

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**  
Автоматтандыру және басқару  
кафедрасының меңгерушісі,  
физика – математика ғылымдарының  
кандидаты

Алдияров Н.У



Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНДІРМЕ ЖАЗБА**

Тақырыбы «Құрылыс жұмыстарына арналған манипулятордың гидравликалық жетегіне  
басқару жүйесін құру»

6B07103 - «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығы

Орындаған:

Бірімкүл Еркін

Рецензент:

Ғылыми жетекші:

Доктор PhD, доцент  
*Е.Ж. Орақбаев*  
Орақбаев Е.Ж.  
«01» 06 2023 ж.

Доктор PhD, қауымдастырылған профессор  
*Қ.А. Абжапаров*  
Абжапаров Қ.А.  
«02» 06 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ  
«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық  
смс акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

6B07103 - «Автоматтандыру және роботтандыру» мамандығы

**БЕКІТЕМІН**

Автоматтандыру және басқару  
кафедрасының меңгерушісі,  
физика-математика ғылымдарының  
кандидаты

Алдияров Н.У

«07» 06 2023 ж.

**Дипломдық жобаны орындауға арналған  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Бірімқұл Еркін Ерболұлы

Жобаның тақырыбы: «Құрылыс жұмыстарына арналған манипулятордың гидравликалық жетегіне басқару жүйесін құру»

Университет проректоры Б.А.Жаутиковтың «23» қараша 2022 ж. № «408-П/Ө» бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «7» 06 2023 ж.

Дипломдық жобада әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

а) кіріспе;

б) технологиялық бөлім, арнайы бөлім, басқару бөлімі;

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):  
функционалдық сұлба

Жұмыс презентациясы \_\_ слайдтарда көрсетілген.


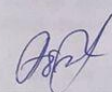
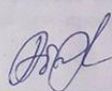
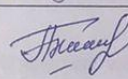
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 15 атаулардан тұрады.

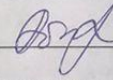



Дипломдық жобаны дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Технологиялық бөлім	15.02.23 - 3.03.23	
Арнайы бөлім	13.03.23 - 17.04.23	
Басқару бөлімі		

Аяқталған дипломдық жоба үшін, оған қатысты бөлімдердің жобасын көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Технологиялық бөлім	Абжапаров Қ.А., PhD доктор, қауымдастырылған профессор	31.05.2023	
Арнайы бөлім	Абжапаров Қ.А., PhD доктор, қауымдастырылған профессор	31.05.2023	
Басқару бөлім	Абжапаров Қ.А., PhD доктор, қауымдастырылған профессор	31.05.2023	
Норма бақылаушы	Женіс А.Б, техника ғылымдарының магистрі, ассистент	29.05.2023	

Ғылыми жетекшісі  Абжапаров Қ.А.

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Бірімқұл Е.Е

Күні « 7 » 06 2022 ж.

## АНДАТПА

Жұмыста Бетон жұмыстары үшін жартылай автоматты манипуляторды қолдану зерттелді. Бетон жұмыстарын өндіруді роботтандыру деңгейінің технологиялық операцияларына талдау жүргізілді және бетон жұмыстарын орындау процесін автоматтандыру қажеттілігі негізделді.

Екінші тарау оның математикалық моделіне негізделген бетон жұмыстарына арналған манипуляторды зерттеуге арналған. Манипулятордың кинематикалық және динамикалық міндеттеріне талдау жасалды, гидравликалық жетектерді дроссельмен басқару жүйесі зерттелді, Simulink Matlab кітапханасын қолдана отырып, электрогидравликалық жетекті компьютерлік модельдеу жүргізілді.

Үшінші тарауда бетон жұмыстарына арналған манипуляторды басқару бағдарламасы жасалды. Манипуляторды басқару жүйесінде процесс менеджері SIMATIC бағдарламалық жасақтамасын басқаратын simenses7-315 модульдік бағдарламаланатын контроллерлер (PLC) болып табылады.

## АННОТАЦИЯ

В работе исследован использование полуавтоматического манипулятора для бетонных работ. Проведен анализ технологических операций уровня роботизация производства бетонных работ и обоснована необходимость автоматизации процесса выполнения бетонных работ.

Вторая глава посвящена исследованию манипулятора для бетонных работ на базе его математической модели. Выполнен анализ кинематических и динамических задач манипулятора, исследована система управления гидравлическими приводами дроссельным регулированием, выполнено компьютерное моделирование электрогидравлического привода с применением библиотеки Simulink Matlab.

В третьей главе разработана программа управления манипулятором для бетонных работ. В системе управления манипулятором менеджером процесса является модульные программируемые контроллеры (ПЛК) SIMENSES7-315 под управлением программного обеспечения Simatic.

## ANNOTATION

The paper investigates the use of a semi-automatic manipulator for concrete work. The analysis of technological operations of the level of robotization of concrete work production is carried out and the need for automation of the process of concrete work is justified.

The second chapter is devoted to the study of the manipulator for concrete works on the basis of its mathematical model. The analysis of kinematic and dynamic tasks of the manipulator is carried out, the control system of hydraulic drives by throttle control is investigated, computer modeling of an electrohydraulic drive using the Simulink Matlab library is performed.

In the third chapter, a manipulator control program for concrete works has been developed. In the manipulator control system, the process manager is modular programmable controllers (PLC) SIMENSES7-315 under the control of Simatic software.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Технологиялық бөлім	8
1.1 Бетон жұмыстарын өндіруді роботтандыру	8
1.2 Бетонды беруге және төсеуге арналған роботтар	15
1.3 Мехатрондық тайғанақ кешенді басқару принциптері	23
2 Арнайы бөлім	25
2.1 Манипулятордың кинематикалық және динамикалық міндеттерін талдау	25
2.2 Жылдамдықты дроссельдік реттеуге ие қадағалаушы гидрожетекті модельдеу	34
2.3 Техникалық құралдар кешенін (ТҚК) таңдау	37
2.4 Төменгі деңгейлі ТҚК таңдау	38
2.5 Қысымды өлшеуге арналған аспап	41
2.6 Бағдарламаланатын логикалық контроллерлерді (БЛК) таңдау	41
3 Басқару бөлім	45
3.1 Бағдарламалық қамтылым құрылымы	45
3.2 Simaticmanager	48
3.3 SIMATIC WinCC адами-машиналық интерфейсi	50
3.4 Бағдарламаны кіші жүйелерге бөлу	51
3.5 Бағдарлама LAD тілінде жазылған	52
Қорытынды	66
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	67

## КІРІСПЕ

Манипулятор дегеніміз жалпы құралдардың немесе еңбек объектілерінің және құрылымдық тораптар мен элементтердің кеңістік жағдайын басқару механизмі болып табылады. Манипуляторлар адам қолы жетпейтін немесе қауіптілігі жоғары ортада яғни терең су астында, вакуумде, радиоактивті және басқа да агрессивті ортада көмекші жұмыстарын орындайды. Қысқаша айтқанда манипуляторлар механикалық қол деп аталады.

Зерттеу объектісі бетон жұмыстарына арналған гидравликалық жетегі бар жартылай автоматты манипулятор болып табылады.

**Жұмыстың практикалық маңыздылығы** - онда ұсынылған құрылымдар, модельдер, әдістер мен алгоритмдер қажетті дәлдікті қамтамасыз ететін, жұмыстың еңбек сыйымдылығын төмендететін және олардың орындалу сапасын арттыратын жартылай автоматты манипуляторларды әзірлеуге мүмкіндік береді.

**Дипломдық жұмыстың мақсаты** - құрылыс манипуляторының жұмыс органының оңтайлы траектория бойынша қозғалу процесін автоматтандырылған түрде модельдеу әдісін құру.

**Жұмыстың өзектілігі.** Құрылыста ең көп сұранысқа ие материалдардың бірі бетон болып табылады, оның өндірісі үнемі артып келеді, бірақ оған деген қажеттілік одан да қарқынды өсуде. Бұл тұрғын үй, азаматтық және өндірістік құрылыстың кеңеюіне, сондай-ақ жеке учаскелердің салынуының өсуіне байланысты.

Бетон жұмыстарының технологиясын дамыту бетон қоспасын беруді, таратуды және төсеуді кешенді механикаландыру міндеттерін бірінші кезекте шешуді көздейді. Құрылыс алаңдарында құрылымға бетон қоспасын үздіксіз беру мен төсеуді орындайтын және бетондаудың белгіленген қарқынын қамтамасыз ететін машиналар мен жабдықтар талап етіледі.

# 1 ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БӨЛІМ

## 1.1 Бетон жұмыстарын өндіруді роботтандыру

Заманауи құрылыс бетон жұмыстарының үлкен көлемін орындаумен сипатталады. Монолитті бетон мен темірбетонды пайдалану көлемі 130 млн.м<sup>3</sup> асады және бұл шама одан әрі ұлғаюда. Монолитті бетон көлемінің шамамен 80%-ы өнеркәсіптік құрылыста, бірінші кезекте, ғимараттар мен құрылыстардың жерасты бөліктерінің конструкциясын және технологиялық жабдыққа арналған іргетастарды тұрғызу үшін пайдаланылады. Монолитті бетон мен темірбетон мұржаларды, градирняларды, сүрлемдерді, ауыр колонналарды, әртүрлі резервуарларды, энергетикалық нысандарды, тіреуіш қабырғаларды, күрделі аркалық және күмбезді жабындарды тұрғызу үшін кеңінен қолданылады. Монолитті бетон мен темірбетон едендерді, кірме жолдарды орнату үшін пайдаланылады. Азаматтық құрылыста монолитті бетон және темірбетон конструкцияларына деген қызығушылық артып келеді. Монолитті конструкциялар қоғамдық мақсаттағы көпқабатты ғимараттар мен көпқабатты тұрғын үйлерді салу үшін қолданылады. Күрделі, пішіні бойынша мәнерлі жоспарлармен және көлем үйлесімдерімен ерекшеленетін қабаттылығы жоғары ғимараттар монолитті темірбетоннан тұрғызылады. Монолитті бетон сейсмикалық қауіптілігі жоғары аудандардағы құрылыс кезінде тиімді.

Дайындау процестерін индустрияландыру, робототехника мен микропроцессорлық техниканың жетістіктерін пайдалану негізінде кешенді механикаландыру және автоматтандыруды кеңінен енгізу бетон жұмыстарының тиімділігін арттырудың басты бағыты болып табылады. Монолитті бетон мен темірбетоннан жасалған конструкцияларды тұрғызу дайындау, тасымалдау және монтаждау-төсеу операцияларынан тұратын жұмыстар кешенін қамтиды. Бетон жұмыстары технологиясының даму бағыттары бірінші кезекте бетон қоспасын беруді, таратуды және төсеуді кешенді механикаландыру міндеттерін шешуді көздейді. Құрылыс алаңдарында конструкцияда бетон қоспасын үздіксіз беруді және төсеуді жүзеге асыра алатын және бетондаудың белгіленген қарқынын қамтамасыз ете алатын машиналар мен жабдықтар талап етіледі. Бұл ретте бетонның төселу орындары нөлдік белгіден төмен, сондай-ақ одан едәуір биіктікте орналасуы мүмкін. Олар елеулі дәрежедегі габариттер мен көлемдерге ие болуы мүмкін. Бетон сорғыларын, құбыржол көлігін, арнайы бетон төсегіштерді, бетон төсеуші жебе-манипуляторларды және роботтарды пайдалану бетон қоспасын беру мен төсеудің еңбек сыйымдылығын қысқарту, ауыр қол еңбегін жою және еңбек өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Олар әсіресе үлкен алаңдарды бетондау және монолитті темірбетон ғимараттарын тұрғызу кезінде тиімді. Топсалы-үлестіргіш жебелер бетонқұбырларды құрайтын манипуляторлар болып келеді, олар қолмен, қашықтан немесе бағдарламамен басқарылуға ие. Олар автобетон сорғыларына, айналмалы платформаларға, уақытша және стационарлық тіректерге, мұнаралы крандарға монтаждалады. Құрылыс алаңдарында топсалы-үлестіргіш жебелі автобетонсорғылар кең қолданысқа ие

болуда. 1.1-суретте гидравликалық басқарғыға ие манипулятор жебемен жабдықталған автобетонсорғы көрсетілген. Автобетонсорғының жебесі икемді жеңмен аяқталатын бетонқұбыр арқылы өтетін топсалы-буындасатын секциялардан тұрады. Манипулятор жебе 3 – 5 секцияға ие. Мұндай манипулятор машинаның бір тұрағынан бетон қоспасын 20 м дейінгі радиуста бетондалатын конструкцияның кез келген нүктесіне 22 м дейінгі биіктікке жеткізуге мүмкіндік береді.



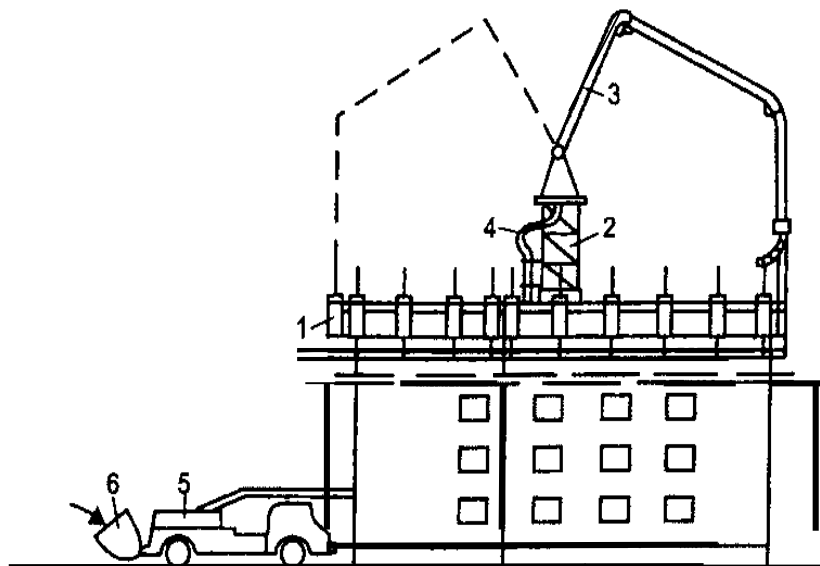
1.1 - сурет – Топсалы-үлестіргіш жебеге ие автобетонсорғы

Жебенің қалпын басқаруды машинист машинада орналасқан пульттен жүргізеді. Топсалы-үлестіргіш жебеге ие кейбір автобетонсорғылар операторға бетон төсеу орнынан жебенің орнын ауыстырды басқаруға мүмкіндік беретін радиобасқару жүйесімен жарақтандырылған. Манипуляторды жұмыс қалпынан көліктік қалыпқа ауыстыру 20-30 минутты алады. Бұл жайт қондырғыны көптеген нысандарда ұтымды пайдалануға мүмкіндік береді. Манипулятор жебелерге ие автобетонсорғыларды қолдану практикасы олардың жоғары тиімділігін көрсетті. Бұл жабдықты бетон жұмыстарының көлемі бытыраңқы орналасқан объектілерге енгізу бетон қоспасын төсеу бойынша көп еңбекті қажет ететін операцияларды жоюға, жұмысшыларды физикалық еңбектің үлкен шығындарынан, лас және зиянды жұмыстардан арылтуға мүмкіндік береді.

Ауыстырмалы және тайғанақ қалыптардың көмегімен зәулім монолитті ғимараттар мен құрылыстарды тұрғызу кезінде манипулятор жебелерді пайдалану жоғары экономикалық көрсеткіштерді береді. Бұл жағдайда қалыптың жұмыс еденіне айналмалы платформасы бар тірек мұнарасы орнатылады, содан осы мұнараға бетонқұбыры бар манипулятор жебе монтаждалады. Жебенің бетонқұбыры тік құбыржол арқылы құрылыстың негізінің жанында орналастырылатын автобетонсорғыға жалғанады.



Монолитті құрылыста бетон қоспасын төсеу үшін манипуляторларды қолдану қол еңбегінен бас тартуға және осы процесті автоматтандыруға мүмкіндік береді. Әсіресе тайғанақ қалыпта бетондау кезінде манипуляторлардың перспективасы жоғары. Бұл жағдайда бетон қоспасын автоматтандырылған төсеуді, оны тығыздауды, арматураны орнатуды және қалыпты көтеруді басқаруды қамтамасыз ететін роботтандырылған тайғанақ кешендерді қалыптастыруға болады.

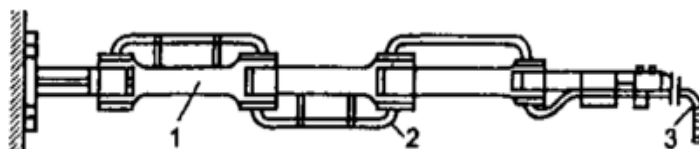


1.2 - сурет – Монолитті ғимараттарды тұрғызу кезінде манипулятордың бетон қоспасын беруі

1.2 - суретте: 1 – тайғанақ қалып; 2 – тірек мұнара; 3 – манипулятор жебе; 4 – бетонқұбыр; 5 – автобетонсорғы; 6 – қабылдау бункері.

Олар монолитті құрылыстың көлемін едәуір кеңейтуге және оның өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік береді. Топсалы үлестіргіш жебелер шетелде кеңінен таралып отыр. Олардың жалпы ұзындығы 32 м-ге дейін жететін бес немесе одан кем секциясы болады және стационарлық немесе алынбалы нұсқаларда бетонсорғыларымен жиынтықта шығарылады. Германия мен Жапония елдері мұндай жабдықтың жетекші өндірушілері болып табылады. Жапонияда бетон қоспасын қалыптарға көлденең үлестіруге арналған робот әзірленіп шығарды. Ол, 1.2-суретте көрсетілгендей, уақытша немесе тұрақты тіректе ұстағыштардың көмегімен нығайтылады. Роботтың манипуляторы қорап тәріздес пішінді төрт буыннан тұрады. Буындардың буындасатын орындарында пластмассадан жасалған мойынтіректер орнатылған. Әрбір буын гидравликалық қозғалтқыштардың көмегімен бұрылады. Бетон қоспасын төсеу операцияларын жақсарту үшін буындардың айналу орталықтары осьтерге қатысты аздап эксцентрикалық орналасқан. Манипулятордың алдыңғы буынында икемді жеңді тік жазықтықта (жоғары-төмен) жылжытуға арналған жетек орнатылған, бұл артықшылығы бетондау процесінде шығыңқы арматураға және басқа

кедергілерге жоламауға мүмкіндік береді. Бетон қоспасын тасымалдау үшін манипулятордың буындарында диаметрі 125 мм болатын, ажыратылатын қосылыстарға ие құбырлар бекітілген. Соңғы буынға бетонқұбырға жалғанған икемді жең орнатылған. Басқару пульті жылжымалы болып орындалған және төртінші буынға орнатылған. Сондай-ақ роботты қашықтықтан басқару қарастырылған. Гидравликалық жетек әдетте бірінші буынға орналастырылады және буындардың біркелкі орын ауыстыруын қамтамасыз етеді. Манипулятор бетон қоспасын тығыздау үшін дірілдеткіштермен немесе әрлеу жұмыстарына арналған құралмен жабдықталады. Қосымша жабдықтаманың массасы 100 кг-ға жетуі мүмкін. Жұмыс қауіпсіз болуы үшін манипулятордың әр буынында жыпылықтайтын сигнал шамдары және дыбыстық зуммерлер орнатылған, олар робот қосылған кезде жұмыс істей бастайды. Манипулятордың төрт секциялы үлестіргіш жебесі жұмыс алаңының 990 м<sup>2</sup> дейінгі қамтылуын қамтамасыз етеді. Кез келген буынның айналуы кезінде жұмыс органы қозғалысының максимал жылдамдығы 1 м/с-тен аспайды. Объектіде роботты монтаждау уақыты шамамен 1 сағ. құрайды. Робот бетон қоспасын 170 м<sup>3</sup>/сағ дейінгі беру өнімділігімен жұмыс істей алады. Сипатталып өткен роботты бетон жұмыстарының үлкен көлемін қамтитын бірқатар әкімшілік ғимараттар мен өндірістік нысандардың құрылысында қолдану бетон қоспасын төсеу мен тығыздау бойынша ауыр жұмыстарды болдырмауға, осы операцияларда жұмыс істейтін жұмысшылардың санын азайтуға, және алынатын темірбетон конструкцияларының сапасын арттыруға мүмкіндік берді.



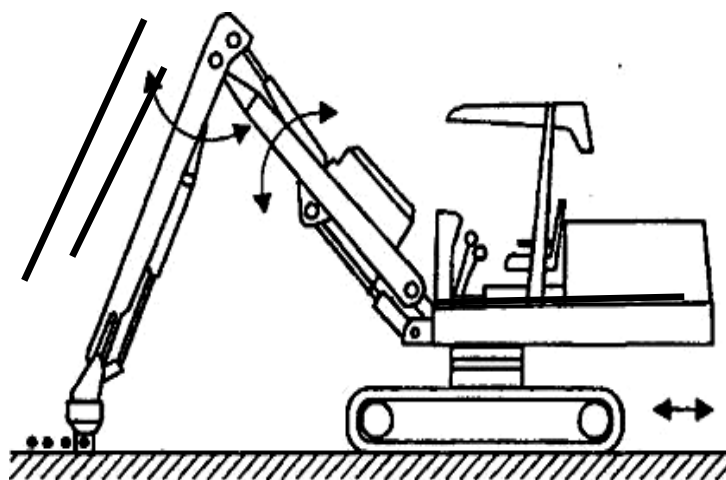
1.3 - сурет – Бетонды көлденең төсеуге арналған манипулятор

1.3 - суретте: 1 – манипулятор буындары; 2 – бетонқұбыр; 3 – икемді жең.

Жапонияда ұсынылған, мұнаралы кранынан және бір оператормен басқарылатын манипулятордан тұратын бетонды беру және үлестіру жүйесі қызығушылық тудыруда. Кран-манипулятордың атқарушы құрылғысының схемасы басқарылатын кеңістіктік бағдарлауды және белгіленген дәлдікпен тұрғыландыруды қамтамасыз етеді. Ол үшін атқарушы құрылғы, дәстүрлі құрылыс крандарына қарағанда, қатаң кинематикалық схема бойынша құрастырылған.

Бетон жұмыстарын құрылыс алаңдарында жүргізу кезінде арматураны орнатуға байланысты қол операцияларының үлкен көлемін орындауға тура келеді. Бірыңғайланған арматуралық бұйымдарды қолдануға қарамастан, оларды орнату үлкен еңбек сыйымдылығымен сипатталады. Арматуралық торларды орнатуға және дәнекерлеуге арналған ауыспалы жұмыс органдарының жиынтығына ие манипуляторлар мен робототехникалық құрылғыларды

пайдалану еңбек өнімділігін арттыруға және ауыр қол еңбегінен бас тартуға мүмкіндік береді. Арматураның ауыр сырықтарын автоматтандырылған төсеуді Жапонияда әзірленіп, енгізілген, 1.4-суретте көрсетілген робот қамтамасыз етеді. Ол гидравликалық экскаватор негізінде орындалған және борттық микроЭЕМ-мен жабдықталған. Оны өнеркәсіптік құрылыста, салмағы 100 кг-ға дейінгі арматура сырықтарының көп санын төсеу кезінде пайдаланған тиімді. Бұл жағдайда роботты қолдану жұмыстарды жүргізу уақытын едәуір қысқартады, еңбек жағдайларын жақсартады және жұмысшылар санын қысқартады. Машинаны басқару жүйесі үш жұмыс режимін қарастырады: кабинадан тікелей басқару, шығарылатын пульттен қашықтан басқару және автоматтандырылған басқару. Роботты басқару бағдарламасы оператормен белгіленетін бекітілген кадаммен үлкен өлшемді арматура сырықтарын автоматты түрде орналастыруға мүмкіндік береді.



1.4 - сурет – Арматуралық сырықтардың дәнекерін төсеуге арналған робот

Құрылыс алаңдарында бетон едендерді тазадай тегістеуге және ажарлауға арналған робототехникалық жүйе қолданыс табуда. Бұл жүйе қатпаған бетон бойымен қозғалысты орындайтын, төселген бетонды тегістеуді, төсемді орналастыруды жүргізетін, сондай-ақ едендерді қырнаууды және түпкілікті әрлеуді орындайтын көпфункционалды құрылғы болып табылады. Жүйе доңғалақты шассиі, еденді өңдеуге арналған жұмыс құралын құрайтын екі буынды қолы бар мобильді құрылыс роботы болып келеді. Актуатордың диаметрі 102 см. Жүйе бағдарлама бойынша автоматты режимде жұмыс істейді, бұл ретте осы бағдарлама бойынша еденнің өңделетін бетінің геометриялық параметрлеріне қойылатын талаптар, сондай-ақ орын ауыстыру маршруты мен жылдамдығы белгіленеді. Қозғалысты басқару үшін гидрокомпас, саңылауды және бүйір бетіне жанасуды анықтайтын сенсорлық бергіштерді құрайтын жол өлшегіш құрылғы қолданылады. МикроЭЕМ негізіндегі басқару жүйесі гидрокомпас пен локация деректері бойынша борттық навигациялық жүйеден басқарылуы кезінде автономды қозғалысты қамтамасыз етеді. Машинаның қозғалыс жылдамдығы 0-ден 12 м/мин-ге дейін өзгереді, ал оның өнімділігі 1

сағатына өңделетін беттің 200-300 м<sup>2</sup> құрайды. Бүрікпе-бетондау робототехника құралдарын пайдаланудың перспективалық бағыты болып табылады. Норвегияда суландырылған бетон қоспаларымен бүрікпе бетондауға арналған роботтандырылған кешен кең қолданысқа ие болып отыр. Роботтармен басқарылатын атқарушы жабдық 20 м<sup>3</sup>/сағ дейінгі өнімділікті қамтамасыз етеді, бұл ретте сусыма 5—10% құрайды. Сорғылық және үлестіргіш жабдықтар шассиге немесе өздігінен жүретін арбаларға монтаждалады, ал бетон қоспасы автобетонараластырғыштан келіп түседі. Бүрікпе-бетондау процесін оператор басқарады.

Normet өзінің соңғы нақты бүріккіш енгізуде, ол 1.5-суреттегі Sprauces 5070 VC қондырғысында көрсетілген, ол зауыттан жеткізу үшін қолжетімді. Tier 4 Final (IV кезең) қозғалтқышы жерасты құрылыс саласына бағытталған көлік құралдары компаниясының флотына соңғы қосымша болып келеді. Ол 20-21 мамырда Финляндияның Тампере қаласында EuroMining көрмесінде көпшілік назарына ұсынылды. Sprauces 5070 VC орташа қуатты бүрку жұмыстарына арналған және оларды Sprauces 8100 BK қатарынан шыққан қондырғылардың «кіші бауыры» ретінде қарастыруға болады, себебі ол сол бір өнімділігі жоғарытасығышты пайдаланады, бірақ төменірек өткізу қабілеттілігіне ие бүрку мүмкіндігімен жеткізіледі. Ерекшеліктер қатарына бум бүркуге арналған жаңа SB307 кіреді, ол тоннельдік юейіндерде 7 м-ге дейінгі жақсы қамтуды қамтамасыз ету үшін қажет. Жебе тозуды барынша азайту үшін өздігінен майланатын сырғанау бөлшектерімен және білікшемен жабдықталған. Жебенің барлық қозғалыстары қысым компенсациясы болып келеді және пропорционалды функцияларға ие, бұл жайт операторға тоннельдік қымтақтың тегіс әрі біркелкі құрылымын аяқтауға мүмкіндік береді.



1.5 - сурет – Normet ұсынған Sprauces 5070 VC орташа бүрку қуатына ие роботы

Бетон жұмыстарын роботтандырудың отандық және шетелдік тәжірибесін талдау, ең алдымен, құрылыс объектілерінде бетон қоспасын беруді, үлестіруді және төсеуді қамтамасыз ететін манипуляторлар мен РТК-ні кеңінен енгізуді қамтамасыз ету қажет екенін көрсетеді. Бұл кешендер мобильді, бағдарламалық

және қашықтан басқарылатын болуы тиіс. Мұндай жабдықтың өнімділігімен, беру биіктігімен, қызмет көрсету аймағымен ерекшеленетін 3-4 типін қалыптастырған жөн. Бұл жабдық іргетастарды, бетон едендерді, монолитті аражабындарды, қабырғалар мен колонналарды орнату кезінде бетон қоспаларын төсеу мен тығыздауды кешенді механикаландыруды және автоматтандырылған басқаруды қамтамасыз етеді. Бұған қоса, тұрғызылатын объектілердің аражабындарына және қалыптардың жұмыс алаңдарында орнату үшін стационарлық орындалудағы жабдықтар кешенін қалыптастыру қажет.

Монолитті темірбетон ғимараттар мен құрылыстарды салу үшін роботтандырылған тайғанақ кешендерді құру бойынша жұмыстарды перспективалы деп санаған жөн.

Арматуралық қаңқаларды орнатуға, қалыптарды құрастыруға және бөлшектеуге арналған манипуляторларды енгізген жөн.



1.6 - сурет – DXR 250 робот-манипуляторы

Husqvarna компаниясы алдағы «Бетон әлемі» көрмесінде (іс-шара 2010 жылдың ақпан айының басында АҚШ-тың Лас-Вегас қаласында өтеді) құрылыстарды бұзу жөніндегі жұмыстарға арналған жаңа робот-манипуляторды көрсетеді. Жаңа робот 1.6-суретте көрсетілген, DXR 250 қондырғысы ұқсас тағайындалудағы белгілі DXR 310 қондырғысының кішірейтілген нұсқасы болып табылады.

DXR 250 роботы ықшамдылығымен, жеңіл салмағымен және үлкен энергиялық жарақтандырылуымен ерекшеленеді. Құрылыстың жұмыс органдарының максимал қолжетімділігі – 4,8 м. Роботтың дербес массасы - 1630 кг. Машина ғимараттардың ішінде, сондай-ақ ашық алаңдарда тиімді жұмыс істейді. Әмбебап бульдозерлік қайырма жеткізілімнің стандартты элементі болып табылады.

Механизмді қашықтан басқару жүйесі ең заманауи деңгейде орындалған. Оның құрамына 3,5-дюймдік түсті дисплей және Bluetooth технологиясы



негізіндегі техникалық байланыс жүйесі кіреді. Басқару жүйесі операторға дәстүрлі баумен емес, ыңғайлы әрі эргономикалық алюминий қаңқамен бекітіледі.



1.7 - сурет – Меусо ME1 робот-манипуляторы

Меусо ME1 толық механикаландырылған бетон бұрқу құрғақ және ылғалды торкретбетон қоспасы үшін, ол 1.7-суретте көрсетілген. Ықшам түрде әзірленген және шынжыртабанды арбалармен жабдықталған, тар шағын туннельдерде бұрқу жұмыстарын жүргізуге арналған.

Әр трек үшін тәуелсіз гидравликалық жетектерді құрайтын көлік құралының өте қозғалмалы тасығышының болуы оны ең тар туннельдер мен шахталар үшін аса қолайлы етеді. Зақымдануды және техникалық қызмет көрсетуді азайту үшін кері серпілістен қатаң қорғаныспен жарақтандырылған Lance кеңейтулер. Қуатты, ауамен салқындатуға ие, 14 кВт дизельдік қозғалтқыш тасымалдау үшін пайдаланылады. Аутригерлер бұрқу кезінде қажетті тұрақтылықты беру үшін орнатылған. 15 м кабельге ие сымдық қашықтан басқару пульті (немесе опция ретінде радио) манипулятордың барлық функцияларын басқарады. Меусо стандартты толық өлшемі бұрқу басы диаметрі пайдалану үшін мінсіз бұрқуға арналған, позиция және күшті қамтамасыз етуге арналған бұрқу басы. Шүмектің суды бұрқуы 65 мм немесе тіпті 80 мм.

## 1.2 Бетонды беруге және төсеуге арналған роботтар

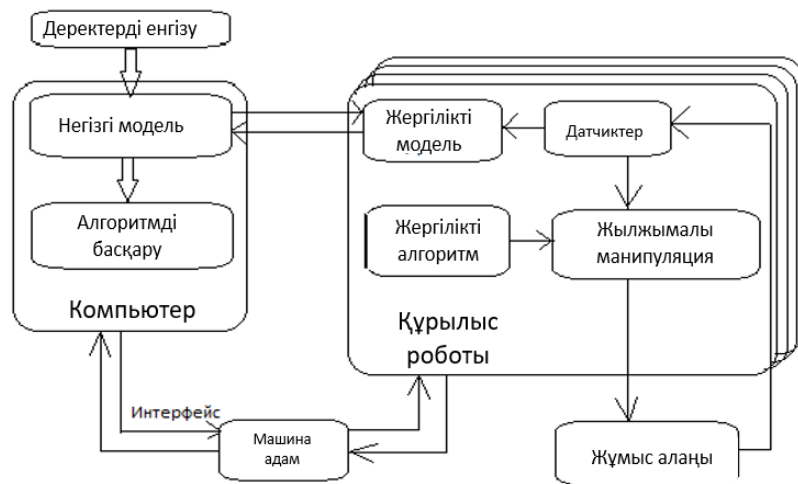
Құрылыста роботтарды қолдану еңбек өнімділігін арттыруға, жұмыстардың орындалу сапасын жақсартуға және жұмысшылар үшін қауіп-қатерді азайтуға ықпал етеді. Міндеттердің техникалық деңгейі мен сыныбына байланысты құрылыс роботтарының функциялары елеулі дәрежеде ерекшеленеді. Егер құрылыс учаскелерінде жұмыстарды орындау үшін

пайдаланылатын және роботтар, яғни адам қолының әрекеттеріне ұқсас үш өлшемді кеңістікте әртүрлі әрекеттерді өз бетінше орындауға қабілетті құрылғылар болып табылмайтын автоматтық механизмдердің техникалық деңгейін қарастыратын болсақ, онда оларға талап етілетін функциялар негізінен қабылдау, манипуляция жасау және орын ауыстыру функциялары болып бөлінеді. Қабылдау функциясы физикалық ақпаратты бір өлшемде, мысалы, қашықтық, қуат, бағыт секілді өлемдерде бағалайды және робототехника дамыған сайын негізгі функцияға айналуға. Келешекте бұл функция құрылыс роботтарын одан әрі интеллектуализациялау үшін образдарды айырып тану мүмкіндігімен толықтырылуы тиіс. Бұған қоса, қандай да бір манипуляция жасау процесінің орнына және мақсатына бейімделетін бергіштерді қосу арқылы манипуляторларды жетілдірудің көптеген жобалары әзірленуде. Алдын ала анықталған модель ретінде елестетуге болмайтын көптеген жабдықталмаған учаскелер құрылыс роботтарын енгізу саласы болып табылады. Кең және құрамы бойынша алуантүрлі болып келетін қызмет саласында мұндай учаскелерде орын ауыстыру функциясы өте маңызды факторға айналады.

Микропроцессорлық құралдарды миниатюрзациялаудың және олардың әрекет ету жылдамдығын арттырудың жоғары дәрежесінің арқасында компьютердің робот корпусына ендірілуі жеңілдей түсуде, демек, ақпаратты беру, жадта сақтау және енгізу-шығару мүмкіндіктері кеңейеді.

Құрылыс роботтары біртекті емес және тұрақты емес ортада жұмыс істейді. Құрылыс алаңдарындағы арнайы жағдайларға байланысты автоматика механизмдердің өзара әрекеттесуін үйлестіруді, стратегиялық жоспарлауды және параметрлерді оңтайландыруды іске асыруға қабілетті архитектураға ие, сондай-ақ жұмысты жергілікті (тактикалық) жоспарлау 1.7-суретте көрсетілген. Оның негізгі элементтеріне жұмысты бағдарламалауға және параметрлерді оңтайландыруға арналған орталық компьютер, тапсырны орындайтын роботтың механикалық бөлігі және оператормен тәуірлендіру жүйесі жатады. Жұмысты модельдеу құрылыс алаңын және роботтың конструкциясын сипаттайтын ақпарат негізінде жүргізіледі. Модель ақпаратты интерпретациялау қызметін атқарады, ал компьютер құрылыс оның ішінен операцияларын бағалау, оңтайлы қозғалыс траекторияларын жоспарлау, жұмысты басқару және жұмыстың орындалуын бақылау үшін физикалық, геометриялық, символдық және логикалық көрсеткіштердің іріктелуін таңдауды жүзеге асырады. Компьютер әр операцияның ұзақтығын, реттілігін және талап етілетін ресурстарын айқындайды. Ол сондай-ақ жергілікті модельдерді басқарады, роботтың жай-күйін анықтайды және әсердің ұйытқуын бағалайды.

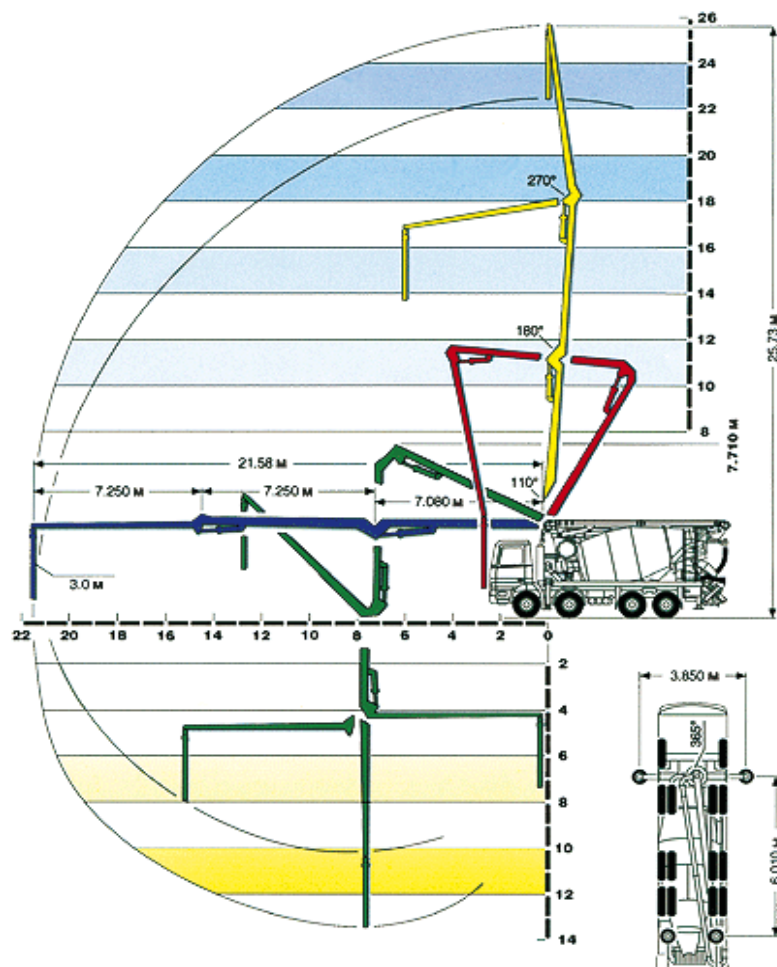
Әзірше сенсорлық сигналдарды жылдам өңдеу және интерпретациялау құрылыс роботтарын басқарудың қазіргі заманғы жүйелерінің басты проблемасы болып қала беруде. Құрылыс-монтаждау жұмыстарын орындау шарттары басқару жүйесінде есепке алу үшін қажетті параметрлердің көптігімен сипатталатыны соншалық, есептеулер үлкен уақыт шығындарымен және нақты уақыт масштабында жұмыс істеу мүмкіндігінің болмауымен байланысты болады.



1.7-сурет – Роботты басқару жүйесінің архитектурасы

Әзірше сенсорлық сигналдарды жылдам өңдеу және интерпретациялау құрылыс роботтарын басқарудың қазіргі заманғы жүйелерінің басты проблемасы болып қала беруде. Құрылыс-монтаждау жұмыстарын орындау шарттары басқару жүйесінде есепке алу үшін қажетті параметрлердің көптігімен сипатталатыны соншалық, есептеулер үлкен уақыт шығындарымен және нақты уақыт масштабында жұмыс істеу мүмкіндігінің болмауымен байланысты болады.

Бетон қоспасын төсеу үшін манипуляциялық жүйелерде және арнайы пневматикалық доңғалақты шассидегі телескопиялық немесе топсалы-буындасқан жебелерге ие монтаждау мұнараларында микропроцессорлық құралдарды қолдану елеулі әсер береді. 32 метрлік манипуляциялық жүйесі бар автобетонсорғы Automatic Mast Control-Steuerung (АМС) микропроцессорлық жүйесімен жабдықталған. Бетонөткізгіштің соңғы буынының қалпының бетондалатын беттің үстіндегі белгіленген биіктігі кезінде оператор X, Y координаттар жүйесінде қашықтықтан басқаруды жүзеге асырады. Компьютер барлық гидравликалық буындарды басқару бағдарламасының сенімді орындалуын және мачта ұшының белгіленген биіктігі мен орын ауыстыру жылдамдығының сақталуын қамтамасыз етеді. Басқарушы сигналдар гидроцилиндрлердің электр золотниктеріне келіп түседі, ал позиционирлеудің жоғары дәлдігіне орын ауыстырудың арнайы латниктері арқылы қол жеткізіледі. Буындар саны үшеу және одан артық болған жағдайда басқару бағдарламасына орнатудың кинематикалық схемасы енгізіледі және соңғы буынның кеңістіктегі қажетті нүктеге жету үшін әртүрлі нұсқалары белгіленеді. Биіктігі 26 м болатын FN26 бес буынды манипуляциялық жүйе әзірленген, ол құрылымдалмаған кеңістікте үлкен массаларды жоғары дәлдікпен жылжытуға қабілетті. Әрбір буын дербес есептегішімен жабдықталған. Элементтер жүктеменің барлық үш бағытында жоғары қаттылыққа ие. Жүктемені құрайтын манипуляциялық жүйенің соңғы буыны жұмыс кеңістігінде жылдам әрі дәл орын ауыстыруы тиіс.



1.8 - сурет – Миксерді құрайтын бетон араластырғыштың бетон таратқыш жебенің жұмыс аймағы

Сервоventильдері бар гидрожүйе өлшеу жүйесімен бірге буындардың қозғалысын дәл басқаруды қамтамасыз етеді. Пайдалану тәжірибесі жүйенің жоғары сенімділігі мен тиімділігін көрсетеді. Бүкіл конструкцияның тұрақты қалпы төрт гидравликалық тірек штангасымен қамтамасыз етіледі. Олар басқару жүйесімен байланысқан және манипуляторды орнатудың көлденеңдігін қадағалайтын тіректердегі қысым бергіштерімен жабдықталған. Бергіштерден алынатын ақпарат оператордың таблосына шығарылады.

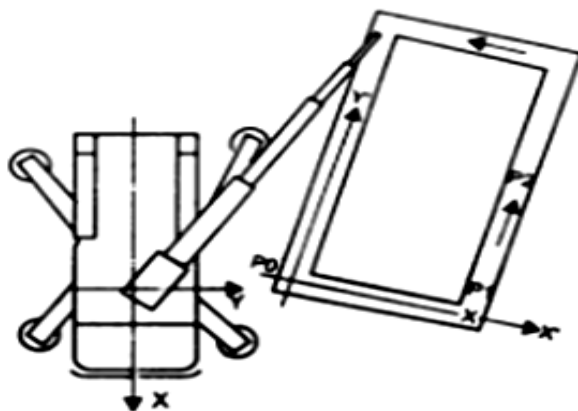
Оператор бүкіл жүйені Joy-Stick микропроцессорлық құрылғысының көмегімен басқарады. Оның көмегімен ол борттық компьютерге басқарушы әрекеттерді, мысалы, мачта ұшының бағыты мен жылдамдығын, оның қызмет көрсетілетін объекіден қашықтығын және т.б. белгілейді. Манипулятордың өзінің орын ауыстыру жолындағы кедергілермен соқтығысуын болдырмау оператордың негізгі міндеті болып табылады. Компьютер бағдарламаға кедергілердің координаттарын енгізеді және манипулятордың қозғалысы оның барлық буындары кедергіге белгіленген мәннен аз қашықтыққа жақындамайтындай етіп жүзеге асырылады. Қозғалыс траекториясын белгілеу жүйенің кинематикалық схемасы негізінде қиындықсыз автоматты түрде жүзеге

асырылады, 1.9-суретте көрсетілген. Оператор кездейсоқ туындайтын кедергілермен ықтимал соқтығысудың алдын алады, осы себепті ол үнемі сол жерде болуы қажет.



1.9 - сурет – Манипулятордың кедергіні еңсеру схемасы

Жоғары дәлдіктегі өлшеу жүйесінің болуы және барлық буындарды айналдыру мүмкіндігі құрылыс алаңында бетонды адамның қатысуынсыз төсеуге мүмкіндік береді.



1.10 - сурет – Бетонды қалыптауыш пішінге төсеу схемасы

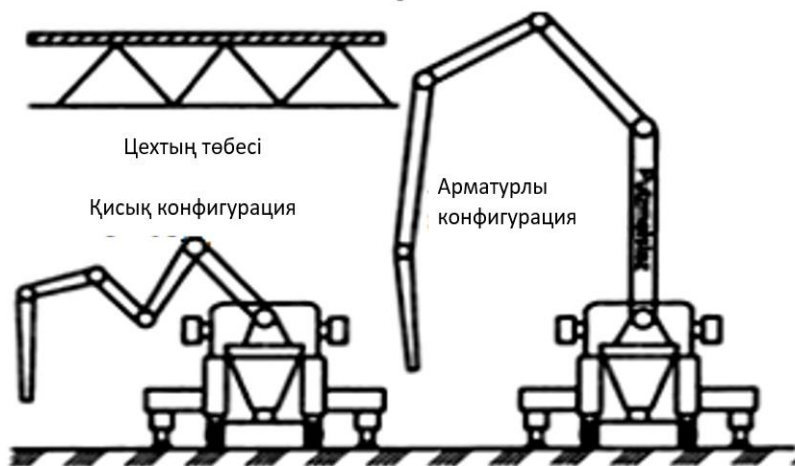
Бетті тұтас бетондау кезінде  $X$  және  $Y$  бойынша өлшемдерді дәл сақтаудың үлкен маңызы жоқ, ал бетонды қалыптауыш пішінге төсеу кезінде немесе таспалы іргетасты салу кезінде маңызы бар, 1.10-суретте көрсетілген.

Бетондауды бастамас бұрын манипулятордың координаттар жүйесін  $(X, Y)$  құрылыс объектісінің координаттар жүйесімен  $(X', Y')$  байланыстыру үшін оператор басқару жүйесіне кем дегенде екі нүктенің координаттарын  $(P_0, P_1)$  енгізеді. Жүйенің координаттарын құрылыс объектісінің координаттарына



түрлендіру мүмкіндігі орнатудың борттық компьютерінің көмегімен бетон қоспасын төсеу процесін қарапайым әрі сенімді басқаруға мүмкіндік береді.

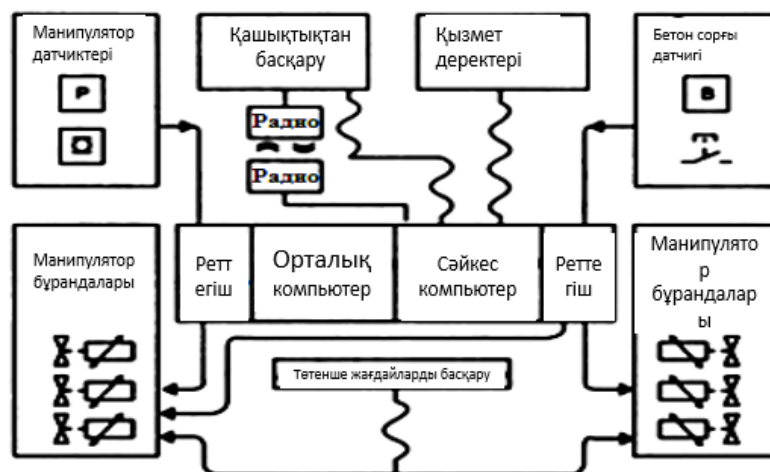
Қондырғыны құрылыстардың ішінде, мысалы, өндірістік цехтарда едендерді бетондау кезінде пайдаланған кезде, манипуляциялық жүйе сынған конфигурацияға ие, 1.11 - суретте көрсетілген.



1.11 - сурет – Манипуляциялық жүйенің әртүрлі конфигурацияларының схемалары

Егер биіктік бойынша шектеусіз қарапайым жұмыстар орындалып жатса, онда манипулятордың жартылай дөңгелек немесе аркалық пішіні белгіленеді. Оператор бұл әрекеттері басқару пультінде қолмен жасайды немесе сигналды радиобайланыс арқылы жібереді. Орталық компьютерлік блок манипуляциялық жүйенің қандай да бір пішінін қалыптастыру кезінде буындардың қозғалыс траекториясын есептеп шығарады, оларды жадта сақтайды және объектіге бетонның берілуін басқарады. Процесті радиомен басқаруға құрылыс алаңында радиобайланыста бұзушылықтар тудыруы мүмкін сигналдар немесе кедергілер болмаған жағдайда ғана жол беріледі. Бетонсорғыны микропроцессорлық басқару жүйесінің жалпыланған блок схемасында оның негізгі элементтері және олармен орындалатын функциялар көрсетілген, 1.12-суретте келтірілген. Қорғалған орындалудағы орталық блок жүргізушінің кабинасына орналастырылған. Мұнда сондай-ақ өлшеу жүйесінің аспаптары орналасқан. Орталық блокты және жүйенің басқа элементтерін қоректендірумен жабдықтау автомобильдің электр желісінен тікелей жүзеге асырылады, ал кернеу мәндері тұрақты токтың 18-28 шегінде болады.

Компьютер үнемі басқару панеліне бөгеуілдер туралы және параметрлердің белгіленген мәндерден ауықуы туралы, бетон қоспасының мөлшері және бетонөткізгіштегі қысым туралы ақпаратты шығарып отырады. Орындалатын операциялардың сенімділігі өте жоғары. Жуырда манипуляциялық жүйенің биіктігі 40 м-ден асатын бетонсорғылар пайда болуы тиіс, мұнда борттық компьютерлік жүйелердің рөлі одан әрі арта түседі.



1.12 - сурет – Манипуляциялық жүйесі бар бетонсорғыны автоматтандыру жүйесінің блок-схемасы

Құрылыс өндірісін роботтандыру оның ерекшелігіне байланысты басқа салаларды роботтандырудан елеулі дәрежеде қалыс қалуда. Алайда құрылыстың әртүрлі салаларында автоматтандыру және роботтандыру процесінің жандануы байқалуда. Бұл жайт ең жаңа есептеуіш техника мен байланыс желілерін пайдалану есебінен, сондай-ақ құрылыс бойынша барлық ақпаратты бір ақпараттық жүйеде шоғырландыру мүмкін болуы есебінен ақпаратты өңдеу деңгейінің жоғарылауына байланысты. Мұндай жүйелерде ақпараттың біртекті болмауы және мол болуы минимумға дейін азаяды.

Мұнара типтес көтергіш кранмен бетон төсеудің автоматты жүйесі монолитті үй құрылысы саласындағы жаңа ұғым болып табылады. Бұл жүйені пайдалану жұмыстың тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді, оператор ерітіндіні көтеру және төсеу жөніндегі жұмыстарды орындау кезінде қашықтан басқарылатын мұнара типтес кранның көмегіне жүгіне алады. Жүйе бетонды төсеу және үлестіру тиімділігін арттыру үшін әзірленген. Оның құрамына көтергіш кранды автоматты бақылау және басқару жүйесі, техникалық көру жүйесі және жоғары жылдамдықты көтергіш кранды, ерітінді беру жүйесін және жылжымалы бетондық шөмішті қамтитын механизмдер жүйесі кіреді. Бұл жүйелердің барлығы машинааралық және күштік байланыстармен біріктірілген және біртұтас болып келеді.

Көтергіш кранды автоматты басқару жүйесін пайдалана отырып, оператор кранның тікелей әсер ету аймағынан алыс орналасқан операторлар бөлмесінде бола отырып, осы күрделі кешенді оңай басқару мүмкіндігіне ие болады және кранның жұмыс органын тағайындалған аймаққа оңай жылжыта алады. Сонымен бірге, бұл жүйе конструкцияның өзінің теңселуін және кранның жұмыс органы ілулі тұрған кабельдің ұзындығын ескеріп, кранның қозғалысын жылдамдатады және баяулатады, бұл жайт қолмен басқарылатын кәдімгі көтергіш кранды пайдаланумен салыстырғанда, кешеннің жоғары тезерекеттілігін сақтауға мүмкіндік береді. Кранды басқару жүйесі техникалық

көру жүйесімен жарактандырылған, оның көмегімен қауіп жағдайында көтергіш кранды тоқтатуға және ғимарат немесе басқа көтергіш кран түріндегі кедергіге соқтығысуды болдырмауға мүмкіндік береді. Автоматтық бақылау және басқару жүйесі күрделі иінтіректер жүйесін қолданбай, кранды қолдың жеңіл қимылымен басқаруға мүмкіндік береді. Ерітінді беру жүйесін оператор радиоарна арқылы қашықтан басқарады. Басқару радиоарнасының арқасында ерітіндінің берілуін және үлестірілуін басқарудың кабельдік жүйесі қолданылған жағдайда кабельдің үзілу қаупі жоққа шығарылады.

Монолитті объектілерді тұрғызу кезінде бетон жұмыстарын механикаландыру және автоматтандыру үшін робототехниканың жетістіктерін пайдалану айрықша қызығушылық тудырады. «Fujita corporation» компаниясы мұнара типіндегі зәулім бетон құрылымдарын салуға арналған көтерілетін домкраттарды қолданатын FCF құрылыс әдісін әзірледі. Бұл құрылыс әдісі әртүрлі жабдықтар мен құрылыс материалдарын орналастырылатын жұмыс алаңын көтеру үшін домкраттардың көп санын пайдаланады. FCF құрылыс әдісін іске асыратын мехатрондық кешенді орнату. Объектінің периметрі бойынша, домкрат сырықтарға орнатылған домкраттарға тірелетін жұмыс платформасына ілінетін қалып орнатылады. Мехатрондық жүйе көтерілетін домкраттардан, деңгей бергіштерінен және орталық басқару пультіне ие басқару жүйесінен тұрады. Платформаны көтеру қармағыш құрылғыларға ие гидродомкраттармен жүзеге асырылады, оларды басқару гидравликалық қысымды басқару құрылғылары арқылы дербес компьютерден орындалады.

«Tobishima Corporation» компаниясымен бірге Токиодағы технологиялық ғылыми-зерттеу институты барлық түрдегі және пішіндегі монолитті нысандарды салу әдісін әзірледі, оған TAPS әдісі деген атау берілді. Әдіс үздіксіз көтерілетін қалыптарды пайдалануға негізделген. «Tobishima Corporation» фирмасы Жапонияда тайғанақ қалыптаудың 1970 әдісін енгізу бастамасын өз мойнына алды. Содан бері «Tobishima Corporation» тайғанақ қалыптау әдісін пайдалана отырып, алуантүрлі жобаларды ұсынды, сонымен бірге жаңа қолданылу жолдарын іздеп табу үшін ғылыми-зерттеу жұмыстарын жалғастырды, мұндай әрекет мұржаларды, түтіндіктерді, мұнараларды, бункерлерді, ұарау және теледидар көпірлерінің пирстерін салуда тайғанақ қалыптау әдісінің кең танымалдыққа ие болуына мүмкіндік берді. Практикалық тәжірибе мен ғылыми ізденістердің нәтижелерін пайдалана отырып «Tobishima Corporation» фирмасы «TAPS-әдіс» атты монолитті объектілерін тұрғызу әдісін жасап шығарды, бұл әдіс өткен кезеңдердің қолайлы ерекшеліктерін үлкен бейімделгіштікпен және жоғарырақ тиімділікпен біріктіре білген тайғанақ қалып әдісінің заманауи нұсқасы болып келеді.

Әдіс прогрессивті технологияны, робототехника, мехатроника және компьютерлік басқару технологияларының жетістіктерін органикалық пайдалану болып келеді. Бұл әдіс құрылыс процесін автоматтандыруға және диаметрі, секциялық конфигурациясы өзгертін, айнымалы қабырға қалыңдығына ие объектілерді тұрғызу үшін тайғанақ қалып әдісін пайдалануды кеңейтуге мүмкіндік берді. «Tobishimaslipform» әдісі құрылыс кезеңдерін

қысқартуға және жалпы шығындарды азайтуға мүмкіндік беретін жетілдірулерді қамтиды. «Tobishimaslipform» әдісін іске асыратын махатрондық тайғанақ кешен (МТК) гидравликалық көтергіш домкраттарды және бетон төсеуге арналған роботтарды қамтитын автоматты түрде басқарылатын платформаны құрайды. Кешенді басқару платформаның тік бағдарлануын сақтауды қамтамасыз етеді.

### 1.3 Мехатрондық тайғанақ кешенді басқару принциптері

МТК басқару принциптері оның технологиялық, конструктивті және динамикалық ерекшеліктерімен, сондай-ақ ұйытқушы әсерлердің сипатымен және қасиеттерімен анықталады. Атқарушы құрылғылардың екі тобының болуы: көтергіш домкраттардың және келісілген жұмысты талап ететін МТК-нің болуы МТК-нің түбегейлі ерекшелігі болып табылады. Көтергіш домкраттардың жұмыс жағдайы олардың қозғалысын тұрақтандыруды және көтеру жылдамдығын синхрондауды талап етеді. МЖЖ жетектерінің жұмысы платформаның көтерілуімен қатаң синхрондалуы және тұрғызылатын объектінің қабырғаларының қисықтығымен келісілуі тиіс. Көтеру процесінің циклдік сипаты МТК-ні басқару ерекшелігі болып табылады, бұл ретте бір қадам ішінде көтеру биіктігі 200—300 мм құрайды, ал көтеру циклдерінің қайталануы жылдамдықпен анықталады

Конструктивті ерекшеліктермен және басқарудың технологиялық циклдарымен байланысты атқарушы механизмдерді басқаруға қатысты шектеулердің болуы МТК-нің ерекшелігі болып табылады. Домкраттарды басқару платформа еңістігінің өзгеруі көтерудің бір қадамы ішінде 1/200 - 1/500 құрайтын қалып қалқандарының конустығынан аспайтындай етіп жоспарлануы тиіс. Кешенді көтеруді жоспарлау платформаның жобалық жағдайға біртіндеп шығуын және басқаруға қойылатын шектеулер сақталған кезде көтеру траекториясының минимал қисықтығын қамтамасыз етуі тиіс.

МТК-ні басқару жүйесінің құрылымдық байланыстары көп жағдайда ұйытқушы әсерлердің түрімен және қасиеттерімен анықталады. Ұйытқушы күштер өзгерісінің кең диапазоны МТК-нің атқарушы механизмдерінің жұмысына елеулі дәрежеде әсер етеді және олардың жұмысының синхрондалуын бұзуы мүмкін. Бұл жайт платформаның қалыппен араласуын және оның жобалық оське қатысты айналуына (бұралуына) әкелуі мүмкін. Сондай-ақ сыртқы күштердің платформаға әсері конструкцияның деформациясын тудырады, бұл жайт жекелеген атқарушы механизмідерге түсетін жүктеменің артуына әкеледі. Осы себепті МТК-ні басқару жүйесінде тұрақтандырушы кері байланыстар және инварианттылықты арттыратын түзету құрылғылары болуы қажет. Платформаның қимылдарын болжамдау объектінің желдік және температуралық деформацияларын ескеруі тиіс.

МТК-нің басқару объектісі ретіндегі күрделілігі мен көпөлшемдігін ескере отырып, кешеннің және тұрғызылатын құрылыстың жай-күйінің параметрлерін

бақылау қажет, мұндай бақылауды ақпараттық-өлшеу құрылғысы орындайды. Бақылаудың негізгі параметрлеріне платформа мен қалыптың жобалық осьтен ауытқуын, платформаның еңістігі мен бұралуын, КД мен МЖЖ-нің қалпын, объектіге және кешенге әсер ететін ұйытқушы әсерлерді жатқызған жөн.

Осылайша, басқару жүйесін құру кезінде мехатрондық кешенді басқарылуында шектеулері бар толық қадағаланатын көпөлшемді объект ретінде қарастырған жөн. МТК-ні басқару көтеру процесінде оның қалпының түзетілуін қарастыруы тиіс. Жағдайды түзету үшін көтеру процесінде кешенді жобалық оське біртіндеп шығара отырып, ауытқуға қарама-қарсы бағытта платформаның еңістігін пайдалану ұсынылады. Түзету қалыптың еңістігіне қойылатын шектеулерді ескере отырып орындалады. Платформаның бұралуы туындаған жағдайда, оны көтеру процесінде платформаның толқындық ауытқуын қалыптастыру ұсынылады. Бұл ретте толқынның амплитудасы және оның бағыты бұралудың шамасы мен бағытынан тәуелді болады.

Ерекшеліктері мен қасиеттеріне сүйене отырып, кешенді басқару үшін екі деңгейлі құрылым таңдалады. Басқаруға қойылатын шектеулердә және құрылысқа әсер ететін ұйытқушы әсерлерді ескере отырып, кешеннің қозғалысын жоспарлау жоғарғы (тактикалық) деңгейдің міндеттері болып табылады.

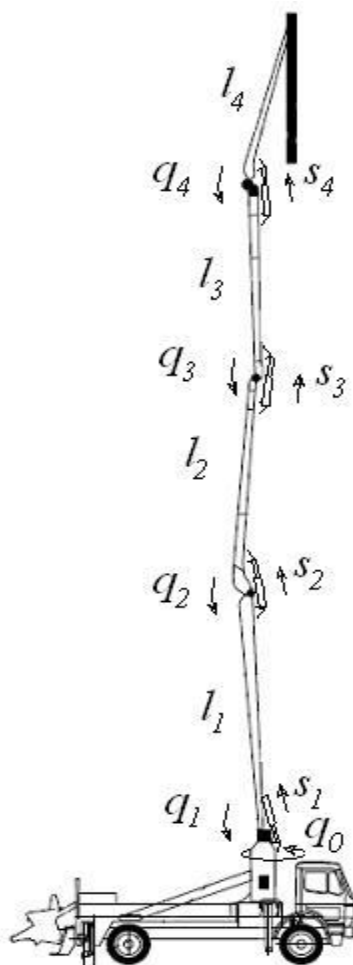


## 2 АРНАЙЫ БӨЛІМ

### 2.1 Манипулятордың кинематикалық және динамикалық міндеттерін талдау

Робототехника мен микропроцессорлық техниканың жетістіктерін пайдалану негізінде кешенді механикаландыру мен автоматтандыруды енгізу бетон жұмыстарының тиімділігін арттырудың басты бағыты болып табылады. Жоғары экономикалық көрсеткіштер бетон қоспасын үлестіру және төсеу үшін топсалы-үлестіргіш жебелердің пайдаланылуын айқындайды.

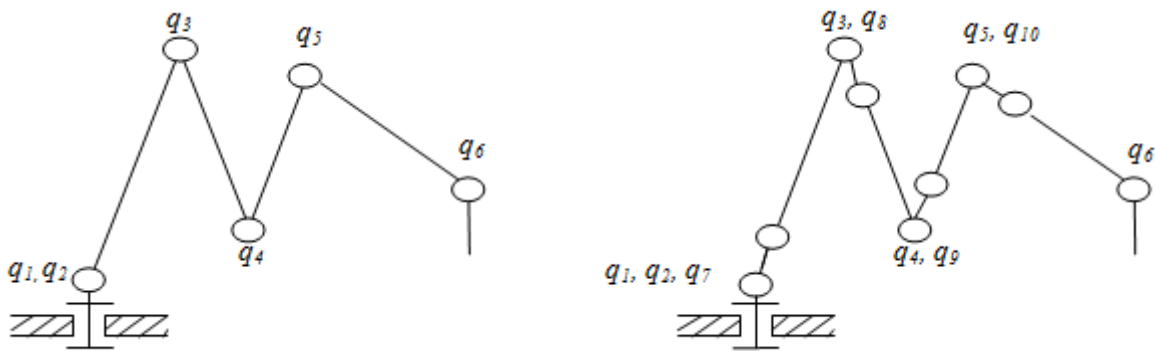
Бетон төсеу манипуляторларының келтірілген құрылымдарын талдау көрсеткендей, гидрожетекті құрайтын көп буынды жебе-манипуляторлар көп қызығушылық тудырады, олар орындалатын операциялардың ерекшеліктері мен талаптарын толық қамтып көрсетеді. 2.1-суретте көрсетілген, үздік кинематикалық және динамикалық сипаттамаларды қамтамасыз ететін тармақталатын құрылымдардың болуы осындай манипуляторлардың құрылымдық ерекшелігі болып табылады.



2.1 -сурет – Бетон төсейтін жебе-манипулятор

Осы манипуляторлардың жетектік механизмдерінде гидроцилиндрлердің пайдаланылуы олардың құрылысының әдеттегі тізбекті құрылымын бұзады. Мұндай манипуляциялық механизмдерді жобалау кезінде квазисызықтық сипаттамалардың алынуын қамтамасыз ететін кинематикалық құрылымдар параметрлерінің арақатынасын оңтайландыруды жүргізген жөн:  $q_i = f_1(s_i)$ ;  $s_i = f_2(q_i)$ .

Динамикалық және желдік жүктемелердің әсер етуі кезінде туындайтын буындардың серпімді деформацияларын ескеру қажеттілігі құрылыс роботтарының математикалық модельдерінің ерекшелігі болып табылады. Түпкі бөліктеу принципіне сәйкес мұндай манипуляторларды дәйекті серпімді біріктірілген қатты денелердің жиынтығы ретінде қарастыруға болады. Мұндай құрылымға көшу кезінде деформацияланатын буындар үшін деформацияға ең критикалық келетін нүктелер (ДКН) анықталады, олар қозғалыс траекториясы бойындағы шектік кернеудің конструкция элементі материалының меншікті деформациясына қатынасының максимал мәнімен сипатталады. Бұл нүктеде манипулятордың буыны топсамен жалғанған екі денеге бөлшектеледі. Модельге қозғалғыштықтың жалған дәрежелерін енгізу серпімді деформациялардың болуымен түсіндірілетін ығысуды ескеруге мүмкіндік береді. Динамикалық модельге жалған енгізілген буындардың жалпыланған күштеріне арналған теңдеулер қосылады, математикалық модельдің нақты объектіге барынша сәйкес болуы үшін олардың параметрлері сәйкестендіріледі. Егер модельдің белгіленген дәлдігін алу мүмкін болмаса, онда тағы бір ДКН ізделіп, содан кейін модельге қосымша жалған қозғалғыштық дәрежесі енгізіледі.



2.2 - сурет – Манипулятордың құрылымдық схемалары

2.2 – суретте: а – бастапқы; б – жалған қозғалғыштық дәрежелерімен.

Серпімді деформацияларды есепке алудың келтірілген тұжырымдамасына сәйкес топсамен және қатты бесінші буынмен жалғанған төрт серпімді буын түріндегі манипулятор конструкциясын алайық, 2.1а суретінде көрсетілген. Элементтер мен жүйедегі ерітіндінің ауырлық күштері манипулятордың негізгі жүктемесі болғандықтан, шектік кернеулер буындардың негіздерінде, гидравликалық жетекті бекіту орындарында туындайды. Осыны ескере отырып, серпімді буындарды құрауыштарға бөлектеуді жүргіземіз және бөлшектеу

нүктелерінде  $q_7 - q_{10}$  жасанды қозғалғыштық дәрежелерін қосамыз, олар бетон төсеу жебесі моделінің құрылымдық схемасында көрсетілген, 2.2б суретінде келтірілген.

Математикалық сипаттаудың ыңғайлылығы үшін манипулятордың жалпыланған координаттары басарылатын координаттар  $q' = (q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6)^T$  және жебе элементтерінің деформациясын сипаттайтын жалпыланған координаттар  $q'' = (q_7, q_8, q_9, q_{10})$  болып бөлінеді, бұл ретте  $q = q' U q''$ . Басқарылатын және басқарылмайтын жалпыланған координаттарға бөлуді жүргізе отырып, жылдамдықтар мен үдеулер үшін төмендегідей кинематикалық модель теңдеулерін аламыз:

$$\dot{x} = G'(q, \Delta x) \cdot q' + G''(q, \Delta x) \cdot q'', \quad (2.1)$$

$$\ddot{x} = G'(q, \Delta x) \cdot \dot{q}' + G''(q, \Delta x) \cdot \dot{q}'' + G(q, \dot{q}, \Delta x) \cdot \dot{q} \quad (2.2)$$

мұндағы  $G'(q, \Delta x)$  - координаттар жүйелерін түрлендірулердің матрицалары;  
 $\Delta x$  - түпкі буынның координаттар векторы.

Қарастырылатын құрылымдардың кинематикалық модельдері  $s_i$ :  $q_i = f_1(s_i)$  гидрожетектердің орын ауыстыруымен  $q_i$  жалпыланған координаттары байланысының теңдеуін құрауы тиіс, олар  $\bar{x} \in \bar{s}$ :  $\bar{x} = f_2(\bar{s})$  векторлары арасындағы тәуелділікті айқындауға мүмкіндік береді.

Қарастырылатын құрылымдар үшін  $q_i = f(s_i)$  функциясының ізделетін шамаларын геометриялық тәсілдеме негізінде оңай алуға болады. Жебенің көтерулі мен тсүірілуін қамтамасыз ететін, 2.3а суретінде көрсетілген, бірінші типті гидрожетектің кинематикалық құрылымы үшін бұл өзара байланыс төмендегідей теңдеумен сипатталады:

$$q(s) = \arctg\left(\frac{a}{b}\right) + \arccos\left(\left(\frac{l_1^2 + l_2^2 - s^2}{2l_1 l_2}\right)\right) + \arctg\left(\frac{e}{d}\right) - \pi \quad (2.3)$$

мұндағы  $a, b, c, d, e$  – конструктивтік параметрлер;

$$l_1 = \sqrt{a^2 + b^2}, l_2 = \sqrt{d^2 + e^2} - \text{осьаралық қашықтықтар.}$$

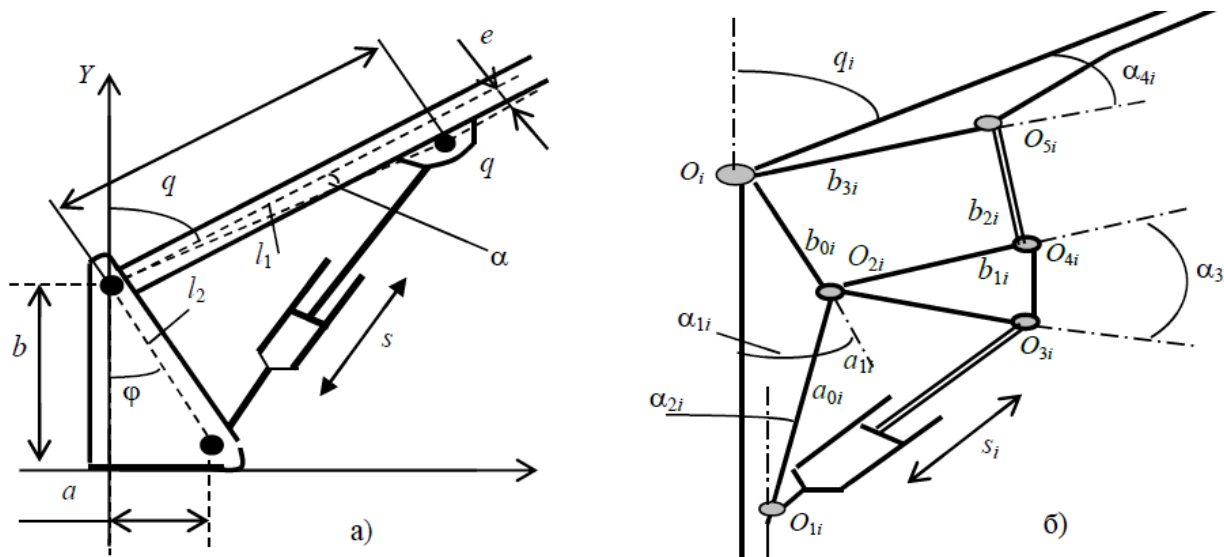
Құрылымның бұл типі бірінші кезекте қозғалғыштықтың екінші дәрежесіне жатады, мұнда  $q_2$  жалпыланған координатын есептеу ыңғайлылығы үшін  $\gamma$  бұрышын пайдаланған ыңғайлы, бұл бұрыш  $\gamma = \theta + \frac{\pi}{2} - \arctg\left(\frac{a}{d}\right)$  тең. Бұл жағдайда жалпыланған координата жетектің төмендегідей тәуелділікпен орын ауыстыруына байланысты:

$$q(s) = \arctg\left(\frac{a}{b}\right) + \arccos\left(\frac{l_1^2 + l_2^2 - s^2}{l_1 l_2}\right) - \frac{\pi}{2} \quad (2.4)$$

Геометриялық тәсілдеме негізінде қарастырылатын гидрожетек құрылымы үшін жағдай туралы кері есепті шешу  $s_i = f_2(q_i)$  байланыс теңдеуін қамтиды, ол төмендегідей түрге ие:

$$s(q) = (l_1^2 + l_2^2 + 2l_1l_2\cos(\theta - \alpha - \varphi)) \quad (2.5)$$

Ұқсас жолмен  $s_i$  гидрожетектердің орын ауыстыруымен  $q_i$  жалпыланған координаттар байланысының теңдеуі табылады:  $q_i = f_2(s_i)$  екінші типтегі кинематикалық құрылымдар үшін суретте көрсетілген. (2.3б), Витта тізбегі болып келеді, тізбектей қосылған үш және төрт буынды құрайды. Бұл арақатынастар өрнектерді алдын ала жазу арқылы алынады:



2.3 - сурет – Гидрожетекті қамтитын бетон төсеу манипуляторының есептік схемалары

$$\varphi_{1i}(s) = \angle O_{1i}O_{2i}O_{3i} = \arccos((a_{0i}^2 + a_{1i}^2 + s_i^2)/2a_{0i}a_{1i}), \quad (2.6)$$

$$\varphi_{1i}(s) = \angle O_iO_{2i}O_{4i} = \pi + \alpha_0 + \alpha_1 - \varphi_{1i}(s), \quad (2.7)$$

$$\varphi_{1i}(s) = \angle O_{2i}O_iO_{5i} = \arccos\left(\frac{d_i^2 + b_{0i}^2 - b_{1i}^2}{2b_{0i}d_i}\right) + \arccos\left(\frac{d_i^2 + b_{3i}^2 - b_{1i}^2}{2b_{3i}d_i}\right) \quad (2.8)$$

мұндағы  $d_i(s) = \sqrt{b_0^2 + b_1^2 - 2 \cdot b_0b_1\cos(\varphi_1(s))}$ .

Осы өрнектерді қолдана отырып, жалпыланған координаттар үшін байланыс теңдеулері жазылады:

$$q_i(s) = \alpha_{1i} + \alpha_{4i} - \pi + \varphi_{3i}(s) \quad (2.9)$$

Қарастырылатын құрылымдардың толық кинематикалық модельдерін үшін жылдамдықтар мен үдеулер үшін теңдеулер қажет.  $i$ -ші буынның орын ауыстыруының бұрыштық және сызықтық жылдамдықтары  $i-1$ -ші буынның жылдамдығы арқылы өрнектеледі:

$$\bar{\omega} = \bar{\omega}_{i-1} + (1 - \varepsilon_i)\bar{e}_i q_i; \quad \bar{v}_i = \bar{v}_{i-1} + \bar{\omega}_{i-1} \times \bar{r}_{i-1,i} + \bar{e}_i \cdot q'_i, \quad (2.10)$$

мұндағы  $\bar{r}_{i-1,i}$  -  $i-1$  және  $i$ -ші қозғалғыштық дәрежелерінің осьтерін жалғайтын вектор;

$\xi_i$  – айналмалы  $-\xi=0$ , ілгерінді  $-\xi=1$  кинематикалық жұбының типін сипаттайтын логикалық коэффициент.

Кориолис теоремасын пайдалана отырып сызықтық және бұрыштық үдеулер анықталады:

$$\bar{\varepsilon}_i = \bar{\varepsilon}_{i-1} + (1 - \varepsilon_i) \cdot \bar{\omega}_i \times \bar{e}_i \cdot q'_i + (1 - \varepsilon_i) \cdot \bar{e}_i \cdot \bar{q}, \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} \bar{a}_i = & \bar{a}_{i-1} + \bar{\varepsilon}_{i-1} \times \bar{r}_{i-1,i} + \bar{\omega}_{i-1} \times (\bar{\omega}_{i-1} \times \bar{r}_{i-1,i}) + \\ & + \varepsilon_i \cdot \bar{e}_i \cdot q''_i + 2\varepsilon_i \cdot \bar{\omega}_i \times \bar{e}_i \cdot q'_i \end{aligned} \quad (2.12)$$

мұндағы  $\bar{\varepsilon}_{i-1}, \bar{a}_{i-1}, \bar{\varepsilon}_i, \bar{a}_i$  - манипулятордың  $i-1$  және  $i$ -ші буынының бұрыштық және сызықтық үдеулерінің векторы.

Сызықтық және бұрыштық жылдамдықтар жалпыланған жылдамдықтар мен жалпыланған координаттардың функциялары ретінде мынадай түрде жазылады:

$$\bar{\omega}_i = \sum_{j=1}^n \bar{\omega}_i^j q'_j; \quad \bar{v}_i = \sum_{j=1}^n \bar{v}_i^j q'_j, \quad (2.13)$$

$$\bar{\omega}_i^j = \sum_{k=1}^n (1 - \varepsilon_i) \bar{e}_j; \quad \bar{v}_i^j = \bar{\omega}_i^j \times \bar{r}_{j,i} + \varepsilon_j \bar{e}_j. \quad (2.14)$$

Ұқсас жолмен үдеулер үшін түпкі өрнектерді жазуға болады:

$$\bar{\varepsilon}_i = \sum_{j=1}^n \left( \bar{\omega}_i^j q''_j + \left( \sum_{k=1}^n (\bar{\omega}_i^k \times \bar{\omega}_i^j) q'_k \right) q'_j \right) \quad (2.15)$$

Манипулятордың жалпыланған жылдамдықтары мен үдеулерінің сипаттамасы векторлық-матрицалық теңдеу түрінде келтірген ыңғайлы:

$$\bar{q}' = k_q^s \cdot \bar{s}' = \text{diag} \left\{ \frac{\partial f_s(s)}{\partial s} \right\} \quad (2.15)$$

Осы өрнекті дифференциалдау арқылы үдеулер үшін байланыс теңдеуін аламыз:

$$\bar{q}'' = k_q^s \cdot \bar{s}'' + (k_q^s \cdot \bar{s}')' \bar{s}' = k_q^s \cdot \bar{s}'' + \text{diag} \left\{ \frac{\partial f_s(s)}{\partial s^2} \right\} \cdot (\bar{s}')^2 \quad (2.16)$$

Бірінші типтегі құрылымдық схема үшін, 2.3а суретінде көрсетілген, жалпыланған және жетектік жылдамдықтар байланыстарының теңдеулері мынадай түрде келтіріледі:

$$q'(s') = k_q^{(1)}(s) \cdot s' = \frac{s \cdot s'}{(4l_1^2 l_2^2 - (l_1^2 + l_2^2 - s^2)^2)^{1/2}}, \quad (2.17)$$

$$s'(q') = k_s^{(1)}(q) \cdot q' = \frac{l_1 l_2 \sin(\alpha + \varphi - q) \cdot q'}{(l_1^2 + l_2^2 + 2l_1^2 l_2^2 \cos(q - \alpha - \varphi))^{1/2}} \quad (2.18)$$

Ұқсас жолмен екінші типтегі құрылымдық схема үшін жалпыланған және жетектік жылдамдықтар байланыстарының теңдеулерін жазуға болады, (2.3б) суретінде көрсетілген:

$$q'(s') = k_q^{(1)}(s) s', \quad (2.19)$$

$$s'(q') = k_s^{(1)}(q) \cdot q' \quad (2.20)$$

Манипулятордың динамикалық моделін құру Лагранж теңдеулері негізінде орындаған абзал. Жалпыланған координаттарды басқарылатын  $q'$  координаттарына және серпімді деформацияны имитациялау үшін енгізілген  $q''$  координаттарына бөлуді жүргізіп, динамика теңдеуін мынадай түрде келтіреміз:

$$M' = D'(q)\ddot{q}' + \check{D}(q)\dot{q}'' + b'(q, \dot{q}'), \quad (2.21)$$

$$M'' = \check{D}^T(q)\dot{q}' + D''(q)\dot{q}'' + b''(q, \dot{q}') \quad (2.22)$$

мұндағы  $M'$  – жетектермен қалыптастырылатын жалпыланған күштер;

$M''$  – серпімді ығысуларды имитациялайтын жалпыланған күштер;

$D'(q), \check{D}(q), D''(q)$  – динамика матрицалары;

$b'(q, \dot{q}')$  – кориолис және ортадан тепкіш күштерінің векторы.

Гидрожетектердің тұйық кинематикалық тізбектеріне ие бетон төсейтін манипулятор үшін виртуалды күштердің балансы мынаған тең:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{v=0}^{N_i} \{m_{iv}(r_{iv}'' - \bar{g}) \partial r_{iv} + (I_{iv} \varepsilon_{iv} + \omega_{iv} \times I_{iv} \omega_{iv}) \delta \gamma_{iv}\} = \sum_{i=1}^n \tau_i \delta q_i \quad (2.23)$$

мұндағы  $r_i$  ауырлық нүктесінде  $m$  массасына және  $J$  инерция моментіне ие  $i$  буынының орт-векторы;

$\bar{g}$  – гравитациялық өзара әрекеттесу векторы;

$\tau$  –  $i$ -ші буындағы жетек күштерінің жетектік моменті.



Осы теңдеу негізінде манипулятордың динамикалық теңдеулерінің әртүрлі тұжырымдарын алуға болады. Мәселен манипулятор буындарының қозғалысын виртуалды түрде көрсету үшін динамика теңдеулерін келесідей түрде ұсынған жөн:

$$\sum_{k=1}^n \sum_{v=0}^{N_i} \{m_{kv} v_{kv} (\ddot{r}_{iv} - \bar{g}) + (I_{kv} \varepsilon_{kv} + \omega_{kv} \times I_{kiv} \omega_{iv}) \delta \gamma_{kv}\} = \sum_{i=1}^n \tau_k \delta q_k \quad (2.24)$$

Жетекті басқару үшін бұл теңдеуді жетек координаттарына түрлендіру қажет. Оларды алу үшін топсалы координаттардағы виртуалды жұмыс балансының теңдеулерін және жалпыланған координаттар мен жетек координаттарының байланыс теңдеулерін қолданған жөн. Нәтижесінде жетек координаттарындағы динамикалық теңдеулерді аламыз:

$$M(s)\ddot{s} + h(s, \dot{s}) + g(s) = F_A, \quad (2.25)$$

$$M(s) = k_q^i M(q) k_q^i + h(s, \dot{s}) + g(s), \quad (2.26)$$

$$h(s, \dot{s}) = k_q^i M(q) k_q^i \dot{s}^2 + k_q^i h(q, \dot{q}) = k_q^i M(q) k_q^i \dot{s}^2 + k_q^i h(q, \dot{q}), \quad (2.27)$$

$$g(s) = k_q^i g(q) \quad (2.28)$$

Бетон төсейтін манипуляторлардың қозғалыс траекториясын жоспарлау тұрғызылатын ғимараттар мен құрылыстардың пішінімен және жоспарымен анықталады. Бетон төсеуші жебе шүмегінің қозғалыс траекторияларын құру міндеті манипулятордың координаттар жүйесінің  $X_n Y_n$  жазықтығында  $X_0 Y_0$  параллель жазықтығында қозғалыстардың реттілігін сипаттауға негізделеді. Төсеудің бір циклі шегінде  $z_n$  координатасы өзгермейді, содан соң қалыпты көтеру қадамына сәйкес келетін  $h$  шамасына артады. 2.4- суретте тіктөртбұрыштар немесе шеңберлер жиынтығы болып келетін ең жиі тұрғызылатын монолитті нысандардың мысалдары келтірілген. Тұрғын үйдің қаңқасын тұрғызған кезде ғимарат жоспарының негізінде нүктелердің координаттар массивін тұжырымдау қажет және түзу сызықты учаскелерді айналып өту реттілігін анықтау қажет, әр учаске төмендегідей теңдеулермен сипатталады:

- оське параллель учаскелер үшін:

$$X_0 \rightarrow P_{jH}(x_{jH} y_{jH}), P_{jk}(x_{jk} y_{jk}), \quad (2.29)$$

$$y = y_{jH} \vee y_{jk} \rightarrow x_{jH} \leq x \leq x_{jk} \quad (2.30)$$

- оське параллель учаскелер үшін:

$$Y_0 \rightarrow P_{jH}(x_{iH}y_{iH}), P_{ik}(x_{ik}y_{ik}), \quad (2.31)$$

$$x = x_{iH}V_{x_{ik}} \rightarrow y_{iH} \leq y \leq y_{ik} \quad (2.32)$$

Қозғалыстарды жоспарлау жалпыланған координаттарда  $q_i(t) = [q_{1i}(t), q_{2i}(t), \dots, q_{ni}(t)]$  траекториясының әрбір  $i$ -ші учаскесі үшін қалыптастырылатын олардың уақыша өзгеру заңының негізінде жүзеге асырылады

Бұл ретте олардың қалыптасуының негізі – шүмектің қалпы мен бағдарын және оның орнын аыстыру жылдамдығын өзгертудің уақытша заңдары, олар мына теңдеулер жүйесімен сипатталады:

$$\begin{cases} tr_i(t) = [x_i(t), y_i(t), z_i(t)], \\ v_i(t) = [v_{xi}(t), v_{yi}(t), v_{zi}(t)], \\ \Psi_i(t) = [q_i(t), \varphi_i(t), \beta_i(t)], \\ \omega_i(t) = [\omega_{\theta i}(t), \omega_{\varphi i}(t), \omega_{\psi i}(t)] \end{cases} \quad (2.33)$$

мұндағы  $tr_i(t), v_i(t)$  – траекторияның  $i$ -ші участкесінде қозғалу кезінде ағымдағы  $t$  уақыт моментіндегі жағдай мен жылдамдық векторлары;

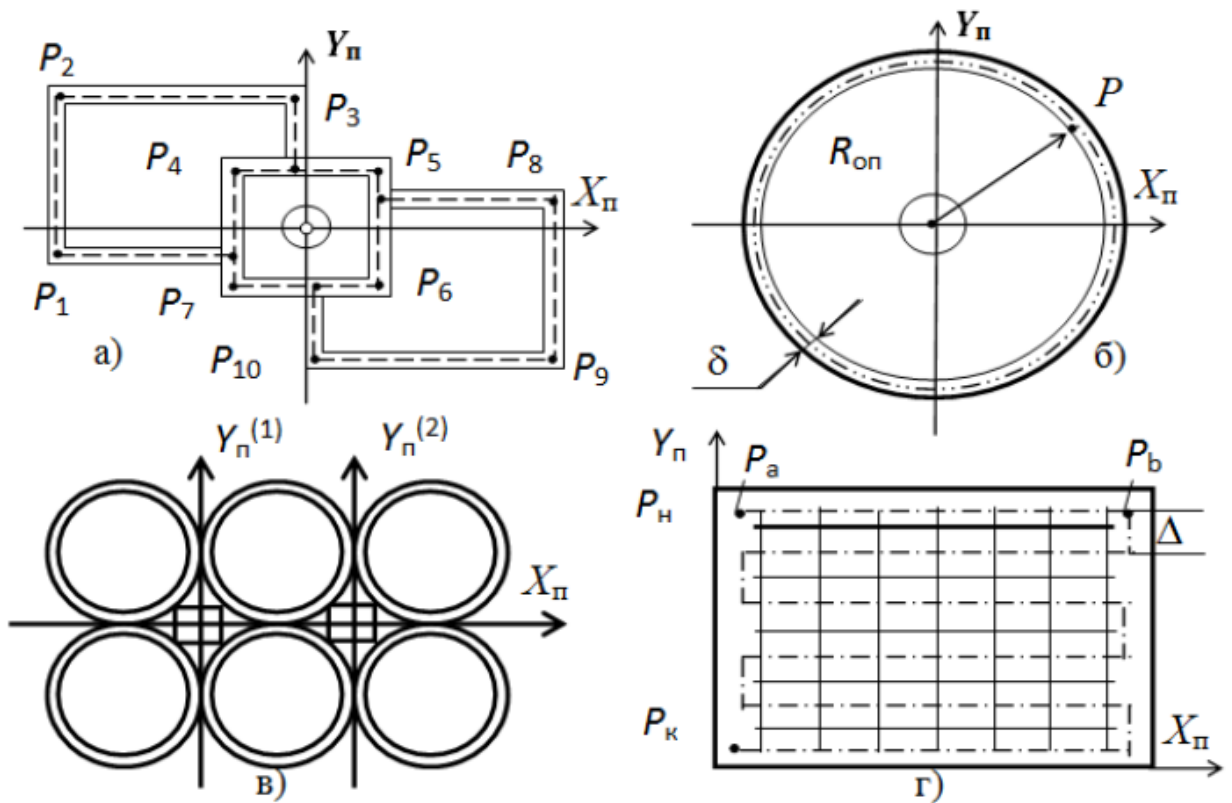
$\Psi_i(t), \omega_i(t)$  –  $t$  уақыт моментінде  $i$ -ші участкедегі бағдардың және бұрыштық жылдамдықтың векторлары.

Траекторияның түзу сызықты учаскесі жағдайында шүмектің жылдамдықпен біркелкі қозғалысы кезіндегі орын ауыстыруы вектормен сипатталады, мұндағы – траекторияның бастапқы нүктесінің координаттары; траекторияның соңғы нүктесінің координаттары.

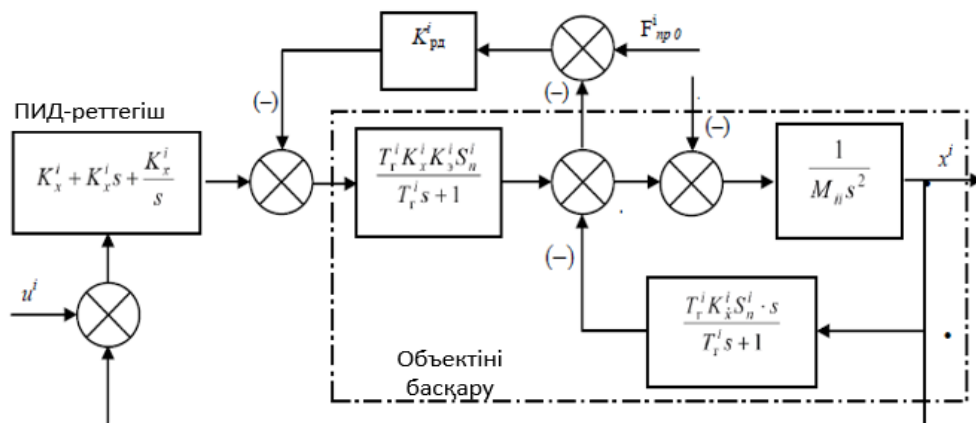
Бетон төсейін манипулятор шүмегінің қозғалысын белгіленген траектория бойынша талап етілетін жылдамдықпен басқару гидрожетектерді басқару арқылы жүзеге асырылады.

Бір немесе бірнеше көмекші айнымалыларды тікелей өлшеу мүмкіндігі реттеудің бағынышты контурына ие піспек жағдайын басқарудың міндетті шарты болып табылады. Бетон төсейтін роботтар үшін бірінші кезекте жұмыс қысымын тұрақтандырған жөн. Көмекші айнымалы ретінде  $F_{i\delta}^i = S_n^i P_{i\delta}^i$  жетектің күш салуын пайдаланған ыңғайлы. Құрғақ үйкеліс күшімен салыстырғанда аз болуына байланысты тұтқыр үйкелісті елемей, қысымды реттеу контурына ие сызықтандырылған гидрожетек динамикасының теңдеуі мынадай түрде жазылады:

$$\Delta x = K_{зад} \Delta u - K_{зад} K_{воз} (T_r s + 1) \Delta F_H / s \left( \frac{1}{\omega_r^2} s^2 + \frac{2d_r}{\omega_r} s + 1 \right) \quad (2.34)$$



2.4 - сурет – Монолитті нысандар мен бетон төсеу траекторияларының жоспарлары



2.5 - сурет – ПИД – реттегішке және қысымды реттеу контурына ие гидрожетектің құрылымдық схемасы

Жүктеме қысымы бойынша теріс кері байланысты пайдалану жетектің бәсеңдетілуін жақсартуға мүмкіндік береді, бұл жайт контурдың сипаттамалық жиілігіне және күшейту коэффициентіне әсер етпейді. Басқару құрылымына ПИД-реттегішті енгізу бетон төсейтін манипулятордың гидрожетегінің қалаулы динамикалық сипаттамаларын алуға мүмкіндік береді. Қысымды реттеудің

бағынышты контурымен және ПИД-реттегішпен жабдықталған гидрожетегі бар манипулятор буынының құрылымдық схемасы 2.5-суретте келтірілген.

ПИД-реттегішті басқару заңын және жетек динамикасының теңдеуін пайдалана отырып, беруші және ұйытқытушы әсерлер бойынша гидрожетектің беріліс функцияларын жазамыз:

$$W_{\text{зад}}(s) = \frac{x(s)}{u_{\text{уп}}(s)} = \frac{K_A(K_D s^2 + K_N s + K_I)}{a(s)}, \quad (2.35)$$

$$W_{\text{воз}}(s) = \frac{x(s)}{F_{\text{и}}(s)} = \frac{-s(T_I s + K_N K_{\text{рд}} + 1)}{a(s)} \quad (2.36)$$

мұндағы  $K_p$ ,  $K_d$ ,  $K_i$  - пропорционалды, дифференциалды және интегралды құрауыштар бойынша ПИД-реттегіштің беріліс коэффициенттері.

Гидрожетегі бар бетон төсейтін роботтарды басқарудағы басты мәселе параметрлердің белгісіз болуына негізделеді. Осы себепті робот динамикасын алдын-ала өтей отырып, жағдай бойынша басқаруды пайдалану қызығушылық тудырады. Басқару инерция моменттерімен, Кориолис моменттеріне және гравитациялық күштермен түсіндірілетін қозғалғыштық дәрежелері арасында әрекет ететін динамикалық күштерді реттей отырып, орталықсыздандыру принципі бойынша іске асырылады. Референстік траекториялар бойымен қозғалу кезінде бетон төсейтін роботтардың үздік динамикалық сипаттамаларын алу үшін динамикалық модель негізінде әрбір жалпыланған координат үшін түзетуші әсерлер есептеп шығарылады. Белгілі бір жылдамдықпен белгіленген траектория бойынша қозғалысты қамтамасыз ететін манипулятордың жетектік жүйесінің орын ауыстыруының қажетті күш салулары компенсаторлық құрылғымен өндірілетін басқарушы әсерлермен белгіленеді. Оларды жетектік жүйенің сызықтандырылған моделін пайдалану негізінде оңай алуға болады.

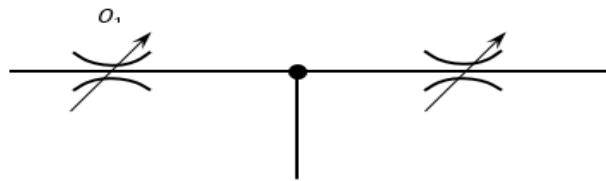
## 2.2 Жылдамдықты дроссельдік реттеуге ие қадағалаушы гидрожетекті модельдеу

Қазіргі заманғы дроссельдік гидрожетек жалпы қоректену көзі арқылы тікелей және кері байланыстардың көп санына ие күрделі көп каскадты динамикалық жүйе болып келеді. Каскадтар аналитикалық және аналитикалық емес сызықтықтары бар сызықтық емес дифференциалдық теңдеулермен сипатталады. Дроссельдік гидрожетектің  $x$  негізгі кіріс сигналы мен гидроқозғалтқыштың  $v$  жылдамдығы арасында бейголомомды байланыстың болуы динамикалық процестерді зерттеу кезінде бір мезгілде гидроқозғалтқыштың қуыстарындағы  $\Delta p$  қысымдар айырымын бақылауды жүзеге асыру қажеттілігін тудырады, бұл ретте  $P_v$  жүктемесінің ұйытқышы күш салуларының әрекетін ескеру керек. Соңғысы дроссельді гидрожетекті екі арналы жүйе ретінде қарастыруға мәжбүр етеді.

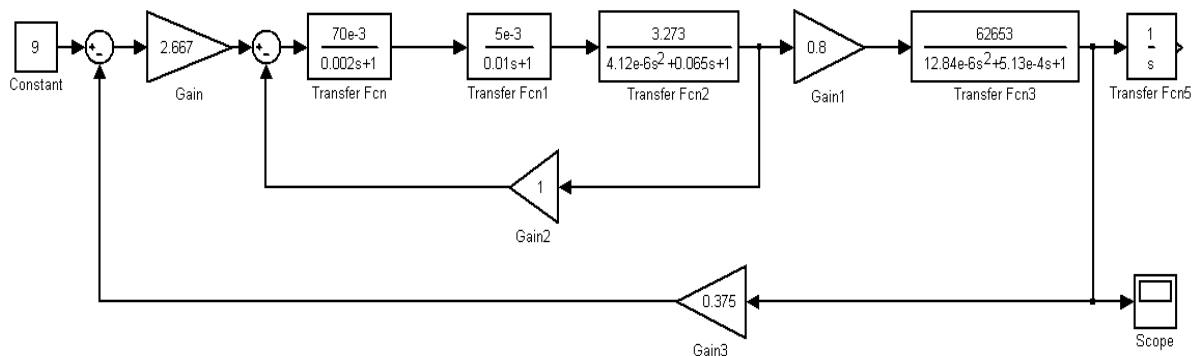
Зерттелетін гидрожетектің құрамында дифференциалдық теңдеулермен дербес туындыларда сипатталатын үлестірілген параметрлері бар элементтер болған жағдайда, Лапласстың интегралды түрлендіру аппараты дәл шешілген кезде, модельдеудің жуық әдістері, шоғырландырылған параметрлерге ие тізбектей қосылған төртполюстіктің тізбектері көмегімен пайдаланылады.

Дроссельді гидрожетек жұмысының математикалық сипаттамасы үш типті теңдеулерден құралады: Даламбер принципіне сәйкес күш теңдеулері, гидрожүйенің кез келген нүктесінде жұмыс сұйықтығы ағынының үздіксіздігі шартына сәйкес шығындар теңдеулері, гидравликалық жергілікті кедергілерде, дроссельдерде және золотник жұптарындағы жұмыс сұйықтығы ағынының теңдеулері. Теңдеулердің соңғы типі және осы теңдеулерге сәйкес келетін құрылымдық схемалар аса ерекше болып келеді.

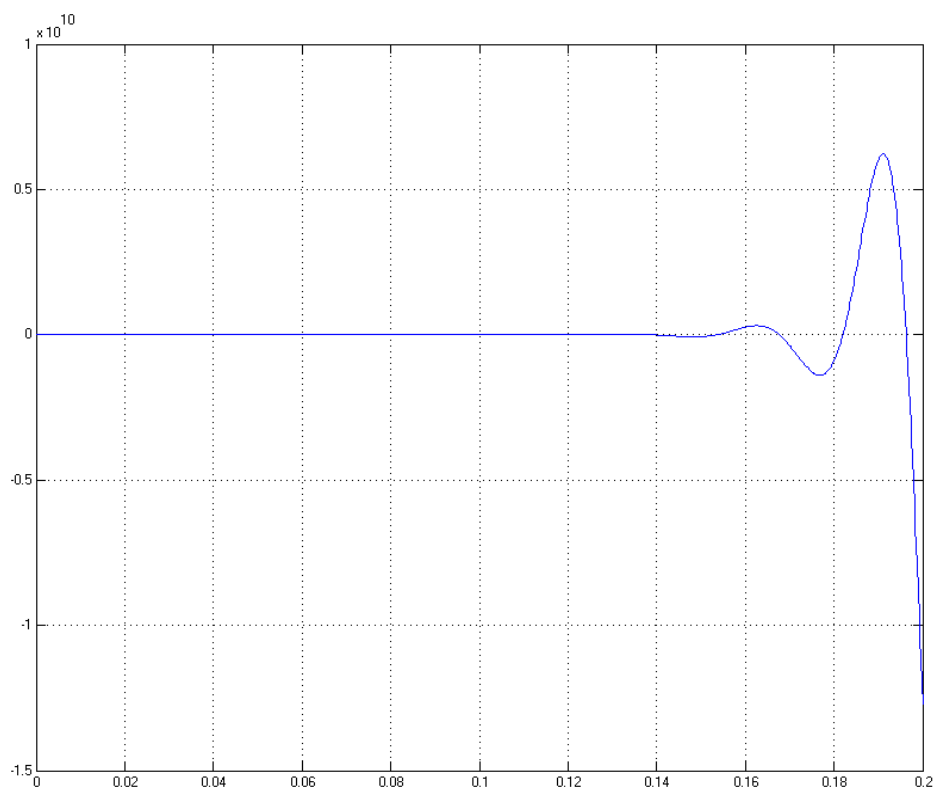
Дроссельді гидрожетектің сызықтық емес және сызықтандырылған құрылымдық схемаларын құрастыруды аралық математикалық есептеулерді барынша азайта отырып, типтік элементар буындардан тікелей оның принципіалды схемасы бойынша жүргізген жөн. Қадағалаушы жүйелерінде ең көп қолданылатын төрт саңылаулы золотникті гидрокүшейткіштердің кез-келгенінде екі гидравликалық дроссельді қамтитын элементар магистраль болады.



2.6 - сурет – Элементар гидравликалық тізбек



2.7 - сурет – Дроссельдік реттеуге ие қадағалаушы гидрожетектің динамикалық моделінің құрылымдық схемасы



2.8 - сурет – Қозғалыс жылдамдығын дроссельдік реттеуге ие қадағалаушы гидрожетектің өтпелі процесінің графигі

2.6-суретте элементар гидравликалық тізбек көрсетілген, ол келесі элементтерден тұрады:  $x_1$ ,  $x_2$  – гидравликалық дроссельдердің жылжымалы элементтерінің кіріс механикалық орыс ауыстырулары,

- $p$  – дроссельаралық камерадағы қысым,
- $Q$  – жүктеме магистраліндегі шығын,
- $p_0$ ,  $p_{сл}$  - сәйкесінше айдамалау қысымы және ағызу қысымы,
- $Q_1$ ,  $Q_2$  - сәйкесінше бірінші және екінші дроссельдер арқылы шығындар.

Бұл схема электргидравликалық қадағалаушы жетектің функционалды және құрылымдық схемаларының негізінде құрастырылған, мұнда оның математикалық сипаттамасы сызықтандырылған және жеңілдетілген.

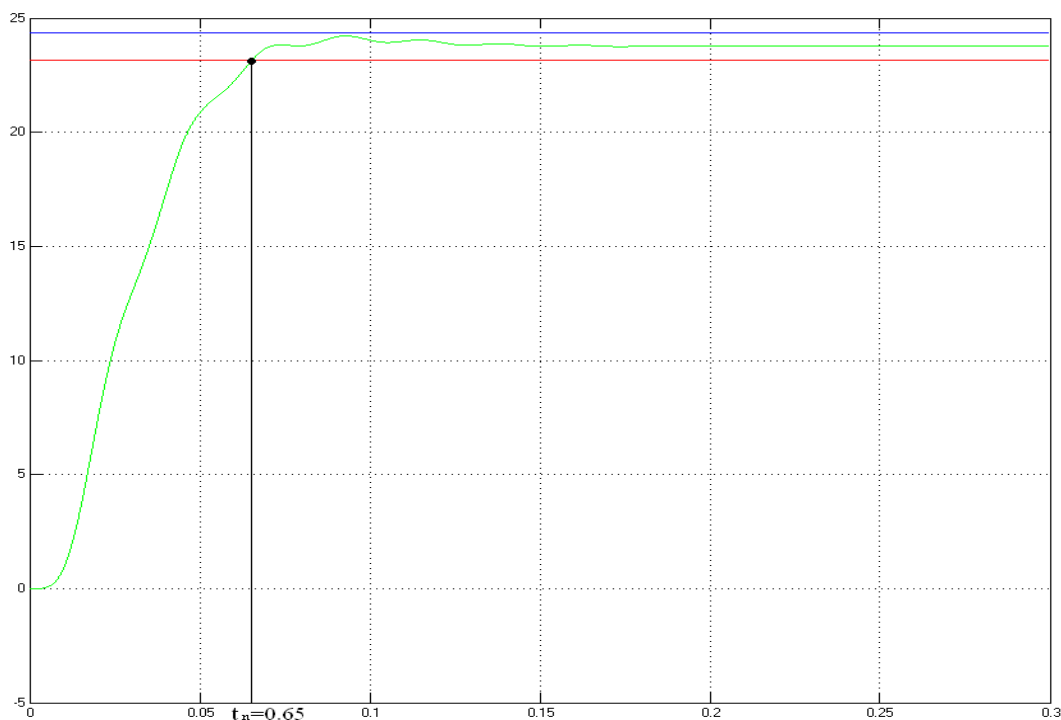
Өтпелі процесс графигінен біз жүйенің тұрақсыз екенін көреміз. Өтпелі процестің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін, сондай-ақ жүйенің қажетті сапа көрсеткіштерін қамтамасыз ету үшін келесі шаралар қабылданды:

Басқару блогының беріліс коэффициенті ұлғайтылды  $K_{AO} = 0,5$ ;

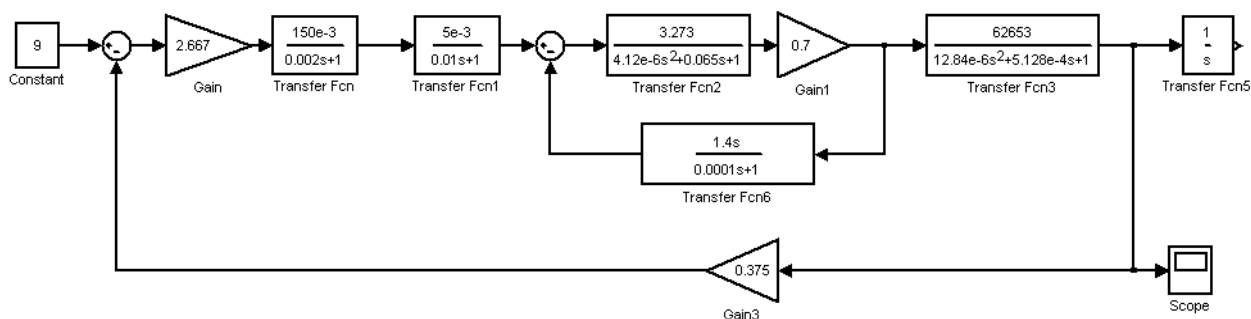
Дроссельдеуші үлестіргіш тізбегіне түзетуші буын енгізілді. Буынның беріліс функциясы  $W_k = \frac{1.4Ps}{0.0001Ps+1}$ .

Жүйенің түпкілікті құрылымдық схемасы 2.10-суретте көрсетілген, ал оның өтпелі процесінің графигі 2.9-суретте көрсетілген.





2.9 - сурет – Қозғалыс жылдамдығын дроссельдік реттеуге ие қадағалаушы гидрожетектің өтпелі процесінің графигі



2.10 - сурет – Дроссельдік реттеуге ие қадағалаушы гидрожетектің динамикалық моделінің түзетілген құрылымдық схемасы

### 2.3 Техникалық құралдар кешенін (ТҚК) таңдау

Бетон манипуляторына арналған осы АБЖ бірнеше иерархиялық деңгейден тұрады:

- төменгі – бергіштер деңгейі;
- ортаңғы – Siemens фирмасының (Германия) базасындағы контроллерлер деңгейі;
- жоғарғы – операторлық станциялар деңгейі.

ТҚК құралдарының төменгі деңгейі қысым, температура, шығын датчиктерінен, газдануды өлшеуге арналған аспаптардан, бекіту және реттеу арматураларынан, сорғылардан тұрады. Бұл ТП АБЖ-де Siemens неміс фирмасы, ресейлік Метран, Теплоприбор фирмалары секілді әртүрлі өндіруші фирмалардың процесіне әсер ететін бергіштер мен құралдарды пайдаланады.

ТҚК құралдарының орташа деңгейі SIEMENS фирмасы ұсынған SIMATIC S7-315 контроллерінен тұрады. Контроллердің конфигурациясы процесті одан әрі модернизациялау кезінде қосымша енгізу-шығару модульдерін өрістетуге мүмкіндік береді. ТҚК құралдарының жоғарғы деңгейі бір-бірімен және өндірістік процестің басқа жұмыс станцияларымен Industrial Ethernet шинасы бойынша байланысқан жұмыс станцияларынан (дербес компьютерден) тұрады, бұл жайт та деректерді берудің жеделдігін және технологиялық процесті, сондай-ақ бүкіл өндірістік процесті басқаруды жүзеге асыруды қамтамасыз етеді. Процестің жай-күйі туралы ақпаратты көрсету ыңғайлылығы үшін және жұмыс станцияларынан процесті жедел басқару үшін WinCC жүйесі SCADA пайдаланылады. Деректерді тіркеу үшін принтер пайдаланылады.

## 2.4 Төменгі деңгейлі ТҚК таңдау

Манипулятордың АБЖ ұйымдастыру үшін бергіштердің әртүрлі түрлерін пайдаланамыз. Манипулятордың электр жетегінің жай-күйін визуалдандыруды ұйымдастыру үшін температура бергіштері және айналу жиілігін өзгерту үшін СББ қажет болады. Температура бергіштері электр қозғалтқышының қызуын, гидравликалық жүйедегі майды бақылау үшін, және манипулятордың авариялық және қалыптан тыс жұмыс режимдерін болдырмау үшін қажет. Біздің жобада температура бергішінің 2 типін пайдаланамыз.



2.11 - сурет – ТСМ Метран-243 температура бергіші

Біріншісі ТСМ Метран -243 (50М) типті электр қозғалтқышының температурасын бақылауға арналған, ол шағын габаритті мойынтіректердің және қатты денелер бетінің температурасын өлшеуге арналған, ал ТСМ Метран-204 сұйық және газ тәрізді заттардың температурасын өлшеуге арналған. Температура бергіштері түрлендірудің номиналды статикалық сипаттамасымен

(НСС) жасалады. Температура бергіштері үшін де климаттық орындалу пен агрессивті қоршаған орта маңызды. Температура бергіштерінің жұмыс принципі температураның өзгеруі бойынша заттар кедергісінің өзгеруіне негізделген. Бергіштерде негізінен платинум пайдаланылады, ол температура жоғарылаған сайын кедергіні арттырады. 2.1-кестеде таңдалған температура бергіштерінің негізгі сипаттамалары көрсетілген.

Кесте 2.1 – Температура бергішінің сипаттамалары

Кедергі термотүрлендіргіштің типі	Рұқсат сыныбы	ТМД елдерінде		Халықаралық	
		W100 номиналды мәні	W100 ең төмен жол берілетін мәні	W100 номиналды мәні	W100 ең төмен жол берілетін мәні
ТСМ 204	A	1,3910	1,3905	1,3895	1,3845
	B		1,3900		1,3865
	C		1,3895		1,3895
ТСМ 243	B	1,4820	1,4720	1,4260	1,4250
	C		1,4900		1,4240

Сорғының және бетон араластырғыш қозғалтқышының айналу жылдамдығын басқару үшін біз жиілік түрлендіргіштерін (ЖТҚ) пайдаланамыз.



2.12 - сурет – Danfoss VLT5000 FLUX жиілік түрлендіргіші

Жиілікті біркелкі реттеу манипулятордың жұмысын оңтайландыруға мүмкіндік береді, сенімділікті арттырады және PID-реттегіштің логикасының көмегімен басқа электр қозғалтқыштарымен жиілікті өзара реттеуге мүмкіндік береді. ЖТ-ні жиілікті түрлендіру диапазонының шарттарына, шекті жол берілетін қуатқа сүйене отырып таңдаймыз. 2.2-кестеде біз таңдаған ЖТҚ сипаттамалары келтірілген.

Кесте 2.1 – ЖТҚ сипаттамалары

ЖТҚ типі	Қуат диапазоны	Реттеу диапазоны	Жұмыс кернеуінің диапазоны	Корпустың қорғаныс сыныбы
Danfoss VLT5000 FLUX	0,75 - 355 кВт	0-3000 айн/мин	200 - 240 В, и 380 - 500 В	IP00
Danfoss FC 302	0,75 - 270 кВт	0-3000 айн/мин	200 - 240 В, и 380 - 500 В	IP21/NEMA 1 и IP54

ЖТ-де жиілікті түрлендіру үшін магнит ағыны принципі пайдаланылады, ол шығыста жоғары жұмыс сипаттамаларын, 3 мс ішінде айналдыру моментін реттеуді және өте төмен жылдамдықтың өзінде керемет синхрондауды қамтамасыз етеді. Ажыратылған контур кезіндегі айналу жылдамдығының дәлдігі: +/- 0.5 % (8 айн/мин), тұйық контур кезінде: +/- 0.001 % (0.02 айн/мин). Магнит ағынын басқару екпіндеу кезінде (0,5 с) айналдыру моментінің 180%-ын, 60 с (тұйық контур) ішінде 0 айн/мин кезінде тежеу моментінің 160%-ын береді. Айналдыру моментін басқару дәлдігі: ажыратылған контур кезінде +/- 10%, тұйық контур кезінде +/- 5%. ЖТҚ өнеркәсіптік автоматикадағы интеллектуалды құрылғылар арасындағы барлық деректер алмасу хаттамаларын қолдайды, SCADA жүйесіне интеграциялау мүмкіндігі бар. Біздің жобада манипулятордың ТП АБЖ ұйымдастыру үшін ЖТ-нің аналогтық кірістері мен шығыстарын пайдаланатын боламыз.

Автоматизацияның функционалдық схемасында 101-1, 101-2, 103А, 104 позициялары ретінде бегіленген сұйықтық деңгейінің бергіші СДБ- 1 М дискретті электр сигналын беру арқылы жарылысқа қауіпі жоқ әртүрлі технологиялық аппараттардағы сұйықтық деңгейін және екі араласпайтын сұйықтықтың бөліну деңгейін бақылауға арналған. СДБ-1 М бергіші ұшқынға қауіпсіз кірістері бар қайталама аспаппен жиынтықта жұмыс істеген кезде жарылыс қауіпі бар қоспалар түзілуі мүмкін технологиялық аппараттарда пайдаланылады.

Жұмыс ортасы – су, май және өнеркәсіптік агрегаттар, мынадай сипаттамаларға ие:

- температурасы, °С +5...+70;
- жұмыс қысымы, МПа, 1,6-дан артық емес;
- мұнай тығыздығы, г/см<sup>3</sup> 0,78 - 0,92;
- күкіртсутектің құрамы, %, 6-дан артық емес;

СДБ-1 М бергіші фазалардың бөліну деңгейінде өтпелі қабаттың ені 300 мм-ден артық болмаған кезде және осы қабаттағы тығыздық өсімшесі 0,15 г/см<sup>3</sup>-ден кем болмаған кезде жұмыс істеуге қабілетті.

## 2.5 Қысымды өлшеуге арналған аспап

Қысым бергіші автоматизацияның функционалдық схемасында 101, 108, 109, 115-1, 115-1р, 117А, 118, 116-1, 116-1р позицияларымен бегіленген, “Сапфир-22- Ех” жарылыстан қорғайтын орындалуға ие. Дайындаушы зауыт Мәскеулік “Манометр” ӨБ. 2060 моделі екі функционалды құрылғыдан тұрады: өлшеу блогы мен кіріктірілген электрондық құрылғыдан тұратын бастапқы түрлендіргіш және БПС–24 түрлендіргіш блогы. Сапфира-22-Ех құрылғысын қоректендіру БПС – 24 сигналдарды түрлендіру блогынан жүзеге асырылады, ол қалыптасатын шығыс бірыңғайланған ток сигналы мен өлшеу параметрі (БПС – 24 П) арасындағы сызықтық тәуелділіктің алынуын, сондай-ақ тарылтушы құрылғыдағы (БПС–24 К) қысым айырымының әдісі бойынша шығындарды өлшеу кезінде түрлендіргіштің статикалық сипаттамасының сызықтандырылуын қамтамасыз етеді. Блоктың (БПС–24 К) қоректенуі 220В немесе 240В кернеулі 50Гц жиілікті айнымалы токпен; тұтынылатын қуаты 40ВА. Блокты қоректендіру, БИК-1 тұбірін алу орындалуға байланысты 220В кернеулі 50Гц жиілікті айнымалы токпен немесе 36В кернеулі тұрақты токпен жүзеге асырылады.

Гидравликалық станцияның жай-күйін мониторингілеу үшін қысым бергіштері керек болады. Қысым бергішетір пайдалану кезінде манипулятордың үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету үшін бетон манипуляторы жетегінің гидравликалық жүйесіндегі май қысымына бақылау жүргізеді. Қысым жоғарылағанда немесе төмендегенде манипуляторды басқаруды бұғаттау сигналы қалыптасады. Өлшеу диапазоны және манипулятордың жұмыс істеуі кезінде едәуір дәрежеде ұлғаятын майдың жоғары температурасына деген төзімділік қысым бергішінің басты сипаттамасы болып табылады. 2.3-кестеде май қысымы бергішінің температуралық сипаттамалары келтірілген.

Кесте 2.3 – Май қысымы бергішінің сипаттамалары

Температура, С0	Бергішке жеткізілетін кернеу	Бергіш кедергісі, Ом
30	8	1350-1500
50	7,6	585-820
70	6,8	155-196
90	6	87-109

## 2.6 Бағдарламаланатын логикалық контроллерлерді (БЛК) таңдау

Орташа деңгейдегі ТҚК дегеніміз бағдарламалық техникалық кешен, ол SIMENSES7-315 контроллерінен және енгізу шығару модульдерінен тұратын болады. Бинарлық командалардың орындалу уақыты, дискретті кірістердің 1 К

сұрату уақыты, аралас командалардың орындалу уақыты және т.б. көрсетіледі. Бүгінгі таңда ұсынылатын өнімдердің спектрі аса кең.

Кесте 2.4 – Контроллер сипаттамалары

БЛК типі	SIMATIC S7-300	ADAM 5510	SYSMAC C200H
Өндіруші фирма	Siemens	Advantech	Otron
Ел	Германия	АҚШ	Жапония
Температура диапазоны (°C)	- 45 +55	-35 + 40	0 +55
Ауа ылғалдылығы (%)	10-90	5-95	5-95
Кепілдік мерзімі (жыл)	3	1	1
Қаңқадағы модуль саны (дана)	45 дейін	8 дейін	5/8/10
Модульдегі арна саны	8/16/32	8	8/16/32
Модуль өлшемдері (мм)	125*40*120	110*31*75	130*32*118
Модульдің салмағы (г)	180 - 300	65-95	190-300
Тұтыну қуаты (Вт)	0,6 -2	1,5 – 4	0,5 -2

Барлық SIMATIC контроллерлері жоғары өнімділікке, қатал климаттық және механикалық әсерлерге төзімділікке ие, үлкен тезәрекеттікке ие. Оларға модификация жасау оңай. Осы ретте бұл құрылғылардың өлшемдері үлкен емес.

2.1-кестеде кең тараған әртүрлі фирмалардың БЛК-лерінің кейбір сипаттамалары келтірілген. Соңғы төрт жолда дискретті енгізу-шығару модульдерінің параметрлері көрсетілген. Олардың барлығы магистральдық-модульдік принцип бойынша құрылған, панельге немесе DIN-рейкаға монтаждалады, +24 В кернеу бойынша жұмыс істейді, Fieldbus алмасу хаттамаларын қолдайды, модульдердің кең таңдауына ие:

- дискретті кіріс/шығыс модульдері;
- коммуникациялық модульдер;
- аналогтық кіріс/шығыс модульдері;
- термореттегіштердің модульдері;
- позициялау модульдері;
- ПИД-реттегіш модульдері;
- қозғалысты басқару модульдері.

Барлық SIMATIC контроллерлері жоғары өнімділікке, қатал климаттық және механикалық әсерлерге төзімділікке ие, үлкен тезәрекеттікке ие. Оларға модификация жасау оңай. Осы ретте бұл құрылғылардың өлшемдері үлкен емес.

Біздің жағдайда біз Siemens фирмасына тоқтадық және осы компанияның алуантүрлі өнімдерінің ішінен Simatic S7-300 жұмыс станциясы өзінің мүмкіндіктері бойынша Боранкөл кен орнындағы дренажды үрлеудің кіші жүйесіндегі басқару процесінің күрделілігіне сай келеді. Басқаша айтқанда,



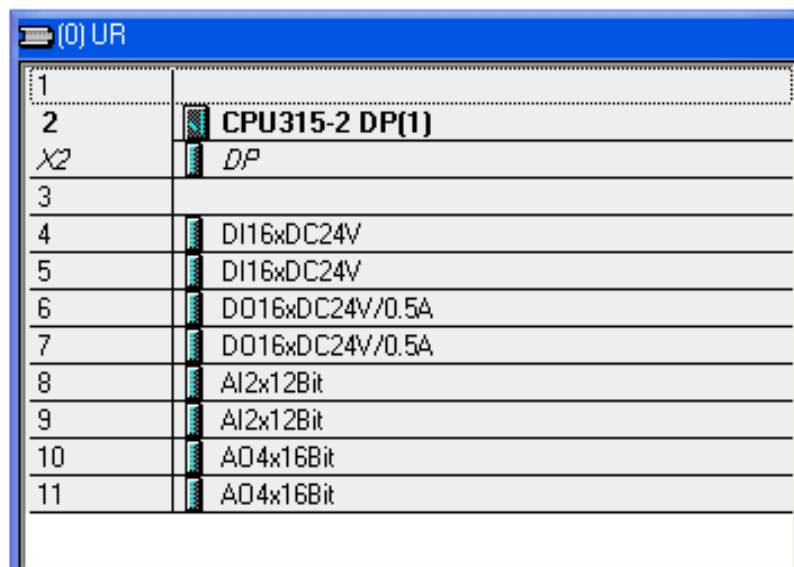
контроллердің жады мен өнімділігі жеткілікті және ең ұтымды жолмен пайдаланылады.

Simatic S7-300 - бұл табиғи салқындатумен жұмыс істейтін модульдік бағдарламаланатын контроллерлер. Модульдік конструкция, үлестірілген басқару құрылымдарын құру мүмкіндігі, пайдаланушы үшін қолайлы интерфейсстің болуы контроллерді өнеркәсіптік өндірістің әртүрлі салаларында автоматты басқару міндеттерінің кең ауқымын үнемді жолмен шешу үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Орталық процессоры, қоректену блогы және енгізу шығару модульдері бар БЛК бір DINрейкаға біріктіріледі. SimaticManager бағдарламасында HardwarConfiguration бөлімінде рейка және енгізу мен шығару модульдерін қамтитын СПУ типі таңдалады. 2.11-суретте біздің жобада пайдаланылатын аппараттар көрсетілген.

№1 слотта PS 307 қоректену көзі орналасқан, оған тапсырыс беру коды 6EA-307-5HB00-OAXA. Қоректену көзін 220-380В-қа автоматтандыру жүйелері мен қайталама қосылыстар үшін бірыңғайланған 24 В-қа түрлендіреді, ал шығысы 10 А болады. Слотта нөмірі бойынша екінші болып ОПҚ (орталық процессор) орналасады. Біздің жобада S7-315 2 DP типті ОПҚ пайдаланылатын болады. Атау кеңістігіндегі 2 DP бұл ОПҚ-да негізгі MPI интерфейсiнен бөлек SCADA жүйесі секілді жүйені кеңейтуге және жоғары басқару деңгейіне интеграциялауға арналған PROFIBUS байланыс хаттамасын қолдайтын DP қосымша интерфейсi бар екенін білдіреді. № 3 слотты бағдарлама кеңейтудің интерфейсiтік модулі үшін автоматты түрде резервке алынады. Егер келешекте бағдарламалық-аппараттық бөлікті кеңейту жоспарланса, онда мұндай кеңейту осы слотқа интерфейсiтік модульді қосу арқылы мүмкін болады. Үшінші слоттағы интерфейсiтік модульден басқа, CP коммуникациялық процессорын пайдалануға болады. Слоттың төртінші нөмірінен пайдаланушы енгізу шығару модульдерін кез келген тәртіппен орналастыра алады. Біздің жобада төртінші слотта 16 арнасы бар дискретті кірістер модулі орналасқан. Өзінде 2 байт ақпаратты алып жүреді. Модульді қоректендіру PS 307 арқылы 24В тұрақты ток арқылы жүзеге асырылады. Бұдан әрі дискреттік модульге бергіштер, релелік немесе дискретті шығысы бар өлшеу аспаптары қосылады. Дискретті шығыстарға атқарушы реле контакторлар және жай-күйдің сигнал шамдары қосылады. №8 слоттан аналогтық кіріс және шығыс сигналдарының модульдері басталады. Аналогтық кіріс модульдерінде 12 разрядтық АЦТ (аналогтық-цифрлық түрлендіргіш) жүйесіне ие 12 арна бар. Осы модульдің әрбір аналогтық арнасы өзінде 2 байт ақпаратты алып жүреді. Аналогтық кіріс модульдеріне температура мен қысым бергіштері және оператордың басқару пультінен потенциометр қосылады. Аналогтық сигналдарға арналған деректер типі ретінде INT пайдаланылады, бұл бүтін санды білдіреді. Біздің бағдарламада ол процесті визуализациялау және қорғау үшін инженерлік бірлікте масштабталатын болады. Аналогтық шығыстарға ЖТҚ және гидравликалық жүйенің пропорционалды клапандары қосылады. Аналогтық шығыс сигналдарының көмегімен технологиялық процесс үшін қажетті жиілік пен клапан ысырмасы

орнатылады. Аналогтық сигналдар дискретті сигналдар секілді бірыңғайланған. Аналогтық сигналдар ток, терможұп және кернеу сигналдары болып бөлінеді. Ток модульдері 4 және 20 мА аралығындағы ток мәніне ие, ал кернеу модульдерінікі -10В және +10В аралығында. Мұның барлығы өлшеу түрлендіргіштерін өлшеудегі қатені ескере отырып алынды.



№	Модуль
1	
2	<b>CPU315-2 DP(1)</b>
X2	DP
3	
4	DI16xDC24V
5	DI16xDC24V
6	DO16xDC24V/0.5A
7	DO16xDC24V/0.5A
8	AI2x12Bit
9	AI2x12Bit
10	AO4x16Bit
11	AO4x16Bit

2.11 - сурет – Рейкадағы пайдаланылатын аппараттар

## 3 БАСҚАРУ БӨЛІМІ

### 3.1 Бағдарламалық қамтылым құрылымы

Біздің нарықта ұсынылған, өнеркәсіптік контроллерлерді өндіріп шығаратын барлық фирмалардың ішінен тек Siemens фирмасын бөліп көрсетуге болады, бұл фирманың микроконтроллерлері осы объектіні автоматтандырудың барлық талаптарына жауап береді, олардың ішінде бағдарламалық өнімдердің сенімділігі, қарапайымдылығы, арзандығы және олардың кеңінен таралуы, жеңіл бағдарламалануы, бағдарламалық өнімдер мен жабдықтарды сипаттайтын әдебиеттердің қолжетімділігі, жабдықты пайдаланудың арзандығы бар. Siemens фирмасы, басқа фирмалармен салыстырғанда, Қазақстанға өнеркәсіптік жабдықтарды жеткізудің ең үлкен тәжірибесіне ие және өзін ең жақсы жағынан көрсетіп келеді. Сонымен қатар Siemens компаниясы соңғы жылдары өнеркәсіптік микропроцессорлық құралдардың қазақстандық нарығында үстемдікке ие. Бұл жайт болашақта Siemens компаниясының ақпараттық және аппараттық құралдарында тапшылық болмайтынын білдіреді. Осы деректерге сүйене отырып, бұл жобада Siemens фирмасының жабдықтары пайдаланылады. Siemens микроконтроллерлерін бағдарламалау үшін SIMATIC бағдарламалық қамтылымы қолданылады. SIMATIC өнеркәсіптік бағдарламалық қамтылымы - бұл SIMATIC S7/M7/C7 автоматтандыру жүйелеріне арналған толықтай үйлесімді сервистік бағдарламалардың жүйесі. Бұл бағдарламалық қамтылым пайдаланушыға ыңғайлы функциялар жиынтығын ұсынады, бұл функциялар өндірісті автоматтандырудың барлық кезеңдерінде қолданылады:

-аппараттық құралдардың және байланыс құралдарының параметрлерін жоспарлау, конфигурациялау және анықтау;

- пайдаланушының бағдарламалауы;
- құжаттама;
- тестілеу, іске қосу, қызмет көрсету;
- процесті басқару;
- деректерді мұрағаттау.

Бағдарламалық қамтылымның модульдік ұйымдастырылуы бірнеше дербес тапсырмалар немесе бір тапсырманың бөліктері бойынша жобалық жұмыстарды параллель түрде орындауға мүмкіндік береді.

SIMATIC өнеркәсіптік бағдарламалық қамтылымы келесі стандарттарды пайдаланады:

- DINEN 6.1131-3, осы стандарттың талаптарына SIMATIC бағдарламалау тілдері жауап береді;
- Windows 95, оның графикалық және объекттік-бағдарланған жобалау әдістерімен;
- SIMATIC өнеркәсіптік бағдарламалық қамтылымының жан-жақты толықтығы:
- ортақ дерекқорлар. Жобаның барлық деректері ортақ дерекқорда сақталады.

Бұл деректер барлық аспаптық құралдарға қолжетімді;

- аспаптық құралдардың кіріктірілген жүйесі. Жобаның әрбір кезеңі үшін пайдаланушыға қолайлы функциялар жиынтығы бар;
- ашықтық. SIMATIC өнеркәсіптік бағдарламалық қамтылымы кеңсе желісіне енгізу үшін ашық және жоғары өнімділікке ие;
- кез келген міндеттерді шешу үшін пайдаланудың қарапайымдылығымен ерекшеленетін проблемалық-бағдарланған аспаптық құралдар;
- бөлімдерді көп мәрте пайдалану. Бағдарламалардың әзірленген бөлімдерін кітапханаларда сақтауға болады және жаңа жобалар үшін дайын блоктар ретінде пайдалануға болады;
- жобалардың әртүрлі бөліктерінде параллельді түрде жұмыс жасау;
- бос тұрып қалу уақытын және онымен байланысты шығындарды азайтатын кіріктірілген диагностикалық функциялар.

Бүкіл SIMATIC өнеркәсіптік бағдарламалық қамтылымын төрт сыныпқа бөлуге болады:

- SIMATIC аппаратурасын бағдарламалаудың негізі болып табылатын стандартты аспаптық құралдар (StandardTools);
- жоғары деңгейлі бағдарламалау тілдерін және технологияға бағдарланған бағдарламалық қамтылымды қамтитын жобалаудың аспаптық құралдары (EngineeringTools);
- runtime (RuntimeSoftware) бағдарламалық қамтылымы – өнеркәсіптік жағдайларда практикалық қолдану үшін даярланған бағдарламалық қамтылым;
- адами-машиналық интерфейс (Human-machineInterface – HMI) – процестің жай-күйін жедел басқаруға және бақылауға арналған бағдарламалық қамтылым.

Стандартты аспаптық құралдар SIMATIC S7/C7/M7 басқару жүйелерін бағдарламалау үшін пайдаланылады. Стандартты аспаптық құралдарға мыналар жатады:

- STEP 7: барлық қолданылуларға арналған толық нұсқа;
- STEP 7-Mini: қарапайым міндеттерді шешуге арналған нұсқа. SIMATIC S7-300 және SIMATIC C7 нұсқаларын бағдарламалауға мүмкіндік береді.
- STEP 7-Micro: ең қарапайым пакт, SIMATIC S7-200 контроллерлерін бағдарламалау үшін пайдаланылады.

Жобалаудың аспаптық құралдары проблемалық-бағдарланған болып табылады және стандартты аспаптық құралдардың функционалдық мүмкіндіктерін кеңейту үшін қолданылады. Жобалаудың аспаптық құралдарын қолдану жобалау мерзімін және оны орындау шығындарын азайтуға мүмкіндік береді, сондай-ақ жобалау жұмыстарын орындау ыңғайлылығын арттырады.

Жобалаудың аспаптық құралдарының құрамына мыналар кіреді:

- жоғары деңгейлі бағдарламалау тілдері;
- технология саласындағы мамандарға арналған графикалық тілдер;

Диагностикалауға, модельдеуге, үлестірілген басқаруға, құжаттаманы жүргізуге және т.б. арналған көмекші бағдарламалық қамтылым.

Runtime бағдарламалық қамтылымы пайдаланушы бағдарламаларында стандартты басқару функцияларын орындайтын алдын ала бағдарламаланған блоктарды пайдалануға мүмкіндік береді. Runtime бағдарламалық қамтылымының екі нұсқасы бар, аппараттық тәуелді бағдарламалық қамтылым, ол жабдықтардың нақты типтері үшін, мысалы, контроллерлердің функционалдық модульдері үшін әзірленеді. Аппараттық тәуелсіз бағдарламалық қамтылым, ол келесі міндеттерді орындау үшін пайдаланылады:

SIMATIC S7 контроллерлері үшін стандартты басқару заңдарын іске асыру, модульдік басқару немесе бұлдыр логикалы басқару (fuzzy);  
Басқару жүйелері мен стандартты Windows қосымшалары арасындағы байланысты іске асыру;

SIMATIC M7 арналған нақты уақыттағы операциялық жүйе. Адамини-машиналық интерфейстің құрамында процесті жедел басқаруға және оны визуализациялауға арналған бағдарламалық қамтылым бар. SIMATIC адамини-машиналық интерфейсі келесі өнімдерге негізделеді:

- оператор панельдерін конфигурациялау үшін ProTool және ProTool/Lite;
- ProAgent – процесті диагностикалауға арналған пакет;

WinCC – Windows 9x немесе Windows NT басқаруымен жұмыс істейтін визуализациялаудың тез әрекет ететін жүйесі.

SIMATIC S7, SIMATIC M7 и SIMATIC C7 бағдарламалауға арналған барлық стандартты аспаптық құралдары STEP 7 базалық бағдарламалық қамтылымының құрамына кіреді. STEP 7 қолайлы интерфейсі аталған басқару жүйелерінің барлық есептеуіш мүмкіндіктерін оңай пайдалануға мүмкіндік береді. Аспаптық құралдардың құрамында басқару жүйесін құрудың барлық кезеңдерін іске асыру үшін қажетті пайдаланушыға қолайлы функциялар бар:

- аппараттық құралдарды конфигурациялау және параметрлеу;
- байланыс параметрлері мен түрін орнату;
- бағдарламалау;
- тестілеу, іске қосу және қызмет көрсету;
- деректерді құжаттау және мұрағаттау.

PG 720, PG 720C, PG 740 және PG 760 программаторларын жеткізу жиынтығына STEP 7 кіреді. Ол Windows 95, 98, 2000, XP басқаруындағы дербес компьютерлерде жұмыс істей алады. Соңғы жағдайда PG 760 үшін MPI картаны немесе адаптерді пайдалану қажет.

3.2 және одан жоғары нұсқадағы STEP 7 жобаны бірнеше пайдаланушымен әзірлену мүмкіндігін қамтамасыз ете отырып, Windows NT басқаруымен жұмыс істеуге қабілетті. STEP 7 автоматтандыру жобаларын әзірлеу үшін келесі аспаптық құралдар жиынтығын пайдалану мүмкіндігін қамтамасыз етеді:

SIMATIC Manager: ұжымдық басқару үшін, SIMATIC S7, SIMATIC M7 және SIMATIC C7 үшін барлық аспаптық құралдар мен деректерге ыңғайлы шолу интерфейсімен;

Символдық редактор: символдық белгілерді, деректердің типтерін анықтау үшін, ғалами айнымалыларға комментарийлерді енгізу үшін;

Аппараттық құралдардың конфигураторы: жүйе конфигурациясын автоматты түрде таңдау және барлық модульдер үшін орнату параметрлерін анықтау үшін;

Байланыс: MPI интерфейсі арқылы жүйенің компоненттері арасындағы уақытты бойынша басқарылатын немесе циклдік деректерді беру параметрлерін анықтау үшін немесе MPI, PROFIBUS немесе IndustrialEthernet арқылы деректерді оқиғалық беру үшін;

Ақпараттық функциялар: орталық процессор деректерін жылдам қарау және бағдарламаны орындаудағы іркілістердің себептерін анықтау үшін.

Бағдарламаларды әзірлеу үшін STEP 7 келесі стандартты бағдарламалау тілдерін пайдалануға мүмкіндік береді:

- нұсқаулықтар тізімі (Statement List – STL);
- сатылы логика диаграммалары (Ladder Diagram – LAD);
- функционалды блок диаграммалары (Function Block Diagram – FBD).

Автоматтандырудың спецификалық міндеттерін шешу үшін стандартты бағдарламалау тілдерінен бөлек қосымша тілдер немесе технологиялық-бағдарланған аспаптық құралдар пайдаланылуы мүмкін. STEP 7- STEP 5 немесе TISOFT пайдалана отырып жазылған бағдарламаларды конвертациялауға мүмкіндік беретін ұралдармен жаратандырылған.

### **3.2 SIMATICManager**

SIMATICManager жобаның қандай жүйеде (SIMATICS7/M7/C7) іске асырылғанына қарамастан оның барлық деректерін басқарады.

Ол SIMATICS7/M7/C7 арналған барлық аспаптық құралдарды пайдалануға мүмкіндік береді. Таңдалған деректерді өңдеу үшін қажетті сервистік бағдарламалар менеджермен автоматты түрде іске қосылады. Осы аспаптық құралдар туралы ақпарат STEP 7 пакеті сипаттамасының барлық бөліктерінде келтірілген.

Символдық редактор барлық ғалами айнымалыларды басқаруға мүмкіндік береді (блоктарды бағдарламалау кезінде жарияланатын жергілікті формальды параметрлермен салыстырғанда). Редакциялау кезінде келесі функциялар пайдаланылуы мүмкін:

Символдық белгілеулерді анықтау функциялары және әртүрлі кіріс және шығыс сигналдары, жад биттері және блоктар үшін комментарий енгізу.

Басқа Windows бағдарламаларынан деректерді импорттау/экспорттау функциялары. Тиісті құралдар жұмыс істеген кезде генерацияланатын символды барлық қосымшаларда пайдалануға болады. Осының есебінен символдық параметрдің өзгеруі барлық аспаптық құралдармен автоматты түрде танылады.

Электрондық каталогтан деректерді таңдап, модульдерді таған ажыратқыштары бойынша орналастыра отырып жүйені конфигурациялау.

Үлестірілген енгізу-шығару жүйесін конфигурациялау, енгізу-шығару құрылғысын арналар бойынша үлестіру.



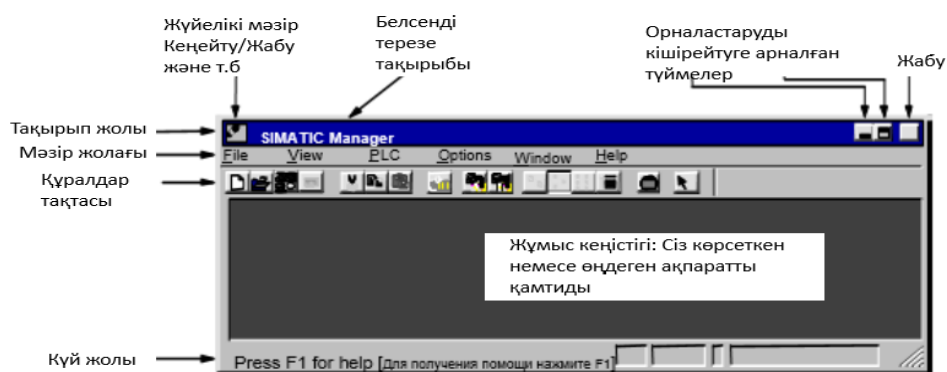
Орталық процессор параметрлерін орнату. Іске қосу сипаттамалары және бағдарламаның сканерлеу уақытын тексеру мәзірдің көмегімен түзетіледі. Мультипроцессорлық жүйелерге қолдау көрсету қамтамасыз етіледі. Енгізілген деректер орталық процессордың жүйелік блоктарына табысталады.

Модульдердің (аппараттық) параметрлерін орнату. Барлық реттелетін параметрлерді тиісті экрандық нысандардың көмегімен орнатуға болады. Бұл параметрлерді міндетті түрде DIP ауыстырып-қосқыштарының көмігемін орнату қажеттілігі жойылады. Модульдердің параметрлерін оқып алу орталық процессормен қоректену қосылған кезде автоматты түрде жүргізіледі. Осылайша, бір модульді екіншісіне ауыстыру параметрлерді қосымша орнатусыз жүзеге асырылуы мүмкін.

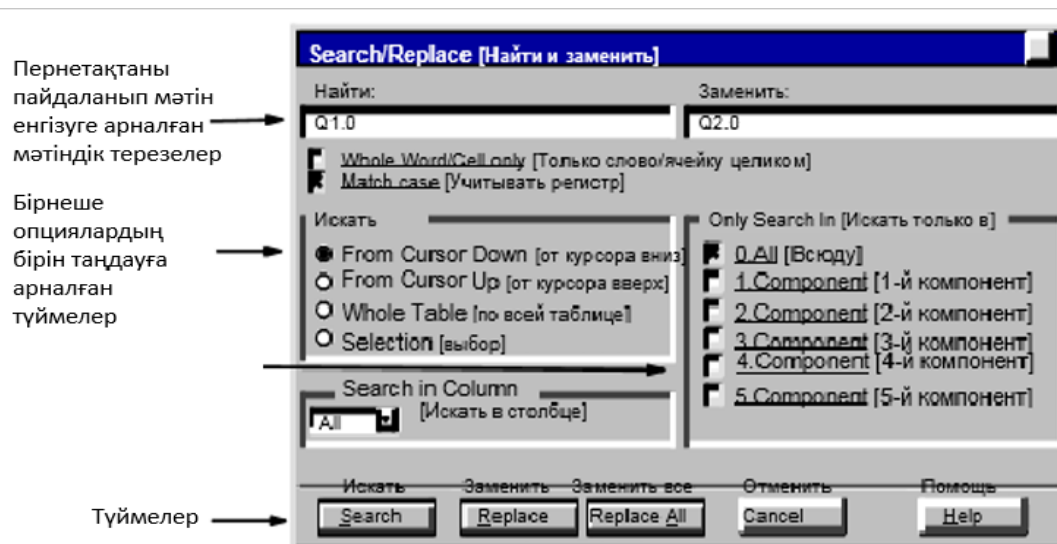
Осы дипломдық жобада манипулятордың автоматикасын басқару үшін S7-300 станциясын пайдаланатын боламыз.

SIMATIC S7-300/400 модульдік бағдарламаланатын контроллер болып табылады, ол келесі компоненттерден тұрады:

- тағандар (Racks). Модульдерді орналастыру және оларды өзара байланыстыру қызметін атқарады;
- электр қоректендіру (PowerSupply, PS). Ішкі құрылғыларға электр қоректің берілуін қамтамасыз етеді;
- орталық процессорлық құрылғы (CentralProcessingUnit, CPU). Пайдаланушының бағдарламасын сақтайды және өңдейді;
- интерфейстік модульдер (Interface Modules, IM). Бір тағанды екіншісіне жалғайды;
- сигналдық модульдер (Signal Modules, SM). Жүйелік сигналдарды ішкі сигнал деңгейіне бейімдейді немесе жетектерді цифрлық немесе аналогтық сигналдар арқылы басқарады;
- функционалдық модульдер (Function Modules, FM). CPU-дан тәуелсіз түрде күрделі немесе уақыт бойынша критикалық өңдеуді орындайды;
- коммуникациялық процессорлар (Communications Processors, CP);
- қосалқы желілермен (кіші желілермен) байланыстарды орнатады.



3.1 - сурет – SIMATIC Manager терезесі және құрал-саймандар панелі



3.2 - сурет – SIMATIC Manager-де жаңа объектіні құру терезесі

Кіші желілер (Subnets) бағдарламаланатын контроллерлерді бір бірімен және басқа құрылғылармен жалғайды.

Бағдарламаланатын контроллер (немесе станция) өзара шина кабельдерімен байланысқан бірнеше тағаннан тұруы мүмкін. Электр қоректендіру модулі, CPU және кірістер/шығыстар модулі (SM, FM және CP) (немесе I/O-модульдер) орталық тағанға қосылған.

Егер орталық тағандағы кірістер/шығыстар модульдері үшін орын жеткіліксіз болса немесе сіз I/O модульдерінің кейбірін немесе барлығын орталық тағаннан шығарғуды қаласаңыз, интерфейстік модульдер арқылы орталық тағанға жалғанған кеңейту тағандарын пайдалануға болады

### 3.3 SIMATIC WinCC адами-машиналық интерфейсі

Қазіргі заманғы басқару жүйелері ақпаратты визуалды қамтып көрсету жүйелеріне жоғары талаптар қояды. Деректер операторға тез, айқын әрі түсінікті түрде берілуі тиіс. Бұған қоса, бұл деректер машиналық деңгейде өңделіп, мұрағатталуы тиіс. SIMATIC WinCC ұқсас тағайындалудағы жаңа жүйе болып табылады. Пакет пиксельді графикалық интерфейсті пайдаланады және терезелік технологияны қолдануға негізделеді. Runtime пакет келесі көрсеткіштермен сипатталады:

- процесті визуалды бақылау;
- хабарламалардың интеграцияланған жүйесі;
- өлшеу нәтижелері мен хабарламаларды мұрағаттау;
- пайдаланушы қажеттіліктеріне арналған Visual Basic Script;

SIMATIC S5, SIMATIC S7, SIMATIC TI 500/50 құрылғыларын және басқа фирмалардың контроллерін қамтитын стандартты интерфейс.

### 3.4 Бағдарламаны кіші жүйелерге бөлу

Бетон жұмыстарының манипуляторы бағдарламасының нақты жұмыс істеуі үшін бағдарламаны функционалды облыстар бойынша бөлу керек. Манипулятордың бағдарламалық қамтылымын үш кіші бағдарламаға бөлуге болады:

- бетон араластырғышты басқару бағдарламасы;
- сорғыларды, бетон құюды басқару бағдарламасы;
- гидравликалық жүйе жиынтығын басқару бағдарламасы.

STEP7 бағдарламалау тілінде кіші бағдарламаларды және WinCC-де визуализация терезелерін құру үшін бағдарламаның алгоритмін жасау керек, бұл манипуляциялық қондырғыны басқару бағдарламасын тезірек және дұрыс жасауға мүмкіндік береді.

Алгоритмдік модуль кіші жүйенің технологиялық бақылау параметрлері немесе авариялық қорғаныс болып табылатын сигналдарды өңдеуге және бақылауға арналған.

Модуль келесі функцияларды орындайды:

- параметр мәнін өңдеу және ауыстыру режимдерін орнату;
- қолданыстағы (авариялық) мәнді сақтау;
- параметрдің дұрыстығын бақылау;
- параметрдің шекті және авариялық мәндерін бақылау.

Модуль әмбебап болып табылады, яғни оны кез келген нысанды автоматтандыру жүйелері үшін алгоритмдерде қолдануға болады. Бақылау объектісі деңгейдің технологиялық параметрінің шекті немесе авариялық мәні дабыл бергішінен PLC кірісіне түсетін сигнал болып табылады. Аналогтық сигналдар интерфейс бойынша біріктірілген: 4-20 мА. Жалпы, CPU арналған бағдарламалық қамтылым операциялық жүйеден (operating system) және пайдаланушы бағдарламасынан (user program) тұрады. Операциялық жүйе - бұл ресурстарды пайдаланатын барлық жүйелік ресурстар мен процестерді басқаруды жүзеге асыратын барлық нұсқаулар мен сипаттамалардың жиынтығы. Ол электрлік қоректену істен шыққан жағдайда деректерді резервтеу, басым сыныптарды белсендіру сияқты және т.б. мүмкіндіктерді қамтиды. Операциялық жүйе - бұл пайдаланушының жазу режимінде қол жеткізе алмайтын CPU компоненті. Алайда, мысалы, бағдарламаларды жаңарту жағдайында операциялық жүйені жад картасынан қайта жүктеуге болады.

Пайдаланушы бағдарламасы - бұл белгілі бір автоматтандыру міндетіне сәйкес кәсіпорынды (процесті) басқару жүзеге асырылатын сигналдарды өңдеуге арналған барлық нұсқаулықтар мен сипаттамалардың жиынтығы.

Әрбір оқиға арнайы ұйымдастырушылық блокқа (organization block – OB) сәйкес келеді. Пайдаланушы бағдарламасындағы ұйымдастырушылық блоктар басым сыныптар механизмін жүзеге асырады. Оқиға болған кезде CPU тағайындалған ұйымдастыру блогын белсендіреді. Ұйымдастыру блогы - бұл сіз өзіңіз жаза алатын пайдаланушы бағдарламасының бөлігі.

Басты бағдарлама ОВ 1 ұйымдастыру блогында орналасқан, оны әрдайым орталық процессор өңдейді. Пайдаланушы бағдарламасының басталуы ОВ 1-дегі бірінші сегментке (желі, network) барабар. ОВ 1 өңдеуді аяқтағаннан кейін (бағдарламаның соңы) CPU басқаруды операциялық жүйеге жібереді және операциялық жүйенің әр түрлі функциялары шақырылғаннан кейін, мысалы, процесс кескінін жаңарту, орталық процессор ОВ 1-ді қайтадан шақырады. Бағдарламаның жұмысына кедергі келтіруі мүмкін оқиғалар - үзілістер (interrupts) және қателіктер (errors). Үзілістердің көзі процесс (аппараттық үзілістер) болуы мүмкін немесе олар CPU-дан келуі мүмкін (циклдік үзілістер, тәуліктік үзілістер және басқалар).

Оқу ыңғайлылығын арттыру және бағдарламаны түсіну мақсатында оны бөлімдердің ерікті санына бөлуге болады. STEP 7 бағдарламалау тілдері бұл тұжырымдаманы қолдайды және қажетті функцияларды ұсынады. Бағдарламаның әр бөлігі тәуелсіз және технологиялық немесе функционалдық негізге ие болуы керек. Бағдарламаның бұл бөлімдері «блоктар» («Blocks») деп аталады. Блок - бұл бағдарламаның өзіндік функционалдылығымен, құрылымымен немесе шешілетін міндетімен анықталатын бөлімі.

Блок түрлері:

- ОВ ұйымдастыру блоктары;
- функционалды блоктар (Function blocks - FB);
- функциялары (Functions - FC);
- деректер блоктары (Data blocks - DB).

Ұйымдастыру блоктары - операциялық жүйе мен пайдаланушы бағдарламасы арасындағы интерфейс ретінде қызмет етеді. CPU операциялық жүйесі белгілі бір оқиғалар туындаған кезде ұйымдастыру блоктарын шақырады, мысалы, аппараттық үзіліс немесе тәулік уақыты бойынша үзіліс болған жағдайда.

Функционалды блоктар - қоңырауларды блок параметрлері көмегімен бағдарламалауға болатын бағдарламаның бөліктері. Оларда деректер блогында орналасқан айнымалыларға арналған жад аймағы (variable memory) бар.

Функциялар - жиі қайталанатын немесе күрделі автоматтандыру функцияларын бағдарламалау үшін қолданылады. Оларға параметрлер тағайындалуы мүмкін. Функциялар мәнді (функция мәні деп аталады) қоңырау шалушы блокқа қайтара алады.

### **3.5 Бағдарлама LAD тілінде жазылған**

LAD - Ladder Logic [тізбекті логикалық схема] халықаралық (ағылшын) терминінің аббревиатурасы.

Бұл тіл кіріс, шығыс және командалар арқылы ағымдағы шиналар арасындағы сигнал ағынын оңай бақылауға мүмкіндік береді. Бағдарламалау тілі Байланыс жоспарында пайдаланушының толық бағдарламасын құру үшін барлық қажетті элементтер бар. Онда базалық командалардың толық жинағы бар

және мекенжайлардың кең диапазоны бар.. Функциялар мен функционалды блоктар бағдарламаны LAD-да көрнекі түрде құрылымдауға мүмкіндік береді. LAD бағдарламалық пакеті стандартты STEP 7 бағдарламалық қамтылымының құрамдас бөлігі болып табылады. LAD көмегімен инкременттік редакторда қолданбалы бағдарламалар жасауға болады. Ол кесте редакторларының көмегімен блок үшін жергілікті деректер құрылымдарын енгізуді ыңғайлы түрде шешеді.

Әрі қарай бағдарламада қолданылатын командалардың сипаттамасы берілген:

- қалыпты ашық байланыс;
- қалыпты жабық байланыс;
- шарғы логикалық функцияның нәтижелері ретінде:
- аралық шығыс (коннектор)
- салыстыру блогы (компаратор);
- нәтиже беру блогы;
- масштабтау блогы;
- INT және DINT сияқты бүтін сандарды бөлу блогы;
- деректер түрін түрлендіру блогы.

Қалыпты ашық байланыс көрсетілген мекенжай бойынша байланыс сигналының күйін сұрау үшін қолданылады. Егер көрсетілген мекенжайдағы сигналдың күйі 1 болса, онда байланыс жабық болады және команда 1-ге тең нәтиже береді. Логикалық тізбекте бірінші болып табылмайтын кез келген команда Қалыпты ашық байланыс (мекенжай) сигнал күйінің сауалнамасының нәтижесін RLO битінде сақталған мәнмен түйіндейді. Бұл команда келесі екі тәсілдің бірімен түйіндесуді қалыптастырады:

- егер команда бірізді қосылыста қолданылса, онда ол ЖӘНЕ логикалық функциясының ақиқат кестесіне сәйкес сигнал күйінің сауалнамасының нәтижесін түйіндестіреді.

- егер команда параллель қосылыста қолданылса, онда ол НЕМЕСЕ логикалық функциясының ақиқат кестесіне сәйкес сигнал күйінің сауалнамасының нәтижесін түйіндестіреді.

Кесте 3.1 – НЕМЕСЕ логикалық функциясының қалыпты ашық байланысы

КОР элементі	Параметр	Деректер түрі	Жад аймағы	Сипаты
	<адрес>	BOOL TIMER COUNTER	I,Q,M,T,C,D,L	Мекенжай сигнал күйі сұралатын битті көрсетеді

Қалыпты жабық байланыс (мекенжай) көрсетілген мекенжай бойынша байланыс сигналының күйін сұрау үшін қолданылады. Егер көрсетілген

мекенжайдағы сигналдың күйі 0 болса, онда байланыс жабық болады және команда 1-ге тең нәтиже береді. Егер көрсетілген мекенжайдағы сигналдың күйі 1 болса, онда байланыс ажыратылған болады және команда 0-ге тең нәтиже береді. Қалыпты жабық байланыс (мекенжай) логикалық тізбектегі бірінші команда болған кезде, бұл команда сигналды сұрау нәтижесін логикалық операция нәтижесінің битінде (RLO) сақтайды. Логикалық тізбекте бірінші болып табылмайтын кез келген команда Қалыпты жабық байланыс (мекенжай) сигнал күйінің сауалнамасының нәтижесін RLO битінде сақталған мәнмен түйіндейді. Бұл команда келесі екі тәсілдің бірімен түйіндесуді қалыптастырады: Егер команда бірізді қосылыста қолданылса, онда ол ЖӘНЕ логикалық функциясының ақиқат кестесіне сәйкес сигнал күйінің сауалнамасының нәтижесін түйіндестіреді.

Егер команда параллель қосылыста қолданылса, онда ол НЕМЕСЕ логикалық функциясының ақиқат кестесіне сәйкес сигнал күйінің сауалнамасының нәтижесін түйіндестіреді.

Кесте 3.2 – НЕМЕСЕ логикалық функциясының қалыпты жабық байланысы

КОР элементі	Параметр	Деректер түрі	Жад аймағы	Сипаты
	<адрес>	BOOL TIMER COUNTER	I,Q,M,T,C,D,L	Мекенжай сигнал күйі сұралатын битті көрсетеді

Шығыс шарғысы командасы релелік-түйіспелік схемадағы шарғы сияқты жұмыс істейді. Тізбектің соңындағы шарғы келесі критерийлерге байланысты токты өткізеді немесе өткізбейді:

- егер ток тізбек арқылы шарғыға дейін ағуы мүмкін болса (яғни, тізбек сигналының күйі 1-ге тең болса), шарғы ток өткізеді;
- егер ток барлық тізбек бойынша шарғыға дейін ағуы мүмкін болмаса (яғни, тізбек сигналының күйі 0-ге тең болса), шарғы ток өткізбейді;

Логикалық операциялар тізбегі ток тізбегі болып табылады. Шығыс шарғысы командасы командаға жіберілетін шарғыға КОР логикалық тізбегінің сигнал күйін тағайындайды (бұл операндқа RLO бит сигналының күйін тағайындаумен бірдей). Егер ток тізбек арқылы өтсе, онда логикалық тізбектің сигнал күйі 1-ге тең болады; өзге жағдайда сигналдың күйі 0-ге тең болады. Шығыс шарғысының командасы Бас басқарушы реленің (Master Control Relay, MCR) әсеріне тап болады. Шығыс шарғысы тек логикалық тізбектің оң жақ шетіне орналастырылуы мүмкін. Бірнеше Шығыс шарғысын қолдануға болады. Шығыс шарғысын бос сегментке жалғыз орналастыруға болмайды.

Кесте 3.3 – Шығыс шарғысы командасы

КОР элементі	Параметр	Деректер түрі	Жад аймағы	Сипаты
	<адрес>	BOOL	I,Q,M,D,L	Мекен-жай логикалық тізбектің сигнал күйі берілген битті көрсетеді

Бүтін сандарды салыстыру командасы 16-биттік сандарды бекітілген нүктемен салыстыру операциясын орындайды. Сіз бұл команданы әдеттегі байланыс ретінде пайдалана аласыз. Бұл команда IN1 және IN2 кірістерін браузерде таңдаған салыстыру түріне сәйкес салыстырады.

Егер салыстыру шын болса, онда бұл функцияның логикалық операциясының (RLO) нәтижесі 1-ге тең болады. Өзге жағдайда ол 0-ге тең. Салыстыру нәтижесін жоққа шығару жоқ, өйткені бұл нәтижені тиісті кері салыстыру функциясын қолдану арқылы алуға болады.

Кесте 3.4 – Логикалық операцияның нәтижесі

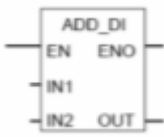
КОР элементі	Параметр	Деректер түрі	Жад аймағы	Сипаты
	IN1	INT	I,Q,M,D,L	Бірінші салыстырылатын мән
	IN2	INT	I,Q,M,D,L	Екінші салыстырылатын мән

Кесте 3.5 – Comparator блогын салыстыру түрлері

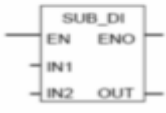
Салыстыру түрі	Блоктың жоғарғы жағындағы атаудағы таңбалар
IN1 тең IN2.	==
IN1 тең емес IN2.	<>
IN1 көп IN2ге қарағанда.	>
IN1 аз IN2ге қарағанда.	<
IN1 көп немесе тең IN2.	>=
IN1 аз немесе тең IN2.	<=



Кесте 3.6 – Қос бүтін сандарды қосу

КОР элементі	Параметр	Деректер түрі	Жад аймағы	Сипаты
	EN	BOOL	I,Q,M,D,L	Рұқсат беруші кіріс
	ENO	BOOL	I,Q,M,D,L	Рұқсат беруші шығыс
	IN1	DINT	I,Q,M,D,L	Бірінші термин
	IN2	DINT	I,Q,M,D,L	Екінші термин
	OUT	DINT	I,Q,M,D,L	сомасы

Кесте 3.7 – Қос бүтін сандарды азайту

КОР элементі	Параметр	Деректер түрі	Жад аймағы	Сипаты
	EN	BOOL	I,Q,M,D,L	Рұқсат беруші кіріс
	ENO	BOOL	I,Q,M,D,L	Рұқсат беруші шығыс
	IN1	DINT	I,Q,M,D,L	Қысқартылған
	IN2	DINT	I,Q,M,D,L	Шегерілген
	OUT	DINT	I,Q,M,D,L	Айырмашылық

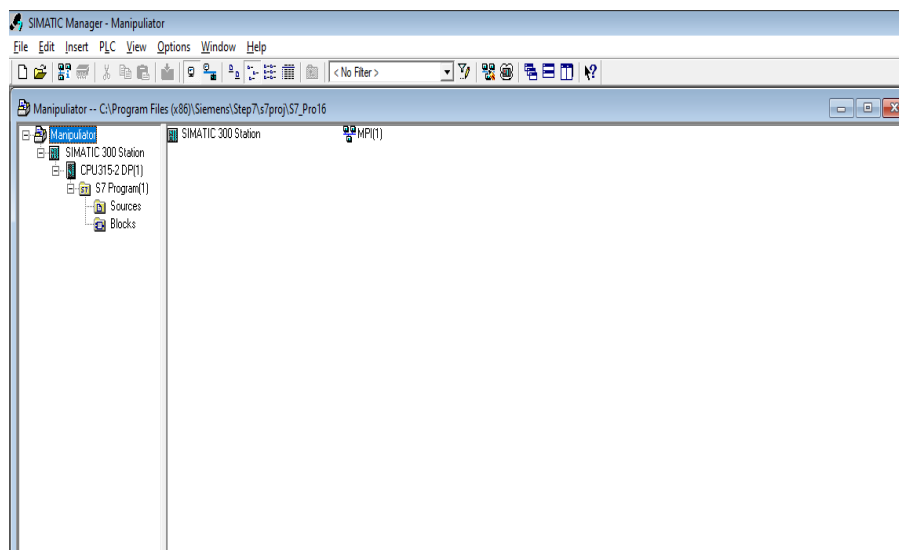
Қос бүтін сандарды қосу. Рұқсат беру кірісіндегі (EN) 1 сигнал күйі Қос бүтін сандарды қосу командасын белсендіреді. Бұл команда IN1 және IN2 кірістерін қосады. Нәтиже OUT шығысында сұралуы мүмкін. Егер нәтиже қос бүтін сандар үшін рұқсат етілген диапазоннан тыс болса, онда OV және OS биттері күй сөздерінің мәні 1, ал ENO мәні 0 болады.

Қос бүтін сандарды азайту. Рұқсат беру кірісіндегі (EN) 1 сигнал күйі Қос бүтін сандарды азайту командасын белсендіреді. Бұл команда IN1 кірісінен IN2 кірісін азайтады. Нәтиже OUT шығысында сұралуы мүмкін. Егер нәтиже қос бүтін сандар үшін рұқсат етілген диапазоннан тыс болса, онда OV және OS биттерінің мәні 1, ал ENO мәні 0 болады.

Бағдарламаны әзірлеу SIMATIC Manager-де жобаны құрудан басталады.

Әрі қарай қажетті функционалды блоктарды, функцияларды және деректер блоктарын құруға кірісеміз (суретте көрсетілгендей).

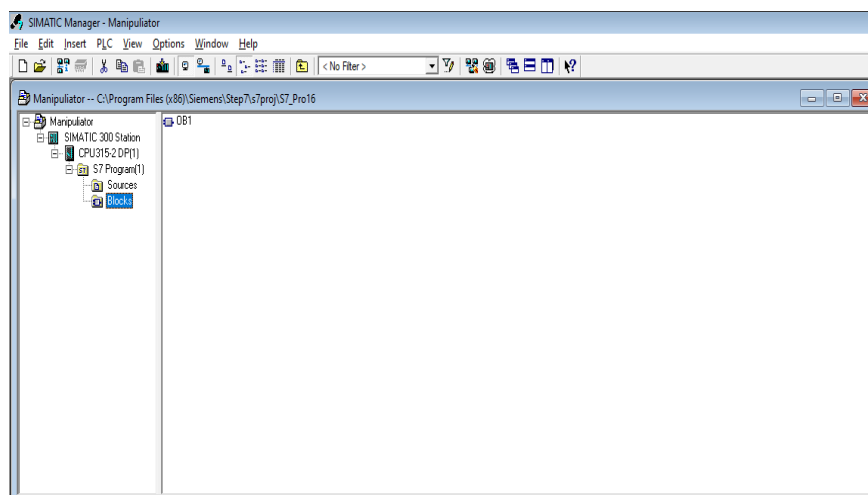
Бағдарламада пайдаланушы блоктары S7 Program мұқабасында, Blocks мұқабасында орналасады. 3.3-суретте біздің бағдарламада пайдаланылған пайдаланушы блоктары көрсетілген.



3.3 - сурет – SIMATIC Manager бағдарламасындағы жоба терезесі

Келесі қадам - бағдарламаны жазу процесін де, болашақта автоматтандыру жүйесін конфигурациялау процестерін де жеңілдетуге қызмет ететін символдар кестесін құру. Символдар кестесінде технологиялық процестің параметрлері туралы құрылымдық ақпарат бар. Символдық белгілеу, арнайы мекенжай, деректер түрі және параметрдің қысқаша сипаттамасы сияқты.

Бетон манипуляторының АБЖ бойынша біздің пайдаланушы бағдарламамызда біз символдық адрестеуді қолданамыз. Абсолютті мекенжаймен салыстырғанда символдық адрестеудің кейбір артықшылықтары бар.



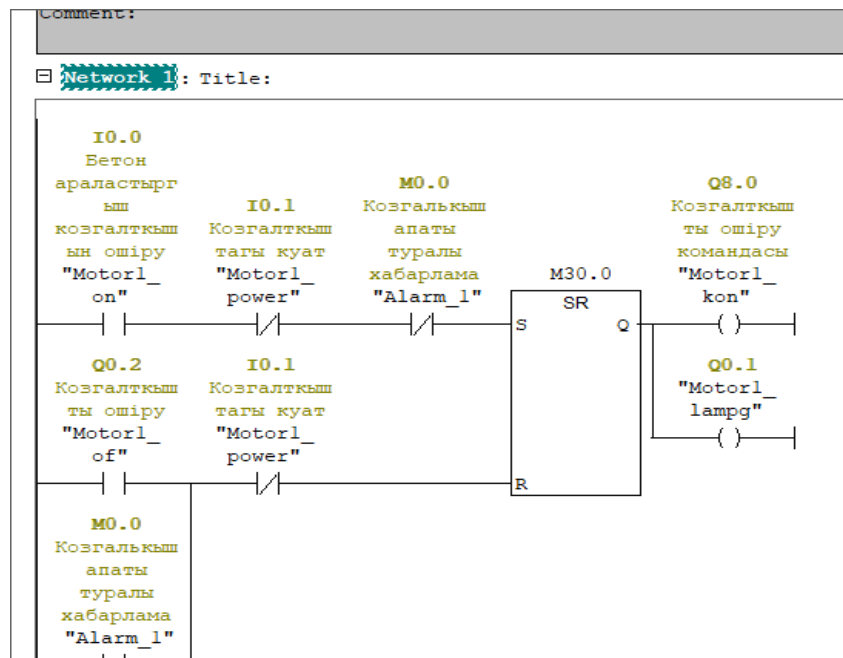
3.4 - сурет – Бағдарламаның код блоктары

Символдық мекенжайлармен жазылған бағдарлама бағдарламаның синтаксистік қателіктерін оқу және іздеу оңай. 3.5-суретте біздің бағдарламаға арналған символдық мекенжайлар берілген.

	Statu	Symbol /	Address	Data type	Comment
1		Alarm	Q 8.3	BOOL	Ақаулықтар туралы хабарлама
2		Alarm_1	M 0.0	BOOL	Козгалькыш апаты туралы хабарлама
3		Alarm_z1	M 0.3	BOOL	Бірінші аймақтың апаттық хабарлама
4		Alarm_z2	M 0.4	BOOL	Екінші аймақтың апаттық хабарламасы
5		Alarm_z3	M 2.0	BOOL	Үшінші аймақтың апаттық хабарламасы
6		Alarm2	M 0.1	BOOL	Ескерту дабылы
7		CONT_C	FB 41	FB 41	Continuous Control
8		Cycle Execution	OB 1	OB 1	
9		Da_z2	I 1.5	BOOL	Екінші аймақтың қысымы
1		Dav_h_z1	M 1.0	BOOL	Бірінші аймақтың жоғарғы қысымы
1		Dav_h_z2	M 1.1	BOOL	Екінші аймақтың жоғарғы қысымы
1		Dav_h_z3	M 3.2	BOOL	үшінші аймақтың жоғарғы қысымы
1		dav_h_z4	M 3.3	BOOL	Төртінші аймақтың жоғарғы қысымы
1		Dav_I_z1	M 1.2	BOOL	Бірінші аймақтың төменгі қысымы
1		Dav_I_z2	M 1.3	BOOL	Екінші аймақтың төменгі қысымы
1		Dav_I_z3	M 3.0	BOOL	Үшінші аймақтың төменгі қысымы
1		Dav_I_z4	M 3.1	BOOL	Төртінші аймақтың төменгі қысымы
1		Dav_z1	I 0.7	BOOL	Бірінші аймақтың май қысымы
1		Dav_z11	MD 204	REAL	Бірінші аймақтың қысым датчигі
2		Dav_z2	I 1.2	BOOL	Екінші аймақтың қысымы
2		Dav_z22	MD 208	REAL	Екінші аймақтың қысым датчигі
2		Dav_z3	I 2.1	BOOL	Үшінші аймақтың қысымы
2		Dav_z33	PIW 340	WORD	Үшінші аймақтың қысым датчигі

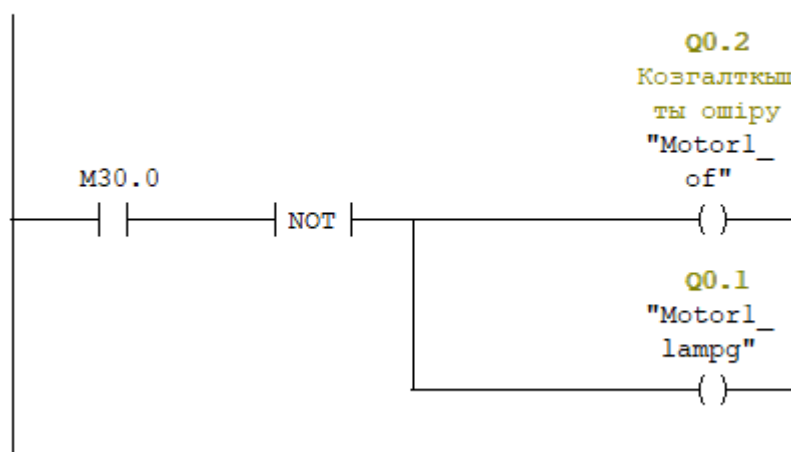
3.5 - сурет – Айнымалылардың символдық адресі

FC1 функциясы бетон араластырғыштың электр қозғалтқышын басқару бағдарламасын жүзеге асырады. 1-сегментте: дискретті модульдерге оператор панелінен басқару батырмаларынан сигнал беріледі.



3.6 - сурет – FC1 функциясының 1 сегменті

□ Network 2: Title:



3.7 - сурет – FC1 функциясының 2 сегменті

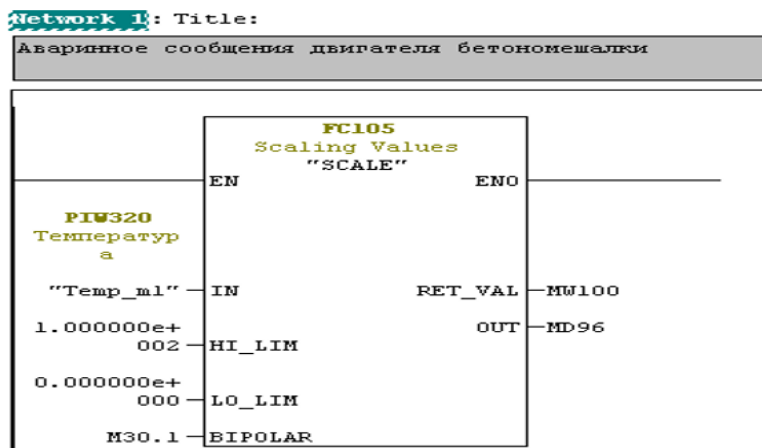
Қосу пәрмені батырмадан біздің төрткілдештің төртінші слотында орналасқан дискретті нөмірге, I0.0 бағдарламалық адресіне, ал I0.2 кірісіне сөндіру командасына беріледі. Бағдарламаның логикасы бойынша қозғалтқышты қосу немесе сөндіру электрлік қоректендірусіз жүзеге асырылуы мүмкін. Дискретті I0.1 кірісі қалыпты жабық байланыстармен қозғалтқыш коммутациясына мүмкіндік береді. Қоректендіру болмаған кезде I0.2 байланысы ашылып, қосу және ажырату тізбегін бұзады, осылайша қозғалтқыштарды басқаруды бұғаттайды. Бетон араластырғыштың қозғалтқышында қоректенудің жоқтығы туралы тиісті сигнал шығарылады. Логикада қосу командасын есте сақтау үшін SR-триггер қолданылады. Логикалық функцияның шығысы 8.0 және Q8.1 дискретті шығыстарына, ал Q8.1 және Q8.3 шығыстары сөндіру командасына беріледі. 2-сегментте бетон беру сорғысын басқару бағдарламасы жүзеге асырылды. Бағдарлама қозғалтқышты басқару бағдарламасымен бірдей жұмыс істейді. 3.5 -3.7 суреттері FC1 функциясының логикасын көрсетеді.

FC2 функциясында технологиялық процестің аналогтық сигналдары түрлендіріледі және масштабталады. Модульдің перифериялық кірістерінде температура, қысым және СББ бергішінен аналогтық сигналдар енгізілген. FC105 Scale кітапхана функциясының көмегімен аналогтық сигналды инженерлік бірліктерге масштабтау ұйымдастырылады.

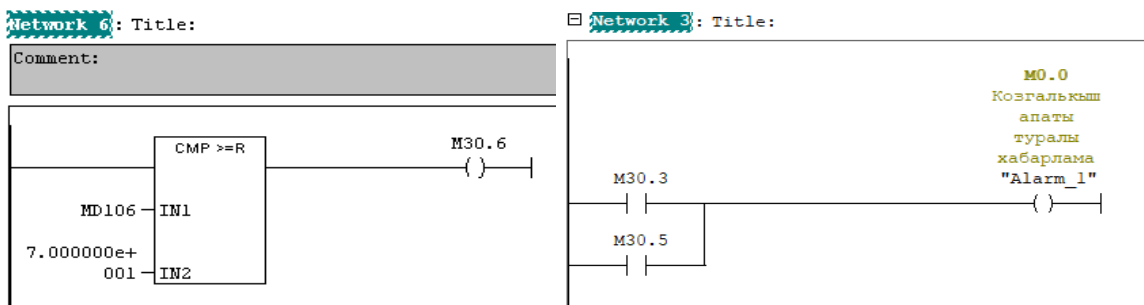
FC2 функциясының 2-сегменті PIW320 кірісіндегі қозғалтқыштың температурасын белгіленген шамамен салыстырады. Тағайындалған шамадан асқан кезде M0.0 меркер мекенжайына сигнал беріледі, ол әрі қарай қозғалтқыштың және бетон беру сорғысының қосылуын және ажыратылуын бұғаттайды.

FC3 функциясында 1-ші және 2-ші аймақ клапандарының гидравликалық жүйесін басқару бағдарламасы жұмыс істейді. Клапанды қосу командасы 1.4 дискретті кірісіне қосылады. Клапандарды басқару логикасына сәйкес, команда

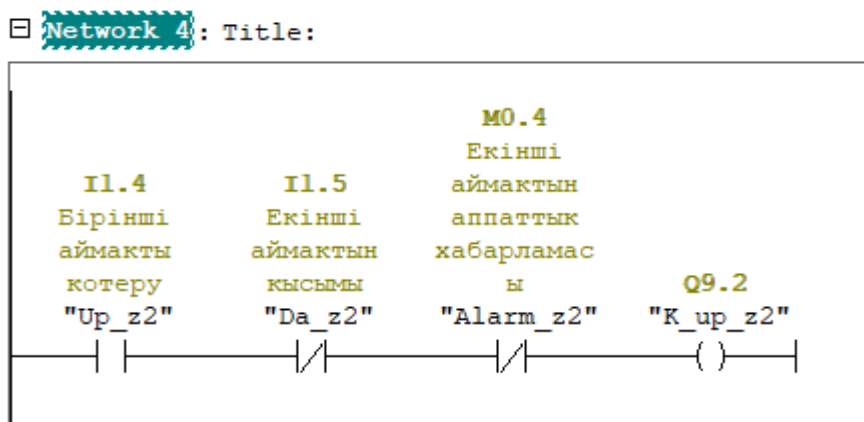
қосу осы аймақтың авариялық байланысы болмаған кезде және гидравликалық жүйеде қалыпты жағдайда қысым болған кезде рұқсат етіледі. Q9.2 шығысы кернеуді аралық релеге береді ол клапанды қосады және осылайша манипуляторды белгілі бір биіктікке көтереді.



3.8 - сурет – FC105 Scale функциясы



3.9 - сурет – FC2 функциясының 6 және 7 сегменттері

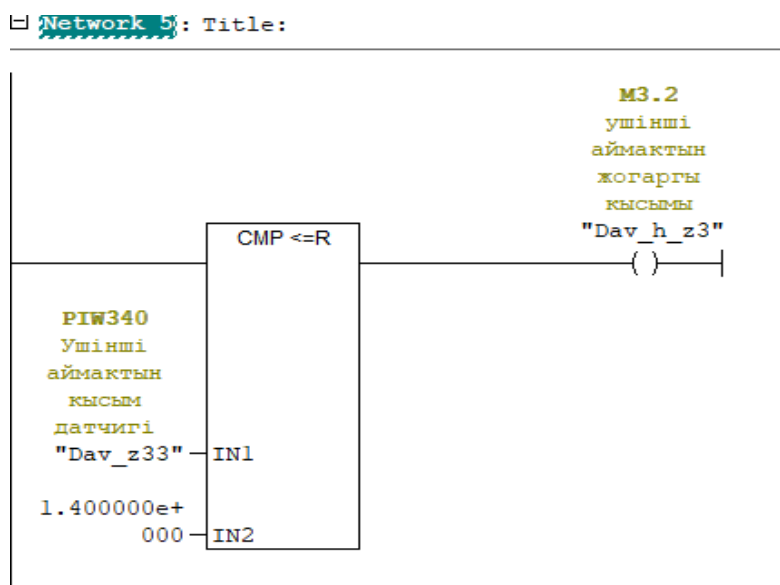


3.10 - сурет – FC3 Клапанды басқару функциясы

FC3 функциясы гидравликалық жүйені бақылау функциясын да жүзеге асырады. Қысым бергіштерінен гидравликалық жүйенің күйі туралы сигнал келеді. Compare логикалық салыстыру функциясын қолдана отырып, Pi кірісіндегі жүйенің қысымы максималды және минималды рұқсат етілген мәндер бойынша алдын ала тағайындалған шамамен салыстырылады. Егер PIW кірісіндегі сигнал берілген тағайындалған шамадан жоғары немесе төмен болса, гидравликалық манипуляторды басқару жүйесінің ақаулығы туралы сигнал шығарылады. Сондай-ақ, манипулятордың барлық аймақтарының клапандарын басқару командалары бұғатталады. Перифериялық кіріс деректерін салыстырар алдында аналогтық сигнал FC 105 Scale кітапхана функциясы көмегімен масштабталады. Функцияда аналогтық кірістің жоғарылауы MW100 Меркер жадында жазылады, деректерді меркер жадына жазу фактісі бойынша өлшеу қателігі туралы сигнал және аналогтық модульдердің шекті мәндерінің жоғарылауы пайда болады.

FC4 функциясында жүйенің 3-ші және 4-ші аймағының гидравликалық клапандарын басқару бағдарламасы жазылған. FC4 функциясының жұмыс принципі FC3 функциясынан ерекшеленбейді.

3.8-суретте FC4 код блогының логикасы көрсетілген. Қысым бергішінің кірісі масштабталады және MD302 меркер қос сөзіне жазылады және шекті рұқсат етілген 1400 Па тең тағайындалған шамамен салыстырылады және үшінші аймақтың жоғары қысымы сигналын құрайды. Гидравликалық жүйеде майдың жоғары қысымы кезінде жетек аймақтарын көтеру және түсіру қажет емес, сондықтан сигнал бұрын қолжетімді аймақтарды басқару операцияларын бұғаттайды. Біздің жобада бетон араластырғыш қозғалтқышының СББ айналу жиілігін және бетон жіберу сорғысын реттеу үшін қажет PID реттегішінің кітапханалық функциясы да қолданылады.

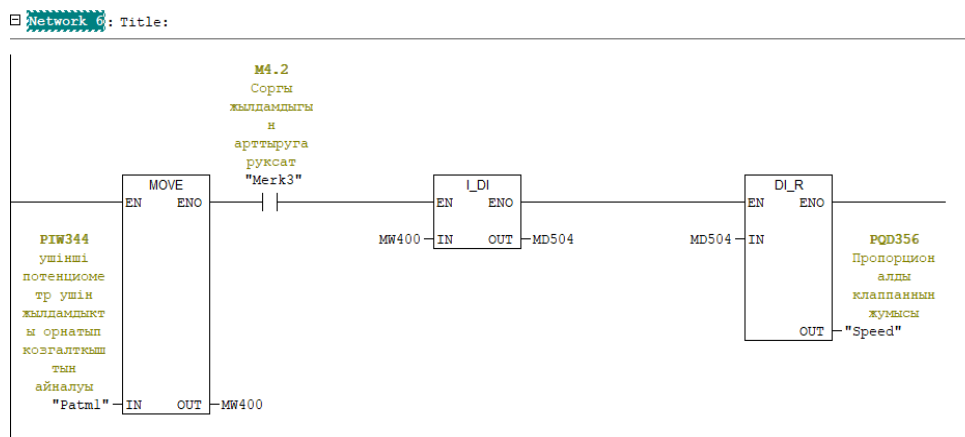


3.11 - сурет – FC4 функциясы

Технологиялық процесте сорғының жоғары айналу жиілігінде және бетон араластырғыштың қозғалтқышының төмен айналу жиілігінде бетон араластырғыштың уақыты болмайды және бұл өңделмеген қоспаны құюға жіберуге әкеледі, бұған жол берілмейді. Simatic Manager стандартты кітапханасында арнайы PID-controller блоктары бар, олардың ішінде біз FB48 функционалды блогын қолданамыз.

FB1 функционалды блогында гидравликалық жүйе аймақтарының пропорционалды клапандары басқарылады. Оператор панеліндегі потенциометрді пайдаланып, оператор аймақтарды көтеру және түсіру үшін қажетті жылдамдықты орната алады. Жылдамдықты белгілейтін потенциометрлер PIW 344 БЛК аналогтық кірістеріне конфигурацияланған және бұл берілген жылдамдық жад батареясында тіркеледі және команда арқылы MOVE тағайындау гидравликалық басқару жүйесінің тиісті пропорционалды клапандарына беріледі. Төмендегі суретте оператордың басқару панеліндегі потенциометрден аймақтың пропорционалды клапанына сигналды өңдеу және тағайындау көрсетілген.

Шығыс перифериясына кіріс аналогтық сигнал беру үшін түрлендіру қажет болады. PIW 344 кірісі INT бүтін санының деректер түріне ие. СББ үшін процесс сигналын алу үшін алдымен INT деректерінің бүтін санын DI қос санынан түрлендіретін I\_DI конверторын қолданамыз, содан кейін алынған мән DI\_R конвертері арқылы real деректер түріне түрлендіріледі және PQD356 мекенжайы бойынша БЛК перифериялық шығысына тағайындалады.

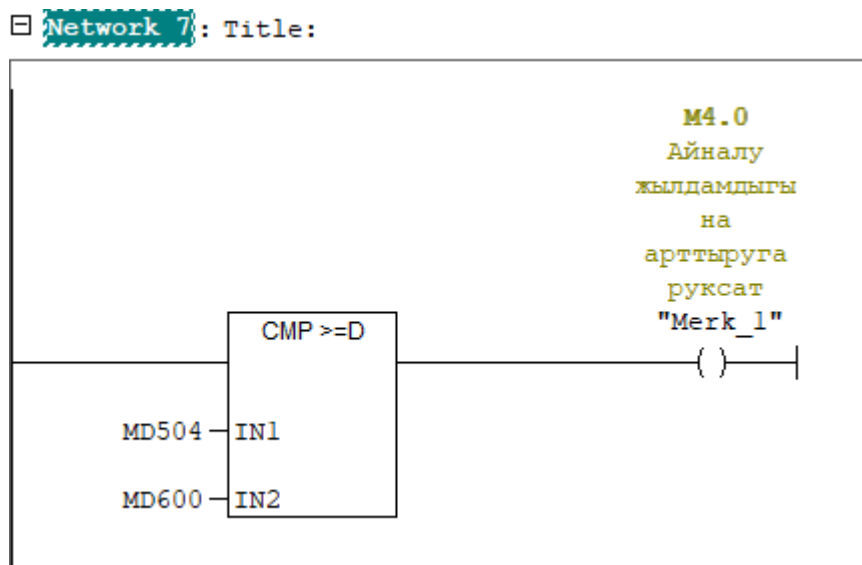


3.12 - сурет – FB1 функционалды блогының 1 сегменті

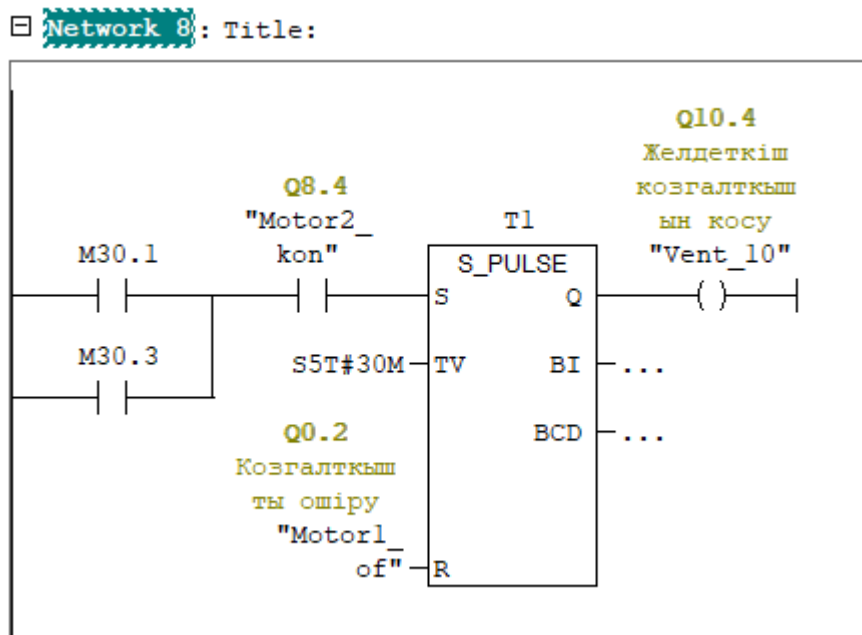
M4.2 меркері көтеру және түсіру жылдамдығын өзгертуге рұқсат беру және бұғаттау үшін қызмет етеді. Егер бетон араластырғыш қозғалтқышының айналу жылдамдығы бетон жіберетін сорғы қозғалтқышына қарағанда жоғары болса, аймақтың жылдамдығын көтеруге тыйым салынады. Төмендегі суретте M4.2 меркерінің логикалық операциясының нәтижесі көрсетілген .

FB2 функционалды блогында технологиялық процестің қозғалтқыштарын салқындату жүйесінің автоматикасы жүзеге асырылады. Барлық қозғалтқыштар пайдалану кезінде қызады. Пайдалану мерзімін арттыру үшін бетон

араластырғыштың электр қозғалтқышы және бетон жіберу сорғысы, біз желдеткіштің көмегімен тікелей салқындатуды қолданамыз.



3.13 - сурет – FB1 функционалды блогының 4 сегменті



3.14 - сурет – FB2 функционалды блогының 1 сегменті

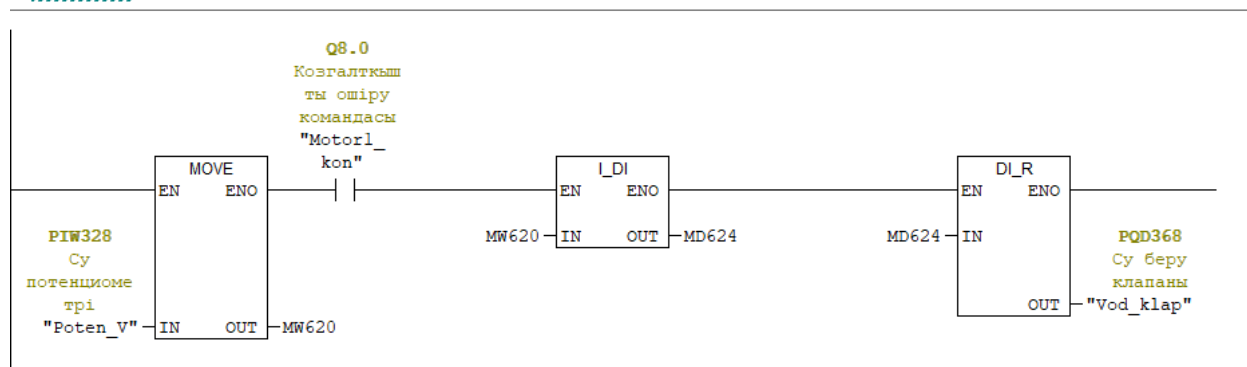
Салқындату жүйесін қосу белгілі бір технологиялық процеске сәйкес келеді. Температура бергіштері арқылы БЛК қозғалтқыштардың температурасын бақылайды. Бұрын тағайындалған температура шамасынан асқан кезде, желдеткіш белгілі бір уақытқа қосылады. 3.14-суретте желдеткіштердің автоматикасы көрсетілген. Бетон араластырғыш қозғалтқышының желдеткішінің логикасы бетон жіберетін сорғы желдеткішінің жұмысынан ерекшеленбейді.



M30.1 және M30.3 меркерлері - бұл бұрын ' FC1 функцияларына берілген тағайындалған шамадан температураның асып кету сигналдары. Желдеткішті уақытша қосу үшін біз S\_PULSE типті импульстік таймерді қолданамыз. Желдеткішті қосуға қозғалтқыштың қосулы күйі фактісі бойынша ғана рұқсат етіледі. Жоғарыдағы суретте таймердің жұмыс уақыты 30 минутқа орнатылған. Таймерді арылту және сәйкесінше желдеткішті тоқтату қозғалтқыштың ажыратылған күйінен сигнал берілген R кірісі арқылы жүзеге асырылады. Егер таймер жұмыс істеп тұрған кезде R арылту кірісінде сигнал болмаса, онда таймер белгіленген уақыттан кейін желдеткішті сөндіреді. Егер желдеткіш сөнгеннен кейін S кірісіндегі сигнал арылтылмаса, таймер қайтадан қосылады. Егер таймер жұмыс істеп тұрған кезде S кірісіндегі сигнал арылтылса, бұл таймердің арылтылуына және желдеткіштің тоқтауына әкелмейді.

Сондай-ақ, FB2 функционалды блогында бетон араластырғышқа су беру автоматикасы жүзеге асырылады. Манипулятор жұмыс істеген кезде бетон үнемі жіберілмейтіндіктен, ыдыстағы бетон қатып қалады. Цемент қоспасы қатып қалмас үшін біз су беру мүмкіндігі бар бетон араластырғышты қолданамыз. Пропорционалды клапан арқылы біз бетон араластырғышқа су беруді реттейміз. Пропорционалды су клапанын ашу PIW328 БЛК аналогтық кірістеріне сигнал беру арқылы оператор панелі арқылы жүзеге асырылады. Потенциометрден пропорционалды клапанға сигналдар беру үшін біз MOVE түрлендіру және тағайындау функциясын қолданамыз. Қозғалтқыш күйінің қалыпты ашық байланысы ауысу функциясы тек бетон араластырғыштың жұмыс қозғалтқышында орындалуы үшін қызмет етеді. Төмендегі суретте пропорционалды клапанды басқару сегментінің логикасы көрсетілген.

Network 9: Title:



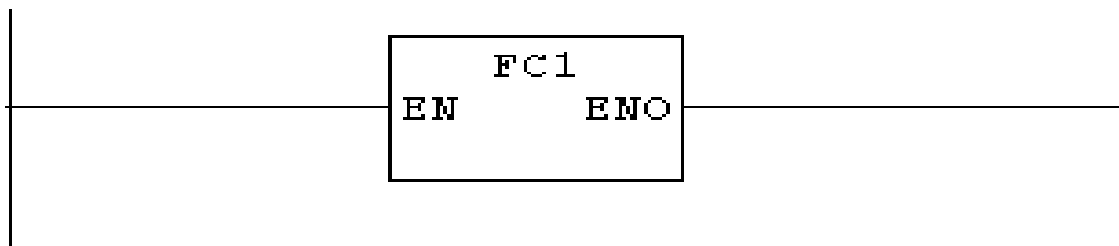
3.15 - сурет – FB2 функционалды блогының 3 сегменті

Операциялық жүйе мен пайдаланушы бағдарламасы арасындағы интерфейс OB1 ұйымдастыру блогы арқылы жүзеге асырылады. Процесті жүзеге асыру үшін ұйымдастыру блогында барлық код блоктарын шақыру қажет. Сегменттегі орналасу бойынша код блогы сұралады. Ұйымдастыру блогындағы код блоктарын шақыру үшін CALL қоңырау командасы қызмет етеді. Бұл команданы пайдалану кезінде код блоктары параметрлерсіз шақырылады, яғни код блоктарын бағдарламалау кезінде жаһандық айнымалылар қолданылуы

керек. Жергілікті айнымалыларды қолданған кезде, dark&drop функциясы көмегімен ұйымдастыру блогындағы сегментке код блогын енгізуге болады. Бұл ретте ұйымдастыру блогының сегментінде шақырушы блок кірістері мен шығыстары бар тұтас блок ретінде ашылады. Айнымалыларды тағайындауға және өңдеуге арналған код блогының аралық параметрлері қолжетімді емес. Біздің бағдарламада барлық код блоктары CALL операторы арқылы шақырылады. Код блоктарын бағдарламалау кезінде біз жаһандық айнымалыларды қолдандық. Бағдарламадағы жаһандық айнымалылар тырнақшалармен, ал жергілікті айнымалылар # тормен белгіленеді. 3.16-суретте біздің бағдарламада код блоктарын шақырудың мысалдары келтірілген.

**Network 1** : Title :

Comment :



3.16 - сурет – Кодтық сөздер базасы

Жұмыс кезінде OV1 ұйымдастыру блогы кодтық блоктармен сұхбаттасады және операциялық жүйе мен пайдаланушы бағдарламасы арасында байланыс жасайды. Ұйымдастыру блогында кодтық блоктарға сауалнама оларды сегментте шақыру тәртібі бойынша жүргізіледі. Бір жұмыс циклінде ұйымдастырушылық блок барлық кодтық блоктар мен блок параметрлерінің шығуларын сұрауға уақыт алады. Ұйымдастыру блогының сегментіндегі код блоктарының орналасуы технологиялық процестің реті бойынша болуы керек. Мысалы, қозғалтқышты автоматты түрде салқындату қозғалтқышты басқару логикасынан бұрын бағдарламада сұралмайды. Тәртіпті бұзу немесе әдеттегі параметрлерді адрестеу, сондықтан бағдарламаны жазу кезінде синтаксистік қателіктер аппараттық үзілістерге әкеледі.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде мынадай негізгі нәтижелер алынды:

- Simatic фирмасының заманауи жоғары технологиялық өнеркәсіптік жабдықтар кешенін қолдана отырып манипуляторды басқаруға арналған бағдарлама әзірленді;
- робот манипуляторы құрылысының сипаттамасы, процестің циклограммасы және кинематикалық схема ұсынылған;
- заманауи өнеркәсіптік жабдықтағы техникалық құралдар кешені таңдалды;
- процестің функционалды және электрлік схемалары әзірленді;
- дроссельді реттеу көзделген гидравликалық жетектерді басқару жүйесі зерттелді;
- манипулятордың кинематикалық және динамикалық есептеріне талдау жасалды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Биттеев Ш. Б., Воробьев В. А., Дегтярев В. С., Мажибаев О. М. Методы и средства автоматизации строительного-дорожных работ и машин. Алматы:Тылым, 1996. – 262с.
- 2 Булгаков А. Г., Гернер И., Каден Р. Исследования и практические примеры организации производства и использования роботов в стройиндустрии // Машины, механизмы, оборудование и инструмент – М.: ВНИИТПИ, 1990, вып. 1. – 48с.
- 3 Булгаков А. Г., Гернер И., Каден Р. Микропроцессоры в системах автоматизации строительной техники // Технология строительного – монтажных работ – М.: ВНИИТПИ, 1991, вып. 3. – 52 с.
- 4 Булгаков А. Г., Сухомлинов А. Д. Применение лазерных информационно-измерительных систем в строительстве. // Технология строительного-монтажных работ. – М.: ВНИИИС, 1989, вып. 3. – 53 с.
- 5 Булгаков А. Г., Шиндлер И. Средства и системы автоматизации в строительной технике. Технология и автоматизация строительства. – М.: ВНИИТПИ, 1994, вып. 4. – 56 с.
- 6 Бурдаков С. Ф., Дьяченко В. А., Тимофеев А. Н. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов: Учеб.пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1986. – 264 с.
- 7 Вильман Ю. А. Основы роботизации в строительстве: Учеб.пособие. – М.: Высш. шк., 1989. – 271 с.
- 8 Виглеб Г. Датчики: устройство и применение. – М.: Мир, 1989. – 196 с.
- 9 Воробьев В. А., Френкель Г. Ю., Юков А. Я. Анализ состояния и тенденция развития робототехники в строительстве // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1984. - № 10. – С. 81-87.
- 10 Воробьев Е. И., Козырев Ю. Г., Царенко В. И. Промышленные роботы агрегатно – модульного типа / Под.общ. ред. Е.П. Попова. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.
- 11 Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы / Под общ.ред. Е. П. Попова. – М.: Машиностроение, 1986. – 328с.
- 12 Домрачев В. Т., Матвеевский В. Р., Смирнов Ю. С. Схемотехника цифровых преобразователей перемещений: Справочное пособие. – М.: Энергоиздат, 1987. – 392 с.
- 13 Жуковский В. Г. Управление в технических системах: Учеб.пособие / РИСХМ. – Ростов н/Д, 1990. – 77 с.
- 14 Загороднюк В. Т., Паршин Д. Я. Направления развития строительной робототехники // Опыт применения манипуляторов и роботов в строительстве. – М.: МДНТП, 1988. – С. 28-32.
- 15 Загороднюк В. Т., Паршин Д. Я. Строительная робототехника. – М.: Стройиздат, 1990. – 269 с.

- 16 Зенкевич С. Л., Дмитриев А. А. Логическое управление адаптивным робо-тотехническим комплексом // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1986. - № 3. – 113- 126.
- 17 Зенкевич С. Л., Ющенко А. С. Управление роботами. Основы управления манипуляционными роботами. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 400 с.
- 18 Игнатъев М. Б., Кулаков Ф. М., Покровский А. М. Алгоритмы управления роботами-манипуляторами. – Л.: Машиностроение, 1977. – 248 с.
- 19 Козлов Ю. М. Адаптация и обучение в робототехнике. М.: Наука, 1990 – 248 с.
- 20 Козырев Ю. Г. Промышленные роботы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 376 с.
- 21 Красников В. Ф. Промышленные роботы и манипуляторы: Учеб.пособие / РИСХМ. – Ростов н/Д, 1981. – 110 с.
- 22 Крутько П.Д. Управление исполнительными системами роботов. – М.: Наука, 1991. – 336 с.
- 23 Куафе Ф. Взаимодействие робота с внешней средой. – М.: Мир, 1985. – 285 с.
- 24 Кудаков Ф. М. Супервизорное управление манипуляционными роботами. – М.: Наука, 1980. – 448 с.
- 25 Кулешов В. С., Лакота Н. А. Динамика систем управления манипуляторами. – М.: Энергия, 1971. – 304 с.
- 26 Медведев В. С., Лесков А. Г., Ющенко А. С. Системы управления манипуляционных роботов / Под ред. Е. П. Попова. – М.: Наука, 1978. – 416 с.
- 27 Механика промышленных роботов: Учеб.пособие для вузов: в 3 кн. / Под ред. К. В. Фролова, Е. И. Воробьева. Кн. 1: Кинематика и динамика / Е. И. Воробьев, С. А. Попов, Г. И. Шевелева. – М.: Высш. шк., 1998. – 304 с.
- 28 Механика промышленных роботов: Учеб.пособие для вузов: В 3 кн. / Под ред. К. В. Фролова, Е. И. Воробьева. Кн. 2: Расчет и
- 29 Bock T., Bulgakow A., Parshin D. Automation and robotization of mounting operations in building. Proceedings of the 18 th International Symposium on Automation and Robotics in Construction ISARC-2001 (10-12 Sept., 2001, Krakow, Poland). – Krakow, 2001. – P. 13-17.
- 30 Cohrs H.H. RichtigplattdurchElektronik // Baumaschinendienst – 1995. - № 6, P. 592 – 600.
- 31 Craigie N. S.: Technischer Bericht 1/88, Ultraschallwandler in Luft: Firmenschrift Pepperl+Fuchs GmbH. 1989.
- 32 Denavit J., Hartenberg R.S. Kinematic notation for Lower-Pair Mechanisms Based on Matrices // J. Appl. Mech., Vol. 77. – 1955. – P. 215-221.
- 33 Handbook of industrial robotics / Edited by S.Y. Nof. – New York: John Wiley & Sons, Inc., 1999. – 1349 pp.
- 34 Hasegawa J. Robotization of Construction Work // Robot. – 1983. - №38. – pp. – 41 – 46.

35 Tanaka Y. Automatic Segment Assembly Robot for Child Tunneling Machine. // Microcomputers in civil engineering, 1995 (10), p. 325 – 327.

36 Tanaka Y., Mori Y., Sonoda T., Kagaya H. Development of an automatic segment assembly robot for shield Engineers Annual Conference on Robotics and Mechtronics 94 (in Japanese\0, 1994, pp. 439 – 444.

«Қ.И.СӘТПАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ЗЕРТТЕУ ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ»  
КОММЕРЦИЯЛЫ ЕМЕС АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ШКІРІ

Дипломдық жұмыс

Бірімқұл Еркін Ерболұлы

6B07103-«Автоматтандыру және роботтандыру»

Тақырыбы : «Құрылыс жұмыстарына арналған манипулятордың гидравликалық жетегіне басқару жүйесін құру».

Бірімқұл Е.Е дипломдық жұмысы Қазақстандағы құрылыс индустриясының маңызды мәселелерінің бірін зерттеуге арналған. Нақты жұмыстардың тиімділігін арттырудың негізгі бағыты – сатып алу процестерін индустрияландыру, робототехника мен микропроцессорлық технологияның жетістіктерін пайдалану негізінде кешенді механикаландыру мен автоматтандыруды кең көлемде енгізу.

Кіріспе бөлімде студент жоғарыда аталған ерекшеліктерді көрсете білді, өз дипломының тақырыбының өзектілігін жеткілікті түрде дәлелді және негізді түрде дәлелдеді.

Жұмыстың негізгі бөлімінде студент келесі жұмыстарды орындады:

-автоматты басқару объектісі ретінде бетон жұмыстарына арналған жартылай автоматты манипулятор түрлері қарастырды;  
-талдау жүргізіліп, нақты жұмыстарды орындауға байланысты негізгі проблемалар анықталды;

-Simatic компаниясының заманауи жоғары технологиялық өнеркәсіптік жабдықтарының жиынтығын пайдалана отырып, манипуляторды басқару бағдарламасы әзірленді.

Жалпы, жұмыс талаптарға сәйкес ұйым стандарты бойынша жасалынған, ал авторы Бірімқұл Еркін Ерболұлының дипломдық жұмысын бағалай отырып, 6B07103-«Автоматтандыру және роботтандыру» ыту бағдарламасының бакалавр дәрежесіне лайықты деп деп санаймын.

Пікір беруші:  
Қ.Сәтбаев атындағы  
ҚазҰТЗУ «Автоматтандыру  
және басқару» кафедрасының  
қауымдастырылған-профессоры,  
доктор PhD



Абжапаров Қ.А.

Ф КазННТУ 706-16. Отзыв научного руководителя



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

**СЫН - ПІКІР**

Дипломдық жұба үшін  
Бірімқұл Еркін Ерболұлы

6B07103 - Автоматтандыру және роботтандыру

Тақырыбы: «Құрылыс жұмыстарына арналған манипулятордың гидравликалық жетегіне басқару жүйесін құру»

Орындалды:

а) Құрылыс жұмыстарына арналған манипулятордың гидравликалық жетегіне басқару жүйесі құрылған, қолдану үшін функционалдық мүмкіндіктері үшін жарамды жартылай автоматты манипуляторды таңдалған;

Жартылай автоматты манипулятордың мүмкіндіктерін аналитикалық зерттелді;

Электр-гидравликалық жетектерге динамикалық талдау жүргізілді;

Манипуляторды басқаруға арналған бағдарлама әзірленген (Matlab және SIEMENS Simatic бағдарламаларында жасалған).

б) түсініктеме жазбасы 69 бет.

Дипломдық жұбаның орындау барысында заманауи құрылыс роботтарының мүмкіндіктерімен ерекшеліктерін анықтау, сол мүмкіндіктерін қарап жартылай автоматты манипуляторды таңдау, оларды зерттеп бағдарлама әзірлеу.

Теориялық бөлімде бетон жұмыстарына арналған жартылай автоматты манипуляторлардың негізгі түрлері зерттеулер жасалып, зерттеулер жүргізілді. Қолданылау аясы мен шешілетін негізгі мәселелер көтеріледі.

Технологиялық бөлімде бетон жұмысына арналған жартылай автоматты манипулятордың жүйесінің құрамы мен мақсаты анықталған. Сонымен қатар, зерттеуде жартылай автоматты манипуляторға арналған SIEMENS Simatic контроллерінің негізгі сипаттамалары мен осы жобадан қолданылған техникалық құрылғылар кенінен талқыланған. Matlab бағдарламасында, SIEMENS Simatic контроллерінде бетон жұмысына арналған жартылай автоматты манипуляторды басқаруға арналған бағдарлама әзірледім.

**Жобаға ескертулер**

1. Жобадан техникалық құралдарды таңдау және процестің автоматтандыру сұлбасы әзірлеу қарастырылмаған.

**Жобаны бағалау**

Жалпы дипломдық жұбаны В (80) деп бағалауға, Бірімқұл Еркін Ерболұлы автоматтандыру және роботтандыру мамандығы бойынша техника және технология саласының бакалавры квалификациясын беруге лайықты деп ұсынуға болады.

**Сын пікір беруші:**

Алматы энергетика және байланыс университеті, Автоматтандыру және басқару кафедрасының PhD докторы, доцент  
«01» 06 2023 ж

Ф КазҰТЗУ 706-17, Сын-пікір





**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: Бірімқұл Еркін Ерболұлы

**Название: Құрылыс жұмыстарына арналған манипулятордың гидравликалық жетегіне басқару жүйесін құру**

**Координатор: Сарсенбаев Н.С**

**Коэффициент подобия 1: 0.49%**

**Коэффициент подобия 2: 0%**

**Замена букв: 3**

**Интервалы: 0**

**Микропробелы: 0**

**Белые знаки: 0**

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

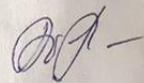
- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности 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: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 0.49% и Коэффициент подобия 2: 0%. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«31» мая 2022 г.

Дата

Подпись Научного руководителя



**Протокол анализа Отчета подобия  
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

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

**Автор:** Бірімқұл Еркін Ерболұлы

**Название:** Құрылыс жұмыстарына арналған манипулятордың гидравликалық жетегіне басқару жүйесін құру

**Координатор:** Сарсенбаев Н.С

**Коэффициент подобия 1:** 0.49%

**Коэффициент подобия 2:** 0%

**Замена букв:** 3

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0


**Белые знаки:** 0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения констатирует 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: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 0.49% и Коэффициент подобия 2: 0%. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«31» мая 2023 г.  
Дата

  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**  
Дипломный проект допускается к защите.

«31» мая 2023 г.  
Дата

  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения