жол;
- 5) адам ағзасының жеке қасиеттері.

Қалыпты жағдайда адамда физиологиялық сезім тудыратын ең аз қуат жиілігі тогы орта есеппен 1 миллиамп (мА) құрайды; тұрақты ток үшін бұл мән 5 мА құрайды.

Ағымдағы әсер ету ұзақтығы. Бастапқыда денеге қауіп төндірмейтін параметрлері бар электр тогының ұзақ уақыт әсер етуі адам ағзасының кедергісінің төмендеуі нәтижесінде өлімге әкелуі мүмкін.

Әртүрлі ағымдар (*ceteris paribus*) денеге қауіптіліктің әртүрлі дәрежесін білдіреді. Олардың әсер ету сипаты да бірдей емес. Тұрақты ток денеде жылу және электролиттік әсер туғызса, айнымалы ток негізінен бұлшықеттердің, қан тамырларының, дауыс байламдарының және т.б. жиырылуын тудырады.

Зақымданудың нәтижесі үшін адам ағзасындағы ағымдағы жол маңызды. Өтетін ток денеде оның бүкіл көлеміне таралады, алайда оның ең үлкен бөлігі ең аз қарсылық жолымен, негізінен тіндік сұйықтықтардың, қан және лимфа тамырларының және жүйке діндерінің мембраналарының ағындары бойымен өтеді.

Адамның жеке қасиеттерінің ерекшеліктері. Электр тогы әсер еткен кездегі адамның физикалық және психикалық жағдайы үлкен мәнге ие.<sup>[11]</sup>

### 3.4 Батареялар

Батареялар қауіпті болуы мүмкін. Неке, шамадан тыс химиялық реакция немесе зақымдану жағдайында электролиттің қуат көзінен ағып, контактілерде тотығуды қалыптастыру мүмкіндігі бар. Бұл процесс контактілерді жарамсыз етіп, ауыстыруды қажет етуі мүмкін.

Сонымен қатар, егер қуат көзінде қысқа тұйықталу орын алса немесе қуат көзі жобаланған қуаттан жоғары токтардан заряд болса, ол күрт ісінуі мүмкін. Бұл марганец диоксидінің ыдырау процесінің нәтижесінде пайда болады, нәтижесінде оттегі бөлінеді, ал сутегі мырыш коррозиясы кезінде бөлінеді. Батареяның ішіндегі бос күйдегі газдардың болуы оның көлемінің ұлғаюына әкеледі, бұл оның корпусының беріктігіне теріс әсер етеді.

Нәтижесінде қызып кетумен бірге аккумулятор корпусы сынуы және ыстық электролит шығаруы мүмкін, бұл өртке және жабдықты бұзуға әкелуі мүмкін.

Мұндай жағдайлардың алдын алу үшін сенімді өндірушілердің аккумуляторлары мен аккумуляторларын ақаусыз және механикалық зақымсыз, сондай-ақ дұрыс зарядтау қажет. Уақыт өте келе ескірген батареяларды жаңасына ауыстыру қажет.

Ток өткізетін бөліктерді оқшаулау электр қауіпсіздігінің негізгі шараларының бірі болып табылады. Жерге қатысты электр қондырғыларының ток өткізетін бөліктерінің оқшаулау кедергісі кемінде 0,5–10 МΩ (1 МΩ = 10<sup>6</sup> Ом) болуы керек.

Электрқошаулағыш - бұл ток өткізгіш элементтердің бетін жабатын диэлектрик қабаты немесе ток өткізбейтін материалдан жасалған құрылым, оның көмегімен ток өткізгіш элементтер электр қондырғысының басқа бөліктерінен бөлінеді.

Көбінесе қосымша оқшаулау ретінде оқшаулағыш материалдан жасалған электр қабылдағыш корпусы қолданылады. Мұндай корпус бұйым ішіндегі оқшаулау бұзылған жағдайда ғана емес, сонымен қатар құралдың жұмыс бөлігінің ток өткізгіш бөлігімен кездейсоқ жанасуы кезінде электр тогының соғуынан қорғайды. Егер өнімнің корпусы металл болса, онда қосымша оқшаулау рөлін қоректендіру кабелі корпусқа өтетін оқшаулағыш гильзалар және электр қозғалтқышын корпустан бөлетін оқшаулағыш тығыздағыштар атқарады.

Электр тогының соғуынан қорғану әдістерінің бірі адамның ток көзімен жанасу мүмкіндігін барынша азайту болып табылады. Осы мақсатта электр жабдығы диэлектрлік экранмен қорғалған, ол сонымен қатар жабдықты механикалық әсерден қорғайды. Сондай-ақ, резеңке аяқ киім және қолғап сияқты қорғану құралдарын пайдалану, тіпті тұрақты ток көзімен байланыста болған кезде де адамды қорғай алады.

Екінші әдіс - жерлендіруді орнату. Жерге қосу - электр жабдығын жерге тұйықтау құрылғысымен жасанды қосу, ол өткізгіштердің соборлық жинағы және жерге қосу электроды. Жерге қосу өткізгіштері металл электродтар болып табылады. Әрбір электр құрылғысы жерге қосылған

1000 Вт шегінде жұмыс қуаты үшін жерге кедергісі, талаптарға сәйкес, таңдалған құрылғыға байланысты 15, 30 немесе 60 Ом болады.

Жерге тұйықтау құрылғыларын есептеу жерге тұйықтау өткізгіштерден жерге тұйықталу тогының таралуының жанасу кедергісін анықтауға дейін төмендейді, ол топырақ қабаттарының  $\rho$  кедергісіне байланысты. Топырақ қабаттарының төзімділігі олардың құрамына, ылғалдылығына, жер асты суларының деңгейіне және температурасына байланысты. Ең дәл  $\rho$  бар әдістердің бірін пайдалана отырып, орнында тікелей өлшеу арқылы анықталуы мүмкін. Әртүрлі топырақтар үшін алдын ала есептеулер үшін ұсынылатын мәндер және қату топырақтарындағы көбейту факторлары анықтамалық кітаптарда келтірілген [13].

Жасанды жерге тұйықтау электродтары үшін есептеуді жүргізгеннен кейін, алдымен табиғи жерге қосу электродтары жеткілікті ме, жоқ па анықталады, содан кейін ғана жасанды жерге электродтардың қажетті кедергісі есептеледі.

$$R_{иск} \leq \frac{R_{з\gamma} \times R_{ест}}{R_{ест} - R_{з\gamma}} \quad (3.1)$$

Төмен жерге тұйықталу токтары бар кернеуі 1000 В жоғары электр қондырғылары үшін жерге қосу құрылғысының кедергісі шартты қанағаттандыруы керек.

$$R_3 \leq \frac{U_3}{I_3} \quad (3.2)$$

### 3.5 Шудан қорғау

Жұмыс орындарындағы шуды реттеудің негізгі мақсаты күнделікті жұмыс кезінде (демалыс күндерін қоспағанда), бірақ бүкіл жұмыс тәжірибесінің ішінде аптасына 40 сағаттан аспайтын шуылдың рұқсат етілген шекті деңгейін (MPL) белгілеу болып табылады. қазіргі заманғы зерттеу әдістерімен, еңбек процесінде немесе қазіргі және кейінгі ұрпақтардың ұзақ мерзімді өмірінде анықталған денсаулық жағдайындағы ауытқулар. Шу шегін сақтау сезімталдығы жоғары адамдардың денсаулығына байланысты проблемаларды жоққа шығармайды.

Рұқсат етілген шу деңгейі - бұл адамның айтарлықтай қобалжуын тудырмайтын және шуға сезімтал жүйелер мен анализаторлардың жұмысында елеулі өзгерістерді тудырмайтын деңгей.

Жұмыс орындарындағы тұрақты шудың нормаланған сипаттамалары октавалық жиілік диапазонындағы децибелдегі (дБ) дыбыс қысымының деңгейлері болып табылады. Дыбыс деңгейін «баяу» дыбыс деңгейін өлшегіштің уақыт сипаттамасы бойынша «А» шкаласы бойынша өлшенетін жұмыс орындарындағы тұрақты кең жолақты шудың сипаттамасы ретінде акустикалық децибелмен (дБА) алуға рұқсат етіледі.

Жұмыс орындарындағы үзік-үзік шудың сипаттамасы эквивалентті (энергия бойынша) дыбыс деңгейі LAEKV, dBA және дыбыс қысымының деңгейі Leq, дБ.

### 3.6 Дірілден қорғау

Діріл - бұл машиналар, механизмдер және олардың элементтерінің механикалық тербелісі. Дірілдің негізгі көздеріне бетон қоспасын дайындауға, таратуға және діріл нығыздауға арналған машиналар, сонымен қатар құрылыс машиналары, компрессорлар және бульдозерлер жатады. Діріл - жоғары биологиялық белсенділігі бар факторлардың бірі.

Ұзақ уақыт әсер еткенде ол созылмалы кәсіптік ауруды - діріл ауруын тудырады. Тербеліс әрекеті әсер ету ұзақтығына байланысты бақыланатын параметрі бақылау кезеңінде 2 еседен аспайтын (6 дБ) өзгертін тұрақты діріл

және тұрақты емес діріл болып бөлінеді, олар үшін көрсетілген. бақылау кезеңінде параметрлер 2 еседен астам өзгереді.

Адамға әсер ету сипаты бойынша тербеліс: жалпы және жергілікті (жергілікті) болып бөлінеді. Жалпы тербеліс отырған (тұрған) адамның тірек беттері арқылы таралады және бүкіл денеге әсер етеді. Денеге жалпы діріл әсерінен тірек-қимыл аппараты мен жүйке жүйесі, сондай-ақ вестибулярлық және визуалды анализаторлар ең алдымен зардап шегеді. Жергілікті діріл – дірілдеу беттерімен жанасқан адамның қолдары немесе денесінің бөліктері арқылы беріледі. Ол діріл құралымен жұмыс істегенде адам денесінің жекелеген бөліктеріне әсер етеді, көлік құралын басқару тұтқаларында болады және т.б.

Егер техникалық құралдар жұмыс орнында гигиеналық нормаларға сәйкес келмесе, онда жеке қорғаныс құралдарын пайдалану қажет: дірілден қорғайтын қолғаптар және дірілден қорғайтын аяқ киімдер, тізе төсеніштері, кілемшелер, кеудешелер, арнайы костюмдер. Дірілдің жұмысшылардың денсаулығына теріс әсер ету деңгейін төмендету үшін дірілден жеке қорғаныс құралдарын қолдану ықпал етеді.

Дірілден қорғайтын қолғаптар (тітіркенуді болдырмау үшін ішкі жағы матамен қапталған).

Ұйымдастыру шараларынан басқа дірілден қауіпсіз еңбек жағдайлары дірілден қауіпсіз машиналарды, оның таралу жолдары бойындағы жұмысшыларға дірілдің әсерін азайтатын белсенді және пассивті дірілден қорғау құралдарын қолданумен, сондай-ақ технологиялық процестерді жобалаумен қамтамасыз етіледі. және жұмыс орындарындағы діріл нормаларының асып кетпеуін қамтамасыз ететін өндірістік үй-жайлар. Ол сондай-ақ байланыс арқылы берілетін ультрадыбысты шектеуді қамтамасыз етуі керек.

Машиналардың дірілін төмендетуге діріл белсенділігін төмендету және көздің ішкі дірілден қорғауы арқылы қол жеткізуге болады. Сорғылардың, компрессорлардың, электр қозғалтқыштарының төмен жиілікті тербелістерінің себебі айналмалы элементтердің теңгерімсіздігі болып табылады. Теңгерімсіз динамикалық күштердің әрекеті бөлшектердің нашар бекітілуімен, олардың жұмыс кезінде тозуы арқылы күшейеді. Айналмалы массалардың теңгерімсіздігін жою теңгерімдеу арқылы жүзеге асырылады. Ішкі дірілден қорғаудың екінші әдісі - дірілді өшіру, яғни. жүйенің механикалық тербелістерінің энергиясын жылу энергиясына түрлендіру. Жүйедегі дірілді өшіру тұтқыр, құрғақ үйкеліс және т.б. инерция әсерлерін пайдалана отырып, динамикалық діріл сөндіргіштердің көмегімен жүзеге асырылады. Діріл оқшаулау (терминнің дұрыс мағынасында) қосымша серпімді қосылымды енгізу арқылы дірілдің көзден қорғалатын объектіге (адам немесе басқа бірлік) берілуін азайту болып табылады.

### 3.7 Электромагниттік сәулеленудің әсерінен қорғау

Электромагниттік сәулеленудің әсерінен қорғаудың сол немесе басқа әдісін таңдау жұмыс жиілігі диапазонына, орындалатын жұмыстың сипатына, энергия ағынының қарқындылығы мен тығыздығына байланысты. ЭҚК, қажетті қорғаныс дәрежесі.

Жұмысшыларға әсер етуді азайту шараларына. ЭМӨ мыналарды қамтиды: ұйымдастырушылық, инженерлік және емдеу-профилактикалық

Ұйымдастыру шараларын санитарлық қадағалау органдары жүзеге асырады. Олар электромагниттік сәулелену көздерін пайдаланатын объектілерге санитарлық қадағалауды жүзеге асырады

Инженерлік-техникалық шаралар көздердің осындай орналасуын қамтамасыз етеді. б олардың жұмысшыларға әсерін азайтуға, жабдықты қашықтан басқару өндірісі жағдайында пайдалануды азайтуға мүмкіндік беретін ЭМӨ Ом сәулелену көзі, сәулелену көздерін экрандау, жеке қорғаныс құралдарын (халаттар, металдандырылған матадан жасалған комбинезон) пайдалану болып табылады. жерге қосу құрылғысына шығыс). Көзді қорғау үшін қорғаныс көзілдіріктерін қолданған жөн. ZP5-90. Көзілдіріктің әйнегі жартылай өткізгіш қаңылтырмен қапталған, ол жарықты өткізу кезінде электромагниттік энергияның қарқындылығын кемінде 75% төмендетеді.

Электромагниттік өрістердің адамға әсері электр және магнит өрістерінің қарқындылығына, энергия ағынының қарқындылығына, тербеліс жиілігіне, дененің бетіне әсер етудің локализациясына және организмнің жеке ерекшеліктеріне байланысты.

Бұл әсер ету механизмі мынада: электр өрісінде адам денесін құрайтын атомдар мен молекулалар поляризацияланады, ал полярлы молекулалар (мысалы, су), сонымен қатар, электромагниттік өрістің таралу бағытына бағытталған. Тіндердің сұйық құрамдас бөлігі болып табылатын электролиттерде қан, жасушааралық сұйықтық және т.б., сыртқы өрісті қолданғаннан кейін иондық токтар пайда болады. Айнымалы электр өрісі диэлектриктердің айнымалы поляризациясы есебінен де, өткізгіш токтардың пайда болуына байланысты да адам денесінің тіндерінің қызуын тудырады.

Қорғанысты жақсарту үшін гигиеналық нормалау жүргізіледі. Гигиеналық реттеудің мақсаты – әсер ету ерекшеліктерін және адамдардың контингентін ескере отырып, ЭҚК әсер етудің шекті рұқсат етілген деңгейлерін (МЛ) белгілеу.

ЭҚК көздерін пайдалану және техникалық қызмет көрсетумен кәсіби түрде қатыспаған персоналды қорғауды қамтамасыз ету халық үшін белгіленген ЭҚК гигиеналық нормаларының талаптарына сәйкес жүзеге асырылады.

Ауысымға 1 сағаттан аз әсер ету кезіндегі электростатикалық өріс кернеулігінің (ЭСФ) ең жоғары рұқсат етілген деңгейі 60 кВ/м тең белгіленеді. Үлкен шиеленіс кезінде қорғаныс құралдарынсыз жұмыс істеуге жол

берілмейді. 20 кВ/м-ден төмен кернеуде ESP соққы аймағында болу уақыты реттелмейді. 20 - 60 кВ / м диапазонында персоналдың қорғаныс құралдарынсыз ЭСҚ-да болуының рұқсат етілген уақыты көрсетілген стандарттар формуласы бойынша анықталады.

Электромагниттік өріс – электромагниттік толқындардың таралу аймағы. Электромагниттік толқындардың негізгі параметрлері толқын ұзындығы  $\lambda$ , жиілігі  $f$  және жарықтың таралу жылдамдығы  $c$  болып табылады. Бұл параметрлер мына қатынаспен байланысты:

$$\lambda = \frac{c}{f \times \sqrt{\mu \times \varepsilon}} \quad (3.3)$$

мұндағы  $\mu$  және  $\varepsilon$  ортаның магниттік және диэлектрлік өткізгіштіктері.

Электромагниттік өрістер мен сәулеленуден қорғау құралдары келесі талаптарға сай болуы керек:

- 1) электромагниттік өрісті айтарлықтай бұрмаламау;
- 2) техникалық қызмет көрсету мен жөндеу сапасын төмендетпеу;
- 3) еңбек өнімділігін төмендетпеу.

Адамды электромагниттік сәулеленудің қауіпті әсерінен қорғау келесі жолдармен жүзеге асырылады:

- 1) көзден сәулеленуді азайту;
- 2) сәулелену көзін және жұмыс орнын экрандау;
- 3) санитарлық-қорғау аймағын белгілеу;
- 4) статикалық электр зарядтарының түзілуін жұту немесе азайту;
- 5) статикалық электр энергиясының алымдарын жою;
- 6) жеке қорғану құралдарын пайдалану.

Көздің сәулелену қуатын азайту электромагниттік энергияны сіңіргіштерді қолдану арқылы жүзеге асырылады; қорғалатын объект орналасқан сектордағы айналмалы антенналар үшін сәулеленуді блоктау немесе оның қуатын азайту.

Электромагниттік сәулеленуді сіңіру электромагниттік өрістің энергиясын жылу энергиясына айналдыру арқылы сіңіргіш материал арқылы жүзеге асырылады. Мұндай материалдар ретінде резеңке, пенопласт, кеңейтілген полистирол, байланыстырушы диэлектригі бар ферромагниттік ұнтақ, графитпен сіңдірілген шаш төсеніштері қолданылады [17].

Ток өтетін өткізгіштің жанында бір уақытта электр және магнит өрістері пайда болатыны белгілі. Егер ток уақыт бойынша өзгермесе, бұл өрістер бір-бірінен тәуелсіз. Айнымалы токпен магниттік және электрлік өрістер бір электромагниттік өрісті білдіретін өзара байланысты.

Электромагниттік өріс белгілі бір энергияға ие және электрлік және магниттік қарқындылықпен сипатталады, ол еңбек жағдайларын бағалау кезінде ескерілуі керек.



Электромагниттік сәулеленудің көздері радиотехникалық және электронды құрылғылар, индукторлар, жылу қондырғыларының конденсаторлары, трансформаторлар, антенналар, толқын өткізгіш жолдардың фланецті қосылыстары, микротолқынды генераторлар және т.б.

### **3.8 Өрт қауіпсіздігі**

Өрт - бұл реттелмейтін жану процесі. Өрттің зақымдаушы әсері өрттің тікелей әсерінен басқа, жану кезінде көміртегі тотығының түзілуі, сонымен қатар өндірістегі объектілерді, мысалы, пластмасса және резеңке бұйымдарын қыздыру кезінде пайда болатын басқа күйдіргіш химиялық заттардың бөлінуі болып табылады.

Кәсіпорын қызметкерлерінің өміріне тікелей қауіп төндіретіннен басқа, өрт кәсіпорындағы жабдықтар үшін үлкен қауіп болып табылады.

Өрттердің негізгі себебі кәсіпорын қызметкерлерінің салғырттығы. Бірақ өрт басқа факторлардан да туындауы мүмкін, мысалы, қысқа тұйықталу, батареялар мен батареялардың жарылуы және т.б.

Өрт дабылы құрылғыларын орнату қауіп сипатын дер кезінде хабарлауға қабілетті. Автоматты өрт сөндіру жүйелері де орнатылуда. Бұларға спринклерлер жатады. Өртті сөндірудің ең арзан және тиімді әдістерінің бірі – су. Дегенмен, электр құрылғыларын жағу кезінде екенін есте ұстаған жөн.

Сонымен қатар, кейбір заттар тек судан жануын күшейтеді. Оларға мұнай өнімдері, майлы сұйықтықтар және пластмассалар жатады. Бұл жағдайларда өрт сөндіргіштер болып табылатын сусыз сөндіргіштерді пайдалану қажет.

Қолданылатын сөндіргіштердің түріне қарай өрт сөндіргіштер үш топқа бөлінеді: көбік, газ және ұнтақ. Өрт сөндіргіштен өрт сөндіргіш химиялық реакция нәтижесінде пайда болған газдардың қысымымен берілуі мүмкін; өрт сөндіргіштің үстінде орналасқан зарядтың немесе жұмыс газының қысымы астында; жеке баллондағы жұмыс газының қысымымен; өрт сөндіргіш заттың еркін ағыны.

### **3.9 Зиянды радиация**

Адам өмір бойы және оның бүкіл биологиялық дамуы кезінде сәулеленді және қазіргі уақытта табиғи фоннан радиоактивті сәулеленуге ұшырауын жалғастыруда. Бұл жер шарының бүкіл халқына қатысты және біз табиғи радиоактивтілік туралы айтып отырмыз.

Бұл фон тудыратын табиғи сәулелену көздері екі категорияға бөлінеді: сыртқы және ішкі әсер ету. Сыртқыға ғарыштық (галактикалық) радиация, күн радиациясы, жер қыртысының жыныстарынан және ауадан түсетін сәулелер

жатады. Тіпті өз қабырғаларымыз бізді, яғни ғимараттар мен құрылыстар жасалатын құрылыс материалдарын сәулелендіреді

Электромагниттік сәулеленудің адам ағзасына әсері оның әсер ету ерекшеліктеріне және басқа маңызды сипаттамаларына тікелей байланысты: Жиілік; Уақыт бірлігінде түзілетін электромагниттік импульс бірліктерінің саны, мұндай сәулелену жиілігі неғұрлым көп болса, соғұрлым зиянды зардаптар тудырады; Толқын ұзындығы

Электр және электромагниттік өрістердің адамға әсері, оның адам ағзасының барлық мүшелері мен жүйелеріне зиянды әсері осындай факторлардың пайда болу шамасы мен қарқындылығына байланысты. Зақымдану дәрежесіне де әсер ететін маңызды фактор - сәулелену режимі. Яғни, адам мен электромагниттік сәулелену көздері арасындағы байланыстың үзілуі немесе үздіксіздігі.

Жүрек-тамыр жүйесі сияқты жүйке жүйесі де көп зардап шегеді. Біріншіден, бас ауруы мен айналуы, жалпы әлсіздік, ұйқының бұзылуы және т.б. Қысым зардап шегеді, өзгерістер қан қысымының жоғарылауында немесе төмендеуінде де көрінеді. Осыдан кейін тамыр соғуының баяулауы, жүректің ауырсынуы (тахикардия немесе брадикардия болуы мүмкін), шаштың түсуі және тырнақ пластинкаларының нәзіктігі байқалады.[15]

Иондаушы сәулелену – ортамен әрекеттесу кезінде қарама-қарсы зарядталған иондар жұптарын (оң зарядты иондар мен электрондар) түзетін сәулелену. Бұл процесс иондану деп аталады.

Айырмау:

Тікелей иондаушы сәулелену кинетикалық энергиясы зат атомдарымен соқтығысқанда иондануға жеткілікті зарядталған бөлшектерден тұрады ( $\alpha$  және  $\beta$  – радионуклидтердің сәулеленуі, үдеткіштердің протондық сәулеленуі және т.б.).

Жанама иондаушы сәулелену зарядсыз (бейтарап) бөлшектерден тұрады, олардың ортамен әрекеттесуі иондануды тікелей тудыруы мүмкін зарядталған бөлшектердің пайда болуына әкеледі (нейтрондық сәулелену, гамма сәулелену).

Иондаушы сәулеленуді анықтау және өлшеу әдістері: Иондалу, химиялық, фотографиялық, сцинтилляциялық.

Иондаушы сәулеленуден қорғау келесі шаралардың көмегімен жүзеге асырылады: радиациялық аймақта жұмыс ұзақтығын қысқарту; технологиялық процесті толық автоматтандыру; қашықтықтан басқару; сәулелену көздерін қорғау; қашықтықты арттыру; манипуляторлар мен роботтарды қолдану; жеке қорғану құралдарын пайдалану және радиациялық қауіп белгісі бар ескерту; персоналдың иондаушы сәулелену деңгейін және сәулелену дозасын тұрақты бақылау.

Иондаушы сәулеленудің рұқсат етілген дозалары. Иондаушы сәулеленудің кез келген заттарға, тірі организмдерге және олардың ұлпаларына әсер ету дәрежесін бағалау үшін қолданылатын шама. Иондаушы

сәулеленудің әрекеті күрделі процесс. Сәулеленудің әсері сіңірілген дозаның шамасына, оның қуатына, сәулелену түріне, ұлпалар мен мүшелердің сәулелену көлеміне байланысты. Оны сандық бағалау үшін СИ жүйесінде жүйелі емес және бірліктерге бөлінетін арнайы бірліктер енгізілді. [20]

Экспозициялық доза

$$X = \frac{dQ}{dm} \quad (3.4)$$

Сіңірілген доза (D) – негізгі дозиметриялық шама

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (3.5)$$

Баламалы доза (N).

$$H = \sum_r w_r \times D_r \quad (3.6)$$

Тиімді доза:

$$E_{эфф} = \sum_t w_t \times H_t \quad (3.7)$$

Ұжымдық тиімді баламалы доза:

$$S = \int_0^{\infty} E \times \frac{dN}{dE} \times dE \quad (3.8)$$

### 3.10 Санитарлық-гигиеналық талаптар

Кез келген өнімді өндіруге арналған ғимараттарға қойылатын санитарлық-гигиеналық талаптар, мәні бойынша, оларда қолайлы еңбек жағдайларын жасауға, сондай-ақ барлық гигиеналық қажеттіліктерді қанағаттандыруға байланысты. Негізгілерін тізіп көрейік.

1) өндірістік үй-жайларда кеміргіштер мен жәндіктердің енуінен қорғау шаралары қабылдануы тиіс. Мысалы: тығыз есіктер, әртүрлі коммуникациялардың айналасындағы барлық тесіктерді тығыздау, желдеткіш саңылаулардағы металл тор.

2) Өндірістік бөлмелердің едендері берік материалдан жасалған және қатты және сырғанамайтын беті болуы керек.

3) БАД шығаратын ұйымдарда жақсы гигиеналық жағдайларда жұмыс істеу үшін жеткілікті орын болуы керек. Үй-жайдың схемасы өнімнің ластануын толығымен болдырмауы керек.

4) Барлық кабельдер мен құбырлар мұқият тігілген және қабырға беттеріне тереңдетілген болуы керек.

5) Ішкі қабырғалардың соққыға және суға төзімді тегіс беті болуы керек. Олар арнайы жылтыратылған тақтайшалармен қапталған немесе ашық түске боялған және көп қиындықсыз жуылуы керек. Төбелер де ашық түске боялып, су өткізбейтін етіп жасалуы керек.

6) Өндіріс объектілерінің схемасы барлық жүріп жатқан технологиялық процестердің ағынын қамтамасыз етуі, сондай-ақ жартылай фабрикаттарды, қалдықтарды, шикізаттың жүк ағындарын дайын өнімнің жүк ағынымен кесіп өту мүмкіндігін толығымен болдырмауы керек.

7) Өндірістік үй-жайларда көгеру пайда болған жағдайда, оның пайда болған жерлерін тазарту және рұқсат етілген препараттармен бояулармен бояу керек.

8) Дезинфекциялық және жуғыш заттарды, сондай-ақ тазалау құралдарын сақтау үшін бөлек қоймалар мен шкафтарды пайдалану керек.

9) Желдету болған кезде қоймаларды, тоңазытқыштарды, қосалқы бөлмелерді жертөлелерде құрылыс нормаларына сәйкес орналастыруға рұқсат етіледі.

10) Суық және ыстық суы бар, сабынмен, бір рет қолданылатын сүлгілермен, дезинфекциялық ерітіндімен жабдықталған раковиналар болуы керек.

### **3.11 Өнеркәсіптік шаң**

Өнеркәсіптік шаңды ауада ілінген, баяу тұндыратын, мөлшері микронның бірнеше ондаған фракцияларына дейінгі қатты бөлшектер деп атайды. Көптеген өнеркәсіптік шаңдар аэрозоль болып табылады.

Бөлшектердің өлшемі (дисперстілігі) бойынша көрінетін шаң, микроскопиялық және ультрамикроскопиялық болып бөлінеді.

Жалпы қабылданған классификация бойынша өнеркәсіптік шаңның барлық түрлері органикалық, бейорганикалық және аралас болып бөлінеді. Біріншісі, өз кезегінде, табиғи (ағаш, мақта, зығыр, жүн, т.б.) және жасанды (пластик, каучук, шайыр, т.б. шаң) шыққан шаңға, ал екіншісі - металға (темір, мырыш) бөлінеді алюминий және т.б.) және минералды (кварц, цемент, асбест және т.б.) шаң. Шаңның аралас түрлеріне құрамында көмірдің, кварцтың және силикаттардың бөлшектері бар көмір шаңы, сондай-ақ химия өнеркәсібінде және басқа да салаларда пайда болатын шаңдар жатады.

Шаңның сапалық құрамының ерекшелігі адам ағзасына әсер ету мүмкіндігі мен сипатын анықтайды. Шаң бөлшектерінің пішіні мен консистенциясының белгілі бір маңызы бар, олар көбінесе бастапқы материалдың табиғатына байланысты. Сонымен, ұзын және жұмсақ шаң бөлшектері жоғарғы тыныс алу жолдарының шырышты қабатына оңай түседі және созылмалы трахеит пен бронхит тудыруы мүмкін. Шаңның зиянды әсерінің дәрежесі оның дене сұйықтықтарында ерігіштігіне де байланысты. Улы шаңның жоғары ерігіштігі оның зиянды әсерін күшейтеді және тездетеді.

## **4 ЭКОНОМИКАЛЫҚ БӨЛІМ**

### **4.1 Роботтарды енгізудің экономикалық тиімділігі**

Роботтар физикалық шектеулерге байланысты адам орындай алмайтын әрекеттерді роботтардың жасай алатындығына байланысты роботтарды пайдаланудың экономикалық тиімділігі тәжірибеде дәлелденді.

Ауыр заттарды орнату, орнату, тасымалдау - бұл роботтарды қолданудың негізгі профилі.

Мысалы, машина жасау саласында бөлшектердің үлкендігінен және соның салдарынан өндірістің еңбек сыйымдылығынан қолмен орындалмайтын ауыр бөлшектерді жылжыту және жинау қажет.

Микроэлектроника салаларында роботтар да тиімді. Робот баспа платаларына элементтерді дәл және жылдам орнатуға, уақыт өте келе нәтижені нашарлатпай, микроэлементтерді нүктелік дәнекерлеуді жүзеге асыруға қабілетті.

### **4.2 Роботтандыру құнын төмендету жолдары**

Робот неғұрлым жақсырақ және тиімдірек болса, соғұрлым сапалы бөлшектерді қажет етеді, соғұрлым ол қымбатырақ және қымбатырақ техникалық қызмет көрсетуді талап етеді.

Төмен бағаға анық төмен роботтарды сатып алудан басқа, роботтандырудың экономикалық шығындарын азайтудың келесі жолдары бар:

- 1) Роботтардың жоғары сапалы жұмысы. Көбінесе жабдықтың тез істен шығуының себебі роботтардың дұрыс жұмыс істемеуі болып табылады. Тозу режимінде жұмыс істей отырып, қозғалтқыштардың үнемі қызып кетуін бастан кешіретін робот өте тез істен шығуы мүмкін. Идеалды жағдайларда роботтарға мерзімді техникалық қызмет көрсету, соның ішінде бағдарламалық қамтамасыз ету мен жабдықтың өзін диагностикалау, негізгі элементтерді тазалау және майлау, сондай-ақ тозған бөлшектерді ауыстыру қажет;
- 2) Өндіріс көлемін ұлғайту. Өндіріс көлемінің ұлғаюы пайданың ұлғаюына әкеледі, ол негізінен роботтарды пайдалану шығындарын өтеуге қабілетті;
- 3) Жүйенің артық болуы. Жабдық істен шыққан жағдайда бүкіл желідегі өндіріс процесі тоқтауы мүмкін. Бұл шешім құрал-жабдықтың құны бойынша үнемді емес, бірақ негізгісі жөнделіп жатқанда оны тез ауыстыру және өндірістік желіні күту режиміндегі жабдықта қалыпты режимде іске қосу арқылы жабдық істен шыққан жағдайда шығынды азайтуға мүмкіндік береді;
- 4) Нақты тапсырмалар үшін қолайлы роботтарды пайдалану. Роботтарды таңдау робот орындайтын мақсатты міндеттерге сәйкес жүргізілуі керек. Бұл ең алдымен еңбек өнімділігіне қатысты. Егер роботтың мүмкіндіктері

өндірістік желіде талап етілетіннен айтарлықтай жоғары болса, ұтымды шешім - қуатты азырақ роботты төмен бағамен сатып алу, бұл тапсырманы орындау үшін жеткілікті болады. Және керісінше, егер роботтың мүмкіндіктері талап етілетін өндірістік мүмкіндіктерден айтарлықтай төмен болса, әлсіз роботты оның сөзсіз сәтсіздігімен тозуға мәжбүрлеуден гөрі күштірек роботты сатып алу керек. және өндіріс көлемінің төмендеуі;

### 4.3 Манипуляциялық роботтың құнын есептеу

Құн түсінігі роботтың нақты құнын, сонымен қатар оны орнату, бағдарламалау және пайдалану шығындарын қамтиды. Роботтың құны оның көлеміне, өндіріс шығындарына және өндірушіге байланысты. Қазіргі валюта бағамын ескере отырып, өндірістік манипуляциялық роботтың құнын 40 000-50 000 мың долларға бағалауға болады.

4.1-кестеде өндірістік желіге бір манипуляциялық роботты енгізуге кететін шығындар тізбесі көрсетілген.

#### 4.1-Кесте – Роботтарды енгізу тізімі мен құны

№	Бөлшектердің, құрылғылардың және есептеу техникасының атауы	Жалпы құны, тг
1	Робот құны	25.000.000
2	Монтаж бен орнастыру қызметтері	500.000
3	Калибрлеу қызметі	250.000
4	Программалау	250.000
5	Электр шығындары	40.000/айына
6	Запчасти сатып алу	10.000.000
7	Диагностика мен тексеру	250.000
8	Техникалық қызмет көрсету	1.000.000
Жалпы құны		37.290.000

Көріп отырғаныңыздай, роботтарды енгізу өте қымбат жұмыс болып табылады және өндіріс түріне байланысты бір зауыт ішінде бірнеше осындай роботтар қажет.

### 4.4 Қызмет көрсету персоналының шығындары

Манипуляциялық роботқа қызмет көрсету үшін кем дегенде үш маман болуы керек: жабдықтың техникалық жағдайын және бағдарламалық

жасақтаманың күйін бағалайтын және пайда болған қателерді түзететін автоматика инженері.

Өндірістегі автоматика инженерінің орташа жалақысы 450 000 теңгені құрайды.

Сонымен қатар, жабдықты құрастырып, бөлшектейтін монтажшылардың қызметі қажет.

Монтаждаушының орташа жалақысы 200 000 теңге. Кемінде екі орнатушы қажет.

Қызмет көрсететін адамның жалпы құны айына 850 000 теңгені құрайды.

#### 4.5 Электр энергиясы шығындары

Роботтар кәдімгі айнымалы ток желісінен қуат алады. Сонымен қатар, роботтардың кейбір үлгілерінде автономды қуат көздерін орнатуға болады.

Автокөлік батареялары қуат көзі ретінде қызмет ете алады. Бір Varta аккумуляторының құны 80 000 теңге болады

Батареяны толық зарядтау 1000 теңге тұрады.

Магистральдық қуатқа арналған экономикалық шығындар:

$$W = 5 \times \frac{C}{100U} \times P \quad (4.1)$$

Бұл теңдеуде:

W - ай сайынғы электр энергиясына шығындар;

M - қуат тұтыну;

U - кернеу;

P – бір кВтсағ құны;

$$W = \frac{10000}{10 \times 220} \times 20 = 400 \quad (4.2)$$

Есептеулер көрсеткендей, робот бір сағат жұмыс істегенде 70 теңгеге электр энергиясы жұмсалады екен. Айына 22 жұмыс күні 10 сағат жұмыс істеу шартымен электр энергиясының құны айына 15 000 теңгені құрайды.

#### 4.6 Роботтың өтелу мерзімі

Роботтың өтелуі ең алдымен өндіріс түріне байланысты. Мысалы, орташа құны 10 000 000 теңгені құрайтын автокөліктер шығаратын машина



жасау зауыты алынады. Шикізат құны орта есеппен 3 500 000 теңгені құрайды, 100 роботты қосқанда өндірістік роботтар тізбегін енгізу құны кемінде 40 000 000 000 теңгені құрайды. Техникалық қызмет көрсету құны мен зауыттың өнімділігі тәулігіне 25 көлікті құрайды. Қызметкерлер мен қызмет көрсетушінің құны ай сайын 85 000 000 теңгені құрайды.

Кәсіпорынның айлық пайдасын есептейміз:

$$10.000.000 \times 25 \times 22 = 5.500.000.000 \quad (4.2)$$

Өндірістің өтелу уақыты  $F$ :

$$5.5000.00.000 \times 12F = 40.000.00.000 + 85.000.000 \times 12F + 4.000.000 \times 12F$$

$$F = 3.67$$

Нәтижесінде, машина жасау зауыты шамамен 3,5 жылдан кейін пайда таба бастайды екен.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Осы жұмысты орындау барысында робототехниканың өнеркәсіптік мақсаттарда ағымдағы қолданылуына талдау жүргізілді. Роботты өндірістің әртүрлі салаларында қолданудың классикалық мысалдары сипатталған. Роботтардың классикалық дизайны сипатталды және жабдықтың белгілі бір түрінің функционалдығы қарастырылды.

Төрт X айналмалы кинематикалық байланысы бар манипуляциялық робот қарастырылды. Бұл робот үшін жұмыс кеңістігі сипатталды және модельденді, бұл беттердің шектеулеріне байланысты. Роботтар үшін жұмыс кеңістігін алу жолдары математикалық сипатталған және негізделген. Әр жазықтық үшін өзгеретін параметрлерді ескере отырып, жұмыс кеңістігіне қойылатын шектеулер есептелді.

Екінші тарауда құрылған функционалдық диаграмма негізінде манипуляциялық роботтың математикалық моделі таңдалып, талданған. Бұл математикалық модель тұрақтылыққа сыналған, ол үшін өтпелі процестердің графиктері тұрғызылған, жиілік пен амплитудада тұрақтылық шегі табылған, амплитудалық-жиілік сипаттамаларының графиктері салынған. Жүйе MATLAB ортасында модельденді. Жүйе үшін пайданың шекті мәні алынды.

Алынған математикалық модельді талдау барысында оның асып кету және тербеліс саны бойынша сапа критерийлеріне сәйкес келмейтіні анықталды. Жүйені жетілдіру мақсатында жүйеге реттеуші енгізу туралы шешім қабылданды. Олар статикалық қатені толығымен жойған I-регуляторы болды, сонымен қатар жүйені қажетсіз ауытқулардан құтқарды және асып кетуді толығымен алып тастады.

## ПАЙДАЛАНҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Кангин М.В. Гибкие автоматизированные производства - 2012. – С.15-17.
- 2 Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление . Изд. Солон-Пресс - 2007. – С.65-72.
- 3 Юревич Е.И. – основы робототехники. Изд. Машиностроение. Ленинградское отделение. 1985 – С.52-62
- 4 Бернштейн Н. А. О построении движений. - 2012. – С.45-63.
- 5 Чмиль В.П. Теория механизмов и машин. – Изд. Лань 2012. – С.23-33.
6. Фролов К.В. Воробьев Е.И. Механика промышленных роботов 1988. С.36-43
- 7 Бесекерский В.А., Попов Е.П. - Теория систем автоматического регулирования, Изд. М.: Наука, 1972. С. 302-317
- 8 Воронов А.А. Теория автоматического управления. Изд. М.: Высш. шк., 1986. — С. 32-38
- 9 Бобкова О.В. Охрана труда и техника безопасности. Изд. Омега-Л, 2010 г. – С. 23-25
- 10 Бобкова О.В. Охрана труда и техника безопасности. Изд. Омега-Л, 2010 г. – С. 54-62
- 11 Безопасность и охрана труда в РК. Сборник нормативных актов. Правила и требования. Типовые инструкции. Изд. Лем, 2020 г. С. 66-72
- 12 Безопасность и охрана труда в РК. Сборник нормативных актов. Правила и требования. Типовые инструкции. Изд. Лем, 2020 г. С. 87-94
- 13 Бобкова О.В. Охрана труда и техника безопасности. Изд. Омега-Л, 2010 г. – С. 75-79
- 14 Безопасность и охрана труда в РК. Сборник нормативных актов. Правила и требования. Типовые инструкции. Изд. Лем, 2020 г. С. 112-117
- 15 Белявин К.Е. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок Изд. Москва 2007 г. С. 52-66
- 16 Белявин К.Е. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок Изд. Москва 2007 г. С. 73-81