

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА  
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»  
Кафедра меңгерушісі  
т.ғ.к., профессор Оржанова Ж.К.  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)  
« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.  
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Кранның көтеру механизмінің электржетегін жобалау  
5B071800 - «Электр энергетика» мамандығы бойынша

Орындаған Құрманбай Арман Нұрғалиұлы ЭАТк – 16 – 4  
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші Мустафин Марат Асқарович, т.ғ.д., профессор  
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)  
« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.  
(қолы)

Кеңесшілер:

Техникалық бөлімі бойынша:

Тойгожинова Жанар Жумакановна, аға оқытушы  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.  
(қолы)

Экономикалық бөлім бойынша:

Түзелбаев Бақберген Ибадиллаевич, PhD докторы  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.  
(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

Мусаева Ж.К., б.ғ.к., доцент  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.  
(қолы)

Пікір жазушы:

Сәрсенбаев Ерлан Алиасқарович, PhD докторы  
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)  
« \_\_\_\_\_ » 20\_\_ ж.

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

**Ғ. ДӘУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА  
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ**

Электр энергетика және электр техника институты  
5B071800 - «Электр энергетика» мамандығы  
Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

жұмысты орындауға берілген

**ТАПСЫРМА**

Студент Құрманбай Арман Нұрғалиұлы  
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Кранның көтеру механизмінің электржетегін жобалау

Ректордың « 11 » 11 2019 № 147 бұйрығы бойынша бекітілген.  
Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: « 28 » мамыр 2020 ж.

Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс

нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Кранның параметрлері: Нысан 15 тона жүк көтергіш көпірлік кран;

максималды көтеру биіктігі -12,5; номиналды жылдамдығы-0,2 м/с;

ілгіштің салмағы –700кг; Барабанның диаметрі –0,64м; Барабаның

инерциялық моменті – 1200кг/с<sup>2</sup>; Берілістің номиналды ПӘК-85%;

ілгіштің жылдамдық ҚУ-10%, электр қозғалтқыштың параметрлері

Дипломдық жұмыста әзірлеуге жататын сұрақтар тізімі немесе  
қысқаша мазмұны:

1. Техникалық бөлім

2. Кранның электр жетегі жүйесін анықтау және жүйенің күштік  
элементтерін таңдау

3. Жиілікті реттелетін электр жетегінің автоматты басқару жүйесі

4. Асинхронды электр жетегін математикалық және  
компьютерлі модельдеу

5. Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімі

6. Экономикалық бөлім

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

1. Көпірлік кранның құрылысы

2. Көпірлік кранның көтеру механизмінің кинематикалық сұлбасы

3. Кранның жылдамдық және жүктеме диаграммасы

4. 5АИ280S8 сериялы қозғалтқышының көрінісі

5. Асинхронды қозғалтқыштың негізгі алмастыру сұлбасы

6. Асинхронды электр қозғалтқышының механикалық сипаттамалары

7. Жиілікті реттелетін асинхронды электр жетектің тұйықталған жүйесінің функционалды сұлбасы

8. Көпірлі кранның асинхронды э машина моделінің құрылымдық сұлбасы

9. Жүктемені алып тастамаған кездегі қысқа тұйықталған роторлы асинхронды машинаның өтпелі процестері

10. Өмір тіршілік қауіпсіздігі

11. Экономикалық бөлім

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1. Мальцева О.П., Удун Л.С., Кояин Н.В. Системы управления асинхронных частотно-регулируемых электроприводов. – Томск: Изд. ТПУ, 2011.

2. Ляхомский А.В., Фащленко В.Н. Автоматизированный электропривод горных машин и установок. Учебное пособие / Под ред. А.В. Ляхомского. – Издательство «Горная книга», 2014.

3. Шеховцев П.В. Расчет и проектирование ОУ и электроустановок промышленных механизмов / М.:ФОРУМ, 2010.

Жұмыс бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімшелер	Кеңесші	Мерзімі	Қолы
Техникалық бөлім	Тойгожинова Ж.Ж.		
Өмір тіршілік қауіпсіздігі	Мусаева Ж.К.		
Экономикалық бөлім	Тузелбаев Б.И.		

Диплом жұмысын дайындау

К Е С Т Е С І

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	<i>Техникалық бөлім</i>	<i>18.11.2019</i>	
2.	<i>Кранның электр жетегі жүйесін анықтау және жүйенің күштік элементтерін таңдау</i>	<i>19.12.2019</i>	
3.	<i>Жиілікті реттелетін электр жетегінің автоматты басқару жүйесі</i>	<i>14.03.2020</i>	
4.	<i>Асинхронды электр жетегін математикалық және компьютерлі модельдеу</i>	<i>27.05.2020</i>	
5.	<i>Өмір тіршілік қауіпсіздік негіздері</i>	<i>08.05.2020</i>	
6.	<i>Экономикалық бөлім</i>	<i>28.05.2020</i>	

Тапсырманың берілген уақыты « 18 » қараша 2019 ж.

Кафедра меңгерушісі \_\_\_\_\_ Оржанова Ж.К., т.ғ.к., профессор  
 (қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жұмыс жетекшісі \_\_\_\_\_ Мустафин Марат Аскарович, т.ғ.д., профессор  
 (қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент \_\_\_\_\_ Құрманбай А.Н.  
 (қолы) (аты -жөні)

## Аңдатпа

Дипломдық жұмыста көпірлік кранның құрамы мен технологиясының сипатамасы келтіріліп, оның электр жетегіне қойылатын басты талаптары қарастырылған. Кранның кинематикалық сұлбасы, электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлері анықталып, асинхронды қозғалтқышы таңдалып, оның параметрлері анықталған. Сонымен қатар, табиғи механикалық және электр механикалық сипаттамалары тұрғызылған.

Жиілікті реттелетін электр жетегінің автоматты басқару жүйесі таңдалып, оның параметрлері анықталған. Асинхронды машинаның құрылымдық сұлбасы мен өтпелі процестері қарастырылған. Жиілікті реттелетін электр жетегі өңделіп, оның жұмысы ЭЕМ арқылы MATLAB бағдарламасында моделдеу әдісімен зерттелді. Сонымен қатар іске қосу мен тежеу режимдерін тиімді басқаруы анықталған.

Өмір тіршілік қауіпсіздігі бөлімінде өмір тіршілік қауіпсіздік негіздерін еңбек жағдайларында қолдану мәселері қарастырылған, қауіпті және зиянды өндіріс факторларын анықталған.

Экономикалық бөлімде кран жабдықтары үшін электр жетегі жүйесін таңдау нұсқаларының техникалық-экономикалық негіздері қарастырылып, күрделі салымдар мен пайдалану шығындарына есептеулер жүргізілген.

## **Аннотация**

В дипломной работе приведена характеристика технологии и состава мостового крана, предусмотрены основные требования к электроприводу. Определена кинематическая схема крана, определены параметры механической части электропривода, выбран асинхронный двигатель и определены его параметры. Кроме того, создаются естественные механические и электромеханические характеристики.

Выбрана система автоматического управления частотно-регулируемым электроприводом и определены его параметры. Рассмотрены блок-схема и переходные процессы асинхронной машины. Был разработан частотно-управляемый электропривод, и его работа была изучена с помощью компьютерного моделирования в MATLAB. Также установлено, что он эффективно контролирует режимы запуска и остановки.

Раздел по безопасности жизнедеятельности посвящен применению основ безопасности жизнедеятельности в условиях труда, выявляет опасные и вредные факторы производства.

В экономическом разделе приводится технико-экономическое обоснование выбора системы электропривода для кранового оборудования, расчеты капитальных вложений и эксплуатационные расходы.

## **THE SUMMARY**

The thesis describes the technology and composition of an overhead crane, provides basic requirements for an electric drive. The kinematic diagram of the crane is determined, the parameters of the mechanical part of the electric drive are determined, an induction motor is selected and its parameters are determined. In addition, natural mechanical and electromechanical characteristics are created.

A system for automatic control of a frequency-controlled electric drive is selected and its parameters are determined. The block diagram and transients of an asynchronous machine are considered. A frequency-controlled electric drive was developed, and its work was studied using computer simulation in MATLAB. It was also found that it effectively controls the start and stop modes.

The section on life safety is devoted to the application of the basics of life safety in working conditions, identifies dangerous and harmful factors of production.

The economic section provides a feasibility study for the selection of an electric drive system for crane equipment, calculations of capital investments and operating costs.

## Мазмұны

	Кіріспе	10
1	Техникалық бөлім	11
1.1	Көпірлік кранның құрамы және сипаттамасы	11
1.2	Көпірлік кранның электр жетегіне қойылатын басты талаптары	14
2	Кранның электр жетегі жүйесін анықтау және жүйенің күштік элементтерін таңдау	15
2.1	Көпірлік кранның электр жетегі жүйесін таңдау	15
2.2	Кранның кинематикалық сұлбасы, электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлерін анықтау	16
2.3	Электр жетектің қозғалтқышын таңдау және параметрлерін есептеу	20
2.3.1	Кранның электр қозғалтқыш параметрлерін есептеу	22
2.3.2	Каталогтағы берілген деректерге сәйкес электр қозғалтқыштың алмастыру сұлбасының параметрлерін анықтау	23
2.3.3	Асинхронды электр қозғалтқыштың табиғи механикалық және электр механикалық сипаттамаларын есептеу және құру	26
2.3.4	Асинхронды электр жетектің механикалық және электр механикалық сипаттамаларын есептеу, тұрғызу	30
2.3.5	Асинхронды электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлерін есептеу	32
2.3.6	Көпірлі кранда қоланылатын жиілікті түрлендіргішті таңдау	34
3	Жиілікті реттелетін электр жетегінің автоматты басқару жүйесі	36
3.1	Электр жетегінің автоматты басқару жүйесінің параметрлерін есептеу	36
4	Асинхронды электр жетегін математикалық және компьютерлі модельдеу	38
4.1	Асинхронды қозғалтқышты математикалық бейнелеу	38
4.2	Қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды машиналардың дифференциалдық теңдеулері	42
4.3	Асинхронды машинаның дифференциалдық теңдеулері	43
4.4	Тұйықталған жиілікті реттелетін асинхронды электр жетектің құрылымдық сұлбасы және математикалық бейнеленуі	45
4.5	Асинхронды машинаның құрылымдық сұлбасы және өтпелі процестері	46
4.6	Іске қосу мен тежеу режимдерін тиімді басқару	50
5	Өмір тіршілік қауіпсіздік негіздері	57
5.1	Өмір тіршілік қауіпсіздік негіздерін еңбек жағдайларында қолдану	57
5.2	Қауіпті және зиянды өндіріс факторларының анықтамасы және оны анықтау	58
5.3	Кранның әсерлік аймақтарын анықтау	59
5.4	Төтенше жағдайлардағы қызметтер	63
5.5	Желдеткіштің параметрлерін есептеу және орналастыру	64



6	Экономикалық бөлім	68
6.1	Кран жабдықтары үшін электр жетегі жүйесін таңдау нұсқаларының техникалық-экономикалық негіздері	68
6.2	Күрделі салымдарды және пайдалану шығындарын есептеу	69
6.3	Күрделі салымдар мен пайдалану шығындарын есептеу (жоба нұсқасы)	73
6.4	Экономикалық жұмыс орындарының есептеуі	77
	Қорытынды	78
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	79

## Кіріспе

Кран жабдығы өндіріс экономикасының барлық секторларын толығымен қамтитын механизмнің бірі болып саналады. Біздің өндірісте құрастырылып, шығарылатын жүк көтеретін машиналар негізгі жұмыс механизмі болып саналатын жетектен тұрады. Сондықтан бұл машиналардың жұмысы кран жабдықтарының қолданылуының сапа көреткішіне тәуелді.

Транспортта, құрылыстарда және барлық халық шаруашылығында жүктердің қозғалысы жүкті көтеру амалдарына байланысты және әртүрлі жүк көтеру машиналарымен орындалады.

Жүк көтеретін машинаның электр жетегінің ерекше түрін қолданудың салдарынан кран механизмі үшін арнайы электр қозғалтқышы мен аспаптарды шығарыла бастады. Қазіргі кезде кран электр жабдықтарының құрамына кранның айнымалы тоқты және тұрақты тоқты қозғалтқыштарынан, күштік және магниттік бақылағыштардан, бұйрық бақылағыштарынан, шығс ажыратқышынан және т.б. тұрады.

Кран жабдықтарын қолдануды арттыру бағыттары: энергия тұтынуды төмендету және жұмысқа сенімділігін арттыру. Электр жетегінде қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышты қолдану қазіргі кезде көп қолданылып жатқан кранды жаңарту әдісі болып саналады. Кранда басқа жүйелермен салыстырғанда жиіліктік-реттелетін электр жетегін пайдалану тиімді болып келеді. Себебі жұмыс сапасын арттыруға және басқару жүйесін тиімді қолдануға, берілген бағдарламаға сәйкес жүкті автоматты түрде қозғалтуға, кранды автоматты басқару жүйесіне жүйесіне енгізуге, жетек пен оның барлық механизмдерінің қызмет ету мерзімі мен сенімділігін арттыруға, қызмет көрсету процесін жеңілдетуге, электр энергиясын үнемдеуге көмектеседі. Бұл аталғандар осы жүйенің артықшылықтары деп қарастырсақ та болады.

Дипломдық жұмыстың мақсаты жиілікті реттелетін электр жетегін өңдеу және оның жұмысын ЭЕМ арқылы MATLAB бағдарламасында моделдеу әдісімен зерттеу.

## 1 Техникалық бөлім

### 1.1 Көпірлік кранның құрамы және сипаттамасы

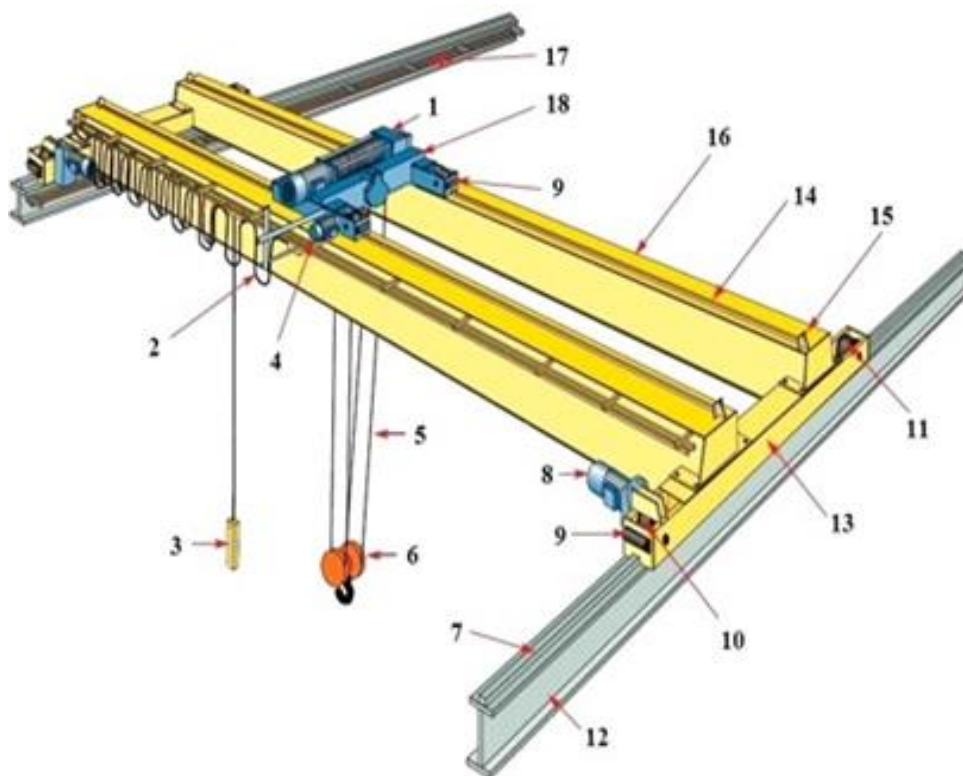
Көпірлі кран-өнеркәсіптік жүк көтергіш жабдықтың ең көп таралған түрі. Кранның конструкциясы өндірістік бөлменің әрбір шаршы метрін оның әлеуетті қызмет аясын барынша толық қосуға мүмкіндік береді. Алға-артқа және оңға-солға қарай еркін қозғала отырып, көпірлі крандар үй-жайдың құрылыс биіктігін де пайдаланады және жүктерді іс жүзінде жұмыс кеңістігінің кез келген нүктесіне жеткізеді. Сонымен қатар, көпірлі кран бөлменің өте аз пайдалы алаңын алады, өйткені оның конструкциясының негізгі элементтері жұмыс бөлмесінің жоғарғы қабатында орналасқан. Үлкен жүктемеге және қарқынды пайдалану режиміне қарамастан, көпірлі крандар салыстырмалы түрде металл сыйымды жабдық болып саналады. Көпірлі крандарды қолдану аймағы өте кең. Көпірлі кран конструкциялары машина жасаудағы, химия және мұнай өңдеу өнеркәсібі кәсіпорындарындағы, ірі көлік тораптары мен қойма үй-жайларындағы, жылу электр станциялары мен тамақ өнеркәсібі кәсіпорындарындағы технологиялық жабдықтардың ажырамас бөлігі. Берілген техника түрі көтергіш жабдықтың бір түріне жататындықтан, көпірлі кранның жұмыс істеу принципі көбінесе осы машиналармен ұқсас. Басты ерекшелігі - конструкцияның барлық көтергіш элементтері тікелей төселген кран жолына тіреледі.

Көтергіш арқалықтың орнын ауыстыру рельстер бойынша жүргізіледі, олар өндірістік құрылыстан тыс эстакадаларда немесе оның ішкі қабырғаларында құрастырылады. Көпір бойынша арнайы көтеру шығырымен жабдықталған жүк арбасының қозғалысы жүреді. Көпірлі кранның функционалдық мақсатын кеңейту үшін қосымша құрылғылар ретінде грейферлер немесе әр түрлі қуатты магниттер қолданылуы мүмкін. Кең функционалды жиынтық көтергіш крандарды ірі өнеркәсіпте ғана емес, сонымен қатар қойма шаруашылығын жүргізу кезінде де, құрылыс индустриясында да қолдануға мүмкіндік береді.

Көпірлік кранның құрылысы 1.1 суретте, ал 1.2 суретте жалпы көрінісі көрсетілген [5].

Кранның көпірі шеткі қосылған екі аралық арқалықтан тұрады. Қорапты қима арқалықтары екі тік қабырғадан, жоғарғы және төменгі көлденең белдеулерден жасалған. Аралық арқалықтың жоғарғы белдігіне жатық рельс бекітілген, оның ұшында арбаның шеткі жағдайын шектеу үшін тіректер орнатылған. Қиманың тікбұрышты нысанын және тік қабырғалардың орнықтылығын қамтамасыз ету үшін аралық арқалықтың ішінде үлкен диафрагмалар дәнекерленеді. Бұдан басқа, артқы рельсінен тік қабырғаларға жүктемені біркелкі беру үшін шағын диафрагмалар бар. Аралық арқалықтардың бүйір қабырғаларында жүк арбасына және кранның қозғалу механизмдеріне қызмет көрсетуге, сондай-ақ қатты троллейдерді (бұрыштық прокаты бар тіреулер) орналастыруға арналған таяныштары бар алаңдар

көзделген.



1.1 сурет – Көпірлі кранның құрылысы

Белгілеулер: 1. Тельфер; 2. Тельфер кабелі; 3. Басқару пульті; 4. Жүк арбаның жетегі; 5. Болат қанат; 6. Жүк ілгіш; 7. Рельс; 8. Кран қозғалтқышының жетегі; 9. Демпфер; 10. Жетектің дөңгелегі; 11. Бос жүріс дөңгелегі; 12. Басты дінгек; 13. Соңғы дінгек; 14. Рельс; 15. Тұйықталған тірек; 16. Қозғалыс дінгегі; 17. Троллей; 18. Жүк арба.



1.2 сурет – Көпірлік кранның жалпы көрінісі

Цилиндрлік дөңгелектері бар қозғалыс механизмдері әртүрлі схемалар бойынша орындалған: бір қозғалтқыштан орталық жетегі бар, тежегіші және екі доңғалаққа редуктормен, әрбір доңғалаққа бөлек жетегі бар, сондай-ақ фланецті қозғалтқышы және аспалы редуктормен. Цилиндрлік дөңгелектермен қатар конустық пішінді дөңгелектер қолданылады. Механизмдердің жетекті коникалық доңғалақтары орталық жетек кезінде конустың жоғарғы жағы сыртқы жағына орнатылған. Жеке жетегі бар механизмдерде конустық доңғалақтар конустың жоғарғы жағын сыртқы жаққа, ал жетекті емес - ішкі жаққа орнатады. Мұндай сұлба «кері конус» деп аталады. Мұндай доңғалақтарды орнату кранды рельс жолдарындағы орталықтандырады және рельс жолдарының қисық учаскелерін өту кезінде оның қисаюын тудырмайды.

Жүк арбасы жүкті көтеру және арбаның қозғалу механизмдері жинақталған бір ізге түсірілген тораптардан рамадан тұрады. Рама көлденең арқалықтармен жалғанған және үстіңгі жағынан төсеніш табағымен жабылған екі бойлық арқалықтан жүріс дөңгелектеріне тірелетін орындалған. Арбада ілгекті обойманың көтеру биіктігін шектегіштер, кранның, буфердің және қоршау сүйенішінің көпіріндегі оның шеткі орналасуын ажыратқыштарға арналған сызғыш көзделген. Арба салмағы  $0,3 - 0,4 Q$  ( $Q$  - жүк көтергіштігі, т) құрайды.

Жеңіл крандарда (1К, 2К, 3К режим топтары) көтеру механизмдері ретінде арба рамасында тұрақты бекітілген электроталдарды қолданады. Мұндай арбалардың салмағы  $0,2-0,25 Q$

Құрамындағы негізгі элементі бір белдік немесе екі блокты көпір болып табылады. Екі белдік крандарда көпір бойымен тельфермен жабдықталған жүк арбасы қозғалады. Екі белдік көпірлі кран бір белдік құрылыммен, тұрақтылығымен және ауыр жұмыс режимімен салыстырғанда үлкен. Жүк арбасы қозғалатын көпір шеткі арқалықтарға тірелетін екі параллель орналасқан жүріс арқалықтарының конструкциясы болып табылады. Екі белдік үлгідегі көпірлі крандар да жүк көтергіштігі бойынша анағұрлым өндіргіш болып саналады.

Жүк көтергіш машиналардың көпшілігінің электр жетегі көп қосылу жиілігі, жылдамдықты реттеудің кең диапазоны және механизмдердің үдеуі мен тежелуі кезінде тұрақты пайда болатын елеулі жүктемелер кезінде қайта қысқа мерзімді жұмыс режимімен сипатталады. Жүк көтергіш машиналарда электр жетегін пайдаланудың ерекше шарттары электр қозғалтқыштары мен кранды орындау аппараттарының арнайы серияларын құру үшін негіз болды. Жүк көтергіш машиналарды өндірумен айналысатын машина жасауды дамыту елдің халық шаруашылығын дамытудың маңызды бағыты болып табылады.

Крандар жұмыс кезінде алға, артқа және солға және оңға қарай жылжуы мүмкін. Сондай-ақ, объектілерді залдың кез келген орнына жылжытуға ыңғайлы. Көп кеңістік алмайды, өйткені үй-жайдың жоғарғы бөлігінде орналасады. Олар үлкен жүктеме мен жұмыс қарқындылығын көтере алады,

бірақ өз салмағы аз.

Қолданылу аймақтары: Металлургияда, мұнай өнеркәсібінде, құрылыс және жөндеулерде, трюмдер мен вагондарды тиеу мен түсіруде, автомобиль шеберханалары және сұрыптау цехтарында, материалдар қоймасы және тамақ өндірісінде.

Мақсаты мен қолданылу аясына байланысты жалпы өнеркәсіптік және арнайы құрылғылар ретінде ажыратылады. Әдеттегі орындауда жүкті басып алу үшін ілгектер қолданылады. Арнайы құрылғылар грейфер, магнит, лапалармен жабдықталған. Сонымен қатар бұл бөлімде шахта краны бар. Құрылысы бойынша көпірлі крандар екі және бір белдік болып бөлінеді. Кейбір жағдайларда үш және төрт белдік болуы мүмкін. Бұдан басқа, құрылғылар жүкті деформациядан және зақымданудан сақтандыру үшін қатты немесе иілгіш аспалы траверсамен жабдықталады. Монтаждау тәсіліне байланысты агрегаттар тіректі және аспалы болады.

Үлкен жүк көтергіштігі 50 тоннадан жоғары болатын электр жетегінен тұратын көпірлік крандар ауыр жүктерді тасымалдау үшін қолданылады. Ол механикалық, құрастыру цехтары мен монтаждау-жөндеу шеберханаларында кең қолданысқа ие.

## **1.2 Көпірлік кранның электр жетегіне қойылатын басты талаптары**

Жүктерді көтеруді, түсіруді және орнын ауыстыруды сапалы орындау үшін кран механизмдерінің электр жетегі мынадай басты талаптарды қанағаттандыруы қажет [7]:

1. Қозғалтқыш жылдамдығын салыстырмалы кеңейтілген шектерге дейін реттеуді қамтамасыз ету (қарапайым крандарға (3...6): 1, контейнерден тұратын крандарға (8...20): 1, мұнаралы крандарға (10...40):1. Сонымен қатар, электр қозғалтқыштың қуатын азайту мен жоғарылату механизмдерінің өнімділігін арттыруға жылдамдықты екі аймақты реттеуді қолданған дұрыс. Екі аймақтық жылдамдықты реттеуді қолдану үлкен жүктерді номиналды жылдамдықпен, ал жеңіл жүктерді жоғарғы жылдамдықпен жылжытуға мүмкіндік береді.

2. Кранның түріне және механизмнің түріне сәйкес ең аз жылдамдықты 0,02-ден 0,25 м/с дейінгі шекті аралықта болуын қамтамасыз ету.

3. Қатаң түрдегі механикалық сипаттамалары болады және жылдамдықтың шамасы жүктемеге аз тәуелді болып келеді.

4. Өтпелі процестердің ұзақтығы өте аз болғанда рұқсат етілген шектерге дейін үдеуді шектеу мүмкіндігі. Крандардың арнайы типтерінде қозғалыс және бұрылу механизмдерінің 0,1-ден 0,5 м/с дейінгі шектерде үдеуі болуы керек. Бұл шарттар саңылауларды таңдағанда механикалық берілістерде соққыларды әлсірету, жүріс дөңгелектерінің, арбалардың және көпірлердің сүйретілуін болдырмау және арқандарда ілінген жүктің жылжуын

азайту қажеттілігімен сипатталады, ол қарқынды екпіндеу және қозғалыс және бұрылу механизмдерінің күрт тежелуінде орындалады.

5. Кран-штабелердегі екі шегінде де дәл тоқтауды қамтамасыз ету...10мм болса, контейнерлік кран үшін 25...50 мм болуы тиіс.

6. Электр жетектің кері қимылдауын, оның қозғалтқыш және тежегіш режиміндегі жұмысын қамтамасыз ету. Көтеру механизмдерінде жүкті түсіру кезінде тежеуді және жүк салмағына байланысты қозғалтқыштан тежеу режиміне автоматты түрде ауысуды қамтамасыз ету тиіс.

7. Көп қозғалтқышты жетек кезінде электр сұлба қозғалтқыштар арасындағы жүктемені теңестіруді, ал қозғалыс механизмдері көпірдің қисаюын болдырмауды қамтамасыз етуі тиіс.

Электр жетек жүйесін таңдауда таңдап алынатын механизмнің жетегіне қойылатын технологиялық талаптарды ескерген жөн. Мұндай талаптарды белгілеу электр жетектің оңтайлы жүйесін таңдауды жеңілдетеді, яғни механизмнің қажетті пайдалану көрсеткіштерін қамтамасыз ететін барлық жүйелерден анағұрлым қарапайым болып келеді.

## **2 Кранның электр жетегі жүйесін анықтау және жүйенің күштік элементтерін таңдау**

### **2.1 Көпірлік кранның электр жетегі жүйесін таңдау**

Технологиялық айналымның механикалық жұмыстарын орындауда электр қуаты аз пайдаланатын электр жетек жүйесі пайдалы болып келеді.

Кранның әртүрлі жұмысты орындау айналымына мыналар жатады: жүк көтеру, жүкті қажетті қашықтыққа тасымалдау, жүкті түсіру және жүкті босатуы немесе ілуіде болатын үзіліс кезеңдері. Жұмыстың стандартты қосылу ұзақтығы  $ҚҰ=40\%$  деп қабылданады және бұл жұмыс айналымында төменгі жылдамдықпен қозғалу аймақтары да болады.

Электр жетек жүйелерін тиімді пайдалануды анықтағанда салыстырылатын бірнеше жүйелерді тек энергетикалық көрсеткіштері арқылы ғана емес, сонымен қатар келтірілген жылдықтың шығындарын да бағалауды ұмытпаған жөн.

Дипломдық жұмыста қарастыратын жүк көтергіштігі он бес тонналық кранның көтеру механизмнің қозғалтқышының қуаты 50 кВт жоғары және реттеу аралығы  $D \geq 20:1$  болғандықтан, орташа жұмыс режиміне жатады, ал жөндеу және құрастыру цехтарінде жүкті көтеру мен тасымалдауды орындайды. Осы аталған жағдайларды ескерсек, онда жоғарыда айтылған электр жетегінің талаптарына сәйкес көпірлік кранның көтеру механизмнің электр жетегінің тиімді жүйесі ретінде «Жиілікті түрлендіргіш-асинхронды қозғалтқыш» (ЖТ-АҚ) жүйесін қабылдауға болады.

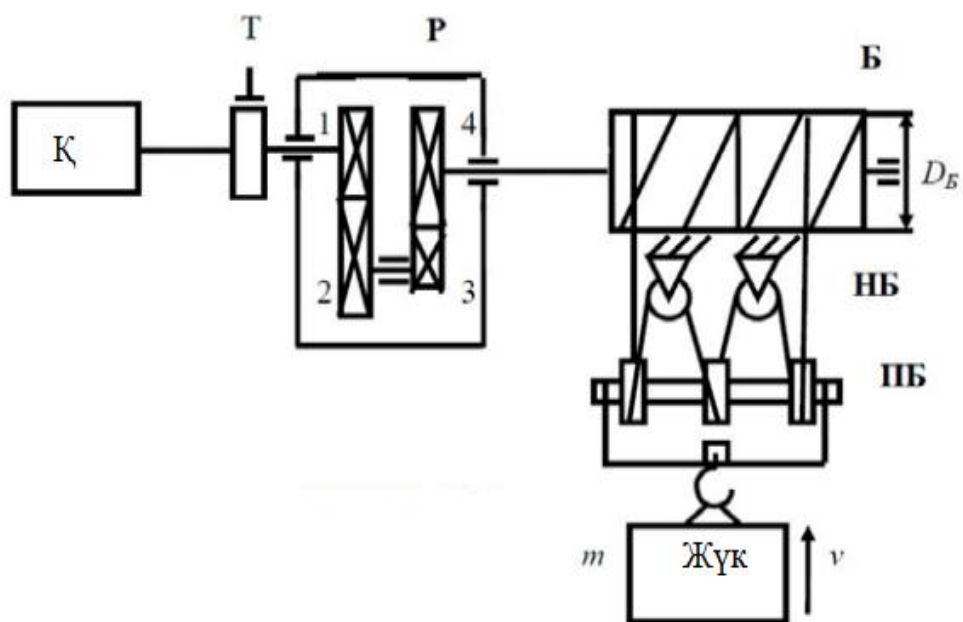
## **2.2 Кранның кинематикалық сұлбасы, электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлерін анықтау**

Көпірлік кранның жұмыс механизмдері кинематикалық сұлбамен қарастырылады. Себебі қозғалғыштардың қарапайым бұрыштық жылдамдығы бар, көтеру барабанының, көпірдің немесе арбаның қозғалғыш доңғалақтарының жылдамдығына қарағанда айтарлықтай үлкен, онда кран құрылғыларының жұмыс істеу органдарына жылжуы редукторлар арқылы беріледі. Өсу құрылғылары үшін Б барабанынан жылжыту арқылы ілгекті берілетін полиспастымен (2.1 сурет) сұлба сымдарының ең үлкен пайдаланылуы. Кран көпірінің қозғалу механизмі жүріс дөңгелектерінің бөлек жетегімен немесе орталық жетегімен жүреді. Бұл механизм барабанынан шығатын ілмекті суспензия блоктарын, айналма блоктар мен теңестіру блогын, тежегішпен жабдықталған беріліс қорабынан, жоғары жылдамдықты біліктен және электр қозғалтқышынан тұрады. Көтеру механизмдерінде тарту үшін тізбекті көтергіш қолданылады, ол қозғалмалы (ілгек суспензиясында) және бекітілген (айналмалы) блоктардан тұрады. Жүк көтергіштігі 80 ... 320 т крандардың көтеру механизмдері дәл осылай орындалады, олар қосымша түсіру редукторының немесе екінші редуктордың қатысуымен ғана ерекшеленеді, оның көмегімен негізгі редуктордың шығыс білігі барабанға қосылады. Бұл жағдайда екінші редуктор жоғары жылдамдықтағы беріліс функциясын орындайды. Қосымша беріліс доңғалақ барабанға мықтап жалғанған, редуктор тіректерге бөлек білікке орнатылып, редуктордың ілмегін қолданып немесе беріліс қорабының шығыс білігіне бекітілген негізгі беріліс қорабының шығыс білігіне қосылған. Беріліс білігіне әсер ететін кантильватордың салмағын азайту үшін редуктор корпусына бекітілген қосымша тіреуішті пайдаланамыз.

Үлкен жүк көтергіштігі 50 тоннадан жоғары болатын электр жетегінен тұратын көпірлік крандар ауыр жүктерді тасымалдау үшін қолданылады. Ол механикалық, құрастыру цехтары мен монтаждау-жөндеу шеберханаларында кең қолданысқа ие.

Көпірлік кранның көтеру механизмінің кинематикалық сұлба 2.1 суретте және оның негізгі параметрлері 2.1 кестеде көрсетілген [9].





2.1 сурет – Көпірлік кранның көтеру механизмінің кинематикалық сұлбасы

Мұндағы: К-электрқозғалтқышы; Т-тежегіш; Р-редуктор; Б-барабан; П-полиспаст.

Механизмнің Р редуктор арқылы қозғалысы барабанының айналуына әкеледі. Арқан жүкті көтеру мен түсіру кезінде оралады. Жүк қармаушы механизм НБ жылжымалы блоктарына ілінеді. НБ полиспаст блоктары шығырларына қатысты жылжымайтын мүлікті құрайды. Қозғалыс жүкті ілмектеу үшін жұмысқа тапсырылады, содан кейін арқанның әлсіздігі таңдалады.

Жүкті жоғары көтергенде қозғалтқыш тежеледі, тежегіш мотор білігіне бекітіледі. Жүкті ілінген күйде ұстап тұру тежегішпен орындалады. Бұл кезде қозғалтқыш тежегіш режимінде жұмыс істейді. Жүкті алаңға орналастырған кезде түсіру жылдамдығы төмендейді, жүк баяу орнатылады. Жүктерді босатуға арналған арқан тартқышы босатылады, ілгек ілініп, жұмысты қайталау айналымы басталады. Жүк көтергіш машиналар тиеу дәрежесі, жұмыс уақыты, операцияларды жүргізу қарқындылығы, жүк көтергіш операциялардың жауапкершілік дәрежесі және пайдаланудың климаттық факторлары бойынша пайдаланудың әр түрлі шарттары үшін дайындалады. Бұл шарттар жүк көтергіш машиналардың негізгі параметрлерімен қамтамасыз етіледі. Көтеру механизмінің негізгі параметрлеріне мыналар жатады: жүк көтергіштігі, ілгекті көтеру жылдамдығы, жұмыс режимі, жүк ұстағыш құрылғыны көтеру биіктігі.

Номиналды жүк көтергіштігі жүк көтергіш машинамен көтерілетін ілмектегі немесе басып алу құрылғысындағы номиналды жүктің салмағы. Ілгекті көтеру жылдамдығын осы жүк көтергіш машина қатысатын технологиялық процесс талаптарына, жұмыс сипатына, машина түріне және

оның өнімділігіне байланысты таңдайды. Жүк көтергіш машиналардың жұмыс тәртібі циклді. Цикл жүктің берілген траектория бойынша орын ауыстыруынан және жаңа цикл үшін бастапқы жағдайға оралудан тұрады. Механизмдердің жұмыс режимдерінің топтары бойынша жіктелуі механизмдердің жұмыс істеу мерзімі мен Кранның орташаланған жүктелу дәрежесі бойынша жиынтық жұмыс уақытының параметрлері бойынша жүзеге асырылады.

2.1 кесте – Көпірлік кранның параметрлері

Параметрлердің аталуы, өлшем бірлігі	Белгіленуі	Мәні
Жүкті көтергіштігі, т.	$m_{\Gamma}$	15
Ілмектің салмағы, кг.	$m_{\kappa}$	600
Көтеру биіктігі, м	H	16,5
Жүкті көтерудің ең жоғары жылдамдығы, м / с.	$V_{\max}$	0,3
Барабанның параметрлері, өлшем бірлігі		
Диаметр, м	$D_{\delta}$	502
Барабанның инерция моменті, кг	$J_{\delta}$	1200
Редуктордың параметрлері		
Берілістің номинал ПӘК, %	$\eta_{\text{НОМ}}$	85
Редуктордың беріліс саны	$i_{\text{ред}}$	32,4
Полиспастың еселігі	$i$	4

Жүкті көтерудегі статикалық қуат мына теңдеумен анықталады:

$$P_{\text{СТ}}^{\uparrow} = \frac{g(m_{\Gamma} + m_{\kappa})}{1000 \cdot \eta_{\text{НОМ}}} \cdot v_{\text{НОМ}} = \frac{9,8 \cdot 15600 \cdot 0,3}{1000 \cdot 0,85} = 53,95 \text{ кВт}. \quad (2.1)$$

Жүкті түсірудегі статикалық қуат мына теңдеумен анықталады:

$$P_{\text{СТ}}^{\downarrow} = \frac{g(m_{\Gamma} + m_{\kappa})}{1000 \cdot \eta_{\text{НОМ}}} \cdot v_{\text{НОМ}} \left( 2 - \frac{1}{\eta_{\text{НОМ}}} \right) = \frac{9,8 \cdot 15600 \cdot 0,3}{1000 \cdot 0,85} \cdot \left( 2 - \frac{1}{0,85} \right) = 44,43 \text{ кВт}. \quad (2.2)$$

Ілмекті көтерудегі статикалық қуат мына теңдеумен анықталады:

$$P_{\text{СТ.К}}^{\uparrow} = \frac{g m v_{\kappa}}{\eta_n} = \frac{9,8 \cdot 600 \cdot 0,3 \cdot 2}{0,34} = 10,37 \text{ кВт}; \quad (2.3)$$

Қозғалтқыш коэффициенті:

$$\alpha = 0,07; \quad \kappa_3 = \frac{m_{\kappa}}{m_{\Gamma} + m_{\kappa}} = \frac{600}{15600} = 0,038; \quad (2.4)$$

Пайдалы әсер коэффициенті:

$$\eta_n = \frac{1}{\frac{1}{\eta_{\text{НОМ}}} + \frac{\alpha}{\kappa_3} - \alpha} = \frac{1}{\frac{1}{0,85} + \frac{0,07}{0,038} - 0,07} = \frac{1}{2,948} = 0,34. \quad (2.5)$$

Ілмекті түсірудегі статикалық күш мына теңдеумен анықталады:

$$P_{\text{СТ.К}}^{\downarrow} = P_{\text{СТ.К}}^{\uparrow} \cdot (2\eta_n - 1) = 10,37 \cdot (2 \cdot 0,34 - 1) = -9,48 \text{ кВт}. \quad (2.6)$$

Техникалық амалдардың орындалу уақыты мына теңдеумен анықталады:

$$t_{\text{T}}^{\uparrow} = \frac{H}{v_{\text{НОМ}}} = \frac{16,5}{0,3} = 55 \text{ с}. \quad (2.7)$$

Ілмекті көтеру уақыты төмендегі теңдеулермен анықталады:

$$t_{\text{К}}^{\uparrow} = \frac{H}{2v_{\text{НОМ}}} = \frac{16,5}{2 \cdot 0,3} = 27,5 \text{ с}. \quad (2.8)$$

$$t_{\text{р.ц}} = 2t_{\text{T}}^{\uparrow} + 2t_{\text{К}}^{\uparrow} = 2 \cdot 55 + 2 \cdot 27,5 = 165 \text{ с}. \quad (2.9)$$

Осыған сәйкес:

$$\text{ПВ} = \frac{t_{\text{р.ц}}}{t_{\text{п.в}}} \cdot 100\% = \frac{165}{0,4} \cdot 100\% = 40\%. \quad (2.10)$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{165}{0,4} = 412,5 \text{ с}. \quad (2.11)$$

$T_{\text{ц}} = 6,87$  минут  $< 10$  минутқа сәйкес болғандықтан, қайталанатын айнымалы қысқа мерзімді режимде жұмыс жасайды.

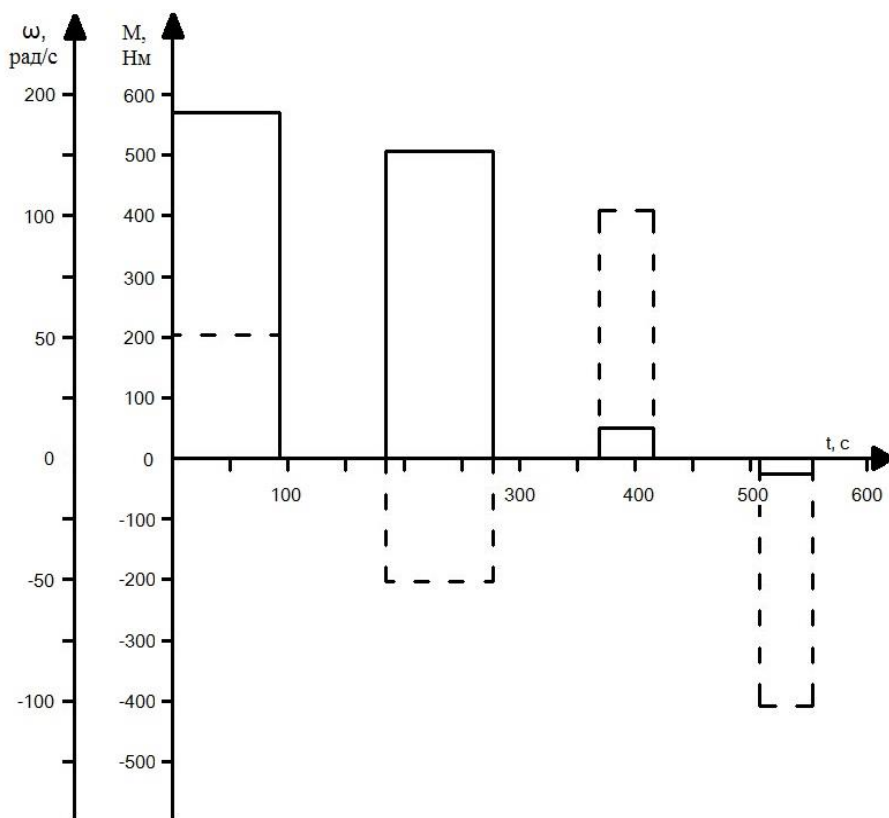
Уақыттың үзіліс аралығы төмендегі теңдеумен анықталады:

$$\sum t_0 = T_{\text{ц}} - t_{\text{р.ц}} = 412,5 - 165 = 247,5 \text{ с}; \quad (2.12)$$

$$\sum t_0 = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04};$$

$$t_{01} = t_{03} = 55 \text{ с}; \quad t_{02} = t_{04} = 27,5 \text{ с}.$$

Жоғарыда есептелінген кранның параметрлері бойынша қайталанатын айнымалы қысқа мерзімді режим үшін жүктеме сызбасы 2.2 суретте көрсетілген.



2.2 сурет - Кранның жылдамдық және жүктеме диаграммасы

### 2.3 Электр жетектің қозғалтқышын таңдау және параметрлерін есептеу

Жиілікті түрлендіргіш әдетте қысқа тұйықталған роторлы асинхронды электр қозғалтқышында қолданылады. Көптеген жағдайларда крандарды құрастырып, жасап шығаратындар қызметшілер кранның электр жетегін жаңартуының салдарынан жиілікті-реттелетін электр жетегіне арнайы орындалатын роторлары бар, жоғарғы кедергінің қорытпасымен құйылған кранның электр қозғалтқышын қолданады. Бұл жиі іске қосу процесінде жоғарғы тиімділікпен қамтамасыз ету талаптарымен түсіндіріледі. Онда қанағаттанарлықтай жылу режимін құру үшін іске қосу токтарының еселігін төмендету арқылы арнайы шаралар қолданылады, сонымен қатар белсенді материалдардың шығыны артады. Осы жағдайлар қозғалтқыштың салмағы мен құнының өсуіне әкеледі. Сондай ақ статор орамаларының уақытынан бұрын істен шығуына, ротор өзекшелерінің балқуына, көтергіштің электр жетегінде қолданылатын подшипниктер мен датчиктердің бұзылуына әкеледі. Басқару жүйесі үлкен қуатты жиілікті түрлендіргіштеріді және үлкен көлемді қозғалтқыштарды қолдану тиімді емес. Сондықтан электр жетегінде арнайы қозғалтқыштарды қолдану қажет.

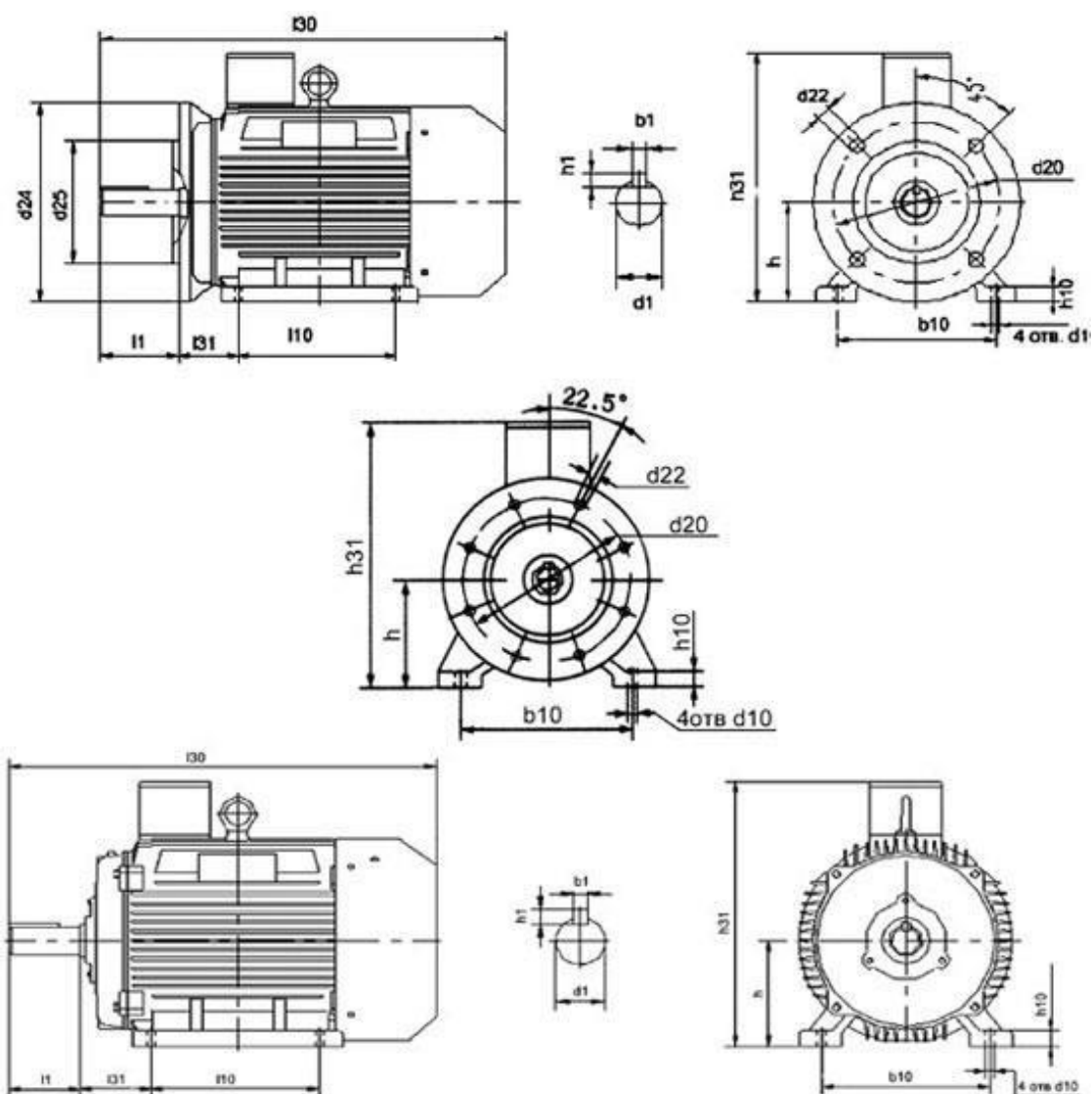
Жоғарыдағы анықтамаларды ескере отырып, кранның көтеру механизмінің электр жетегі үшін 5AI280S8 типті асинхронды электр

ҚОЗҒАЛТҚЫШЫ ТАҢДАЛДЫ.

2.3 суретте 5АИ280S8 қозғалтқышының көрінісі және 2.4 суретте оның типтік өлшемі қима түрінде көрсетілген [22].



2.3 сурет – 5АИ280S8 сериялы қозғалтқышының көрінісі



2.4 сурет - Қозғалтқыштың типтік өлшемдері

5АИ280S8 электрлі асинхронды қозғалтқышының техникалық деректері 2.2 кестеде көрсетілген.

2.2 кесте - 5АИ280S8 электрлі асинхронды қозғалтқышының техникалық деректері

Қозғалтқыш -тың типтік өлшемі	Қуаты $P_2$ , кВт	Синхронд ы айналу жиілігі	Номиналды жүктеме кезінде		
			Айналу жиілігі	ПӘК $\eta_H$ , %	$\cos \varphi_H$
		$n_0$ , айн/мин	$n_H$ , айн/мин		
5АИ280S8	55	750	740	93.6	0.86
$M_{\max}/M_n$	$M_{\text{пуск}}/M_n$	$I_{\text{пуск}}$	$J_{\text{дв.}}$ кг·м <sup>2</sup>	Қорғаныс дәрежесі	Климаттың көрсеткіші
2,2	1,8	712,8 А	2.63	IP55	У3

Ескерту:

1. Техникалық сипаттамалары S3 (ПВ = 40 %) жұмысының арнайы режиміне келтірілген.

2. Қуаттың жиілігінің өзгеруі – 5-тен 50 Гц-ке дейінгі аралықта.

### 2.3.1 Кранның электр қозғалтқыш параметрлерін есептеу

Синхронды бұрыштық айналу жиілігі:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{\pi \cdot 750}{30} = 78,54 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (2.3.1)$$

Электр қозғалтқыштың номиналды сырғуы:

$$s_H = \frac{n_0 - n_{\text{ном}}}{n_0} = \frac{750 - 740}{750} = 1,33. \quad (2.3.2)$$

Электр қозғалтқыштың номиналды айналу жиілігі:

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{n_{\text{ном}}}{9,55} = \frac{740}{9,55} = 77,495 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. \quad (2.3.3)$$

Электр қозғалтқыштың номиналды моменті:

$$M_{\text{қ.н}} = \frac{P_H \cdot 1000}{\omega_{\text{қ.н}}} = \frac{55000}{77,495} = 709,721 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.3.4)$$

Электр қозғалтқыштың ең жоғары және іске қосу моменті мына теңдеумен анықталады:

$$m_{\text{макс}} = \frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{қн}}} = 2,2; \quad m_{\text{пуск}} = \frac{M_{\text{қос.}}}{M_{\text{қн}}} = 1,8. \quad (2.3.5)$$

Іске қосылу кезіндегі тогы:

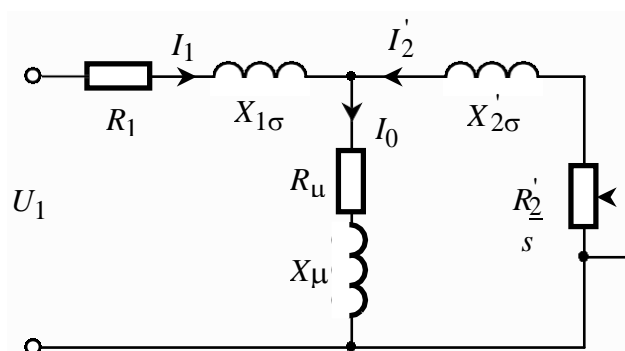
$$k_{\text{іс.қос.}} = \frac{I_{\text{іс.қос.}}}{I_{1\text{н}}} = 6,6. \quad (2.3.6)$$

### 2.3.2 Каталогтағы берілген деректерге сәйкес электр қозғалтқыштың алмастыру сұлбасының параметрлерін анықтау

2.5 суреттегі асинхронды қозғалтқыштың алмастыру сұлбасының параметрлерін анықтап және шыққан нәтижелерін 2.3 кестеге енгіземіз [10].

2.3 кесте – Асинхронды қозғалтқыштың алмастыру сұлбасының есептеулер арқылы анықталған параметрлері

$R_1$ , Ом	$X_{1\sigma}$ , М	$L_{1\sigma}$ , Гн	$R'_2$ , Ом	$X'_{2\sigma}$ , Ом	$L'_{2\sigma}$ , Гн	$X_\mu$ , Ом	$X_k$ , Ом	$L_\mu$ , Гн
0,054	0,218	$6,95 \cdot 10^{-4}$	0,031	0,294	$9,354 \cdot 10^{-4}$	5,721	0,52	0,01821



2.5 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың негізгі алмастыру сұлбасы

Қозғалтқыш статорының номиналды тогы:

$$I_{1\text{н}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot 1000}{3 \cdot U_{1\text{н}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}}} = \frac{55000}{3 \cdot 220 \cdot 0,86 \cdot 0,936} = 103,525 \text{ А}. \quad (2.3.7)$$

Жүктеме кезіндегі қозғалтқыш статорындағы ток:

$$I_{11} = \frac{P_{\text{н}} \cdot p^*}{3 \cdot U_{1\text{н}} \cdot \cos \varphi_{p^*} \cdot \eta_{p^*}} = \frac{55000}{3 \cdot 220 \cdot 0,83 \cdot 0,936} = 80,938 \text{ А}. \quad (2.3.8)$$

мұндағы:

$p^*$  - асинхронды қозғалтқыштың жүктелу коэффициенті,  $p^* = 0,75$ ;

$\eta_{p^*}$ - қозғалтқышты жүктеу кезіндегі ПӘК,  $\eta_{p^*} = \eta_H$ .

Қозғалтқыштың жүктелу кезіндегі қуат коэффициенті:

$$\cos \varphi_{p^*} = 0,99 \cdot \cos \varphi_H = 0,99 \cdot 0,86 = 0,825. \quad (2.3.9)$$

Бос жүрістегі асинхронды қозғалтқыштың тогы:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \left(p^* \cdot I_{1H} \cdot \frac{1-s_H}{1-p^* \cdot s_H}\right)^2}{1 - \left(p^* \cdot \frac{1-s_H}{1-p^* \cdot s_H}\right)}} = \sqrt{\frac{80,938^2 - \left(0,75 \cdot 103,525 \cdot \frac{1-0,0133}{1-0,75 \cdot 0,0133}\right)^2}{1 - \left(0,75 \cdot \frac{1-0,0133}{1-0,75 \cdot 0,0133}\right)}} = 35,721. \quad (2.3.10)$$

Қозғалтқыштың критикалық сырғуы:

$$s_k = s_H \cdot \frac{k_M + \sqrt{k_M^2 - (1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (k_M - 1))}}{1 - 2 \cdot s_H \cdot \beta \cdot (k_M - 1)} =$$

$$= 0,0133 \cdot \frac{2,2 + \sqrt{2,2^2 - (1 - 2 \cdot 0,0133 \cdot 1 \cdot (2,2 - 1))}}{1 - 2 \cdot 0,0133 \cdot 1 \cdot (2,2 - 1)} = 0,061. \quad (2.3.11)$$

мұндағы:  $\beta$  - коэффициентінің мәнін 0,6-2,5 аралығына сәйкес  $\beta=1,7$  деп қабылдаймыз.

Қозғалтқыштың коэффициенттері мына теңдүлермен анықталады:

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{1H}} = 1 + 103,525 = 1,026; \quad (2.3.12)$$

$$A_1 = \frac{m \cdot U_{1H}^2 \cdot (1-s_H)}{2 \cdot C_1 \cdot k_M \cdot P_H} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1-0,0133)}{2 \cdot 1,026 \cdot 2,2 \cdot 55000} = 0,57. \quad (2.3.13)$$

Асинхронды қозғалтқыштың статор орамасына келтірілген ротор орамасының белсенді (активті) кедергісі мына теңдеумен анықталады:

$$R'_2 = \frac{A_1}{\left(\beta + \frac{1}{s_k}\right) \cdot C_1} = \frac{0,57}{\left(1,7 + \frac{1}{6,1}\right) \cdot 1,026} = 0,031 \text{ Ом}. \quad (2.3.14)$$

Статор орамының белсенді (активті) кедергісі мына теңдеумен анықталады:

$$R_1 = C_1 \cdot R'_2 \cdot \beta = 1,026 \cdot 0,031 \cdot 1 = 0,054 \text{ Ом}. \quad (2.3.15)$$

Қозғалтқыштың қысқа тұйықталу режимінің индуктивті кедергісін  $X_K$  табуға қажетті  $\gamma$  мәнін мына теңдеумен анықтайды:



$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{1}{s_k^2}\right) - \beta^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{0,061^2}\right) - 1^2} = 16,298; \quad (2.3.16)$$

Осы теңдеу арқылы есептелінген мәнге сәйкес:

$$X_k = \gamma \cdot C_1 \cdot R_2' = 16,298 \cdot 1,026 \cdot 0,031 = 0,52 \text{ Ом.} \quad (2.3.17)$$

Қозғалтқыштың статор орамның индуктивті кедергісі:

$$X_{1\sigma} = 0,42 \cdot X_k = 0,42 \cdot 0,52 = 0,218 \text{ Ом.} \quad (2.3.18)$$

Қозғалтқыштың статор орамының индуктивтілігі номиналды режимде сөйліу ағынымен өрнектеледі, ол мына теңдеумен анықталады:

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1\sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{0,218}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 6,95 \cdot 10^{-4} \text{ Гн.} \quad (2.3.19)$$

Қозғалтқыштың статор орамасына келтірілген ротор орамның индуктивті кедергісі:

$$X_{2\sigma}' = \frac{0,58 \cdot X_k}{C_1} = \frac{0,58 \cdot 0,52}{1,026} = 0,294 \text{ Ом.} \quad (2.3.20)$$

Номиналды режимдегі сөйліу ағынымен жазылатын қозғалтқыштың статор орамының индуктивтілігі:

$$L_{2\sigma}' = \frac{X_{2\sigma}'}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{0,294}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 9,354 \cdot 10^{-4} \text{ Гн.} \quad (2.3.21)$$

$$\begin{aligned} E_1 &= \sqrt{(U_{1H} \cdot \cos \varphi_H - I_{1H} \cdot R_1)^2 + (U_{1H} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H} - I_{1H} \cdot X_{1\sigma})^2} = \\ &= \sqrt{(220 \cdot 0,86 - 103,525 \cdot 0,054)^2 + (220 \cdot \sqrt{1 - 0,86^2} - 103,525 \cdot 0,218)^2} = \\ &= 204,31 \text{ В.} \end{aligned} \quad (2.3.22)$$

Осы теңдеумен есептелінген мәнге сәйкес магниттеу контурының индуктивті кедергісі:

$$X_\mu = \frac{E_1}{I_0} = \frac{204,31}{35,712} = 5,721 \text{ Ом.} \quad (2.3.23)$$

Қозғалтқыштың статор токтарының жиынтық әсерімен (магниттендіру контурындағы индуктивтілік) пайда болатын әуе саңылауының магниттік ағынымен нәтиже беретін индуктивтілік:

$$L_{\mu} = \frac{X_{\mu}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}} = \frac{5,721}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,018 \text{ Гн.} \quad (2.3.24)$$

Асинхронды қозғалтқыштың есептелінген параметрлерінің дұрыстығын тексеру.

Жоғарыда анықталған параметрлердің көмегімен қозғалтқыштың номиналды электр магниттік моментінің мәні мына теңдеумен есептеледі:

$$M_{\text{ЭМ.Н}}^* = \frac{3 \cdot U_{1\phi H}^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot s_H \cdot \left[ X_{\text{кН}}^2 + \left( R_1 + \frac{R_2'}{s_H} \right)^2 + \left( \frac{R_1 \cdot R_2'}{s_H \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,031}{78,54 \cdot 1,33 \cdot \left[ 0,52^2 + \left( 0,054 + \frac{0,031}{1,33} \right)^2 + \left( \frac{0,054 \cdot 0,031}{1,33 \cdot 5,721} \right)^2 \right]} = 721,339 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.3.25)$$

$$M_{\text{ЭМ.Н}}^{**} = \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{(L_m + L_{2\sigma}') } \cdot \varphi_{2H} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{I_{1H}^2 - I_0^2} =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot 4 \cdot \frac{0,01821}{(0,01821 + 0,000695)} \cdot 0,92 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{103,525^2 - 35,712^2} = 721,274 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

мұндағы:

$$\varphi_{2H} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot L_m = \sqrt{2} \cdot 35,712 \cdot 0,01821 = 0,92 \text{ Вб.} \quad (2.3.27)$$

Осыған сәйкес төмендегі шарттар орындалуы қажет:

$$M_{\text{дв.Н}} < M_{\text{ЭМ.Н}}^* \leq 1,1 \cdot M_{\text{дв.Н}} = 709,721 < 721,339 \leq 780,693;$$

$$M_{\text{ЭМ.Н}}^{**} \approx M_{\text{ЭМ.Н}}^* \cdot 721,274 \approx 721,339.$$

Жоғарыдағы есептеулердің нәтижелері бойынша бұл шарттар орындалады. Сондықтан асинхронды қозғалтқыштың есептелінген параметрлері дұрыс.

### 2.3.3 Асинхронды электр қозғалтқыштың табиғи механикалық және электр механикалық сипаттамаларын есептеу және құру

Асинхронды қозғалтқыштың табиғи механикалық сипаттамасы төмендегі теңдеулермен анықталады:

$$M(S, f_1) = \frac{3 \cdot \left[ U_{1\phi\phi}^2 \cdot \left( \frac{f_1}{f_{1H}} \right)^2 \right]^2 \cdot R_2'}{\omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \cdot S \cdot \left( \left( X_{\text{кН}} \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \right)^2 + \left( R_1 + \frac{R_2'}{S} \right)^2 + \left( \frac{R_1 \cdot R_2'}{S \cdot X_{\mu} \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}} \right)^2 \right)} =$$

$$= \frac{3 \cdot \left[ 220 \cdot \left( \frac{f_1}{50} \right)^2 \right]^2 \cdot 0,031}{78,54 \cdot \frac{f_1}{50} \cdot s \cdot \left( \left( 0,52 \cdot \frac{f_1}{50} \right)^2 + \left( 0,054 + \frac{0,031}{s} \right)^2 + \left( \frac{0,054 \cdot 0,031}{s \cdot 5,721 \cdot \frac{f_1}{50}} \right)^2 \right)}$$

$$\omega(s, f) = \omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \cdot (1 - s).$$

Табиғи сипаттамадағы қозғалтқыштың критикалық моменті мен критикалық сырғуы төмендегі теңдеулермен анықталады:

$$M_k = 3 \cdot \frac{U_{1H}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot \left( R_1 + \sqrt{[R_1^2 + (X_{1\sigma} + X'_{2\sigma})^2]} \cdot \left( 1 + \frac{R_1^2}{X_{\mu}^2} \right) \right)} = \quad (2.3.29)$$

$$= 3 \cdot \frac{220^2}{2 \cdot 78,54 \cdot \left( 0,054 + \sqrt{[0,054^2 + (0,218 + 0,294)^2]} \cdot \left( 1 + \frac{0,054^2}{5,721^2} \right) \right)} =$$

$$= 1603 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$s_k = R'_2 \cdot \sqrt{\frac{\frac{R_1^2}{X_{\mu}^2} + 1}{R_1^2 + (X_{1\sigma} + X'_{2\sigma})^2}} = 0,128 \cdot \sqrt{\frac{\frac{0,054^2}{5,721^2} + 1}{0,054^2 + (0,218 + 0,294)^2}} = 0,059. \quad (2.3.30)$$

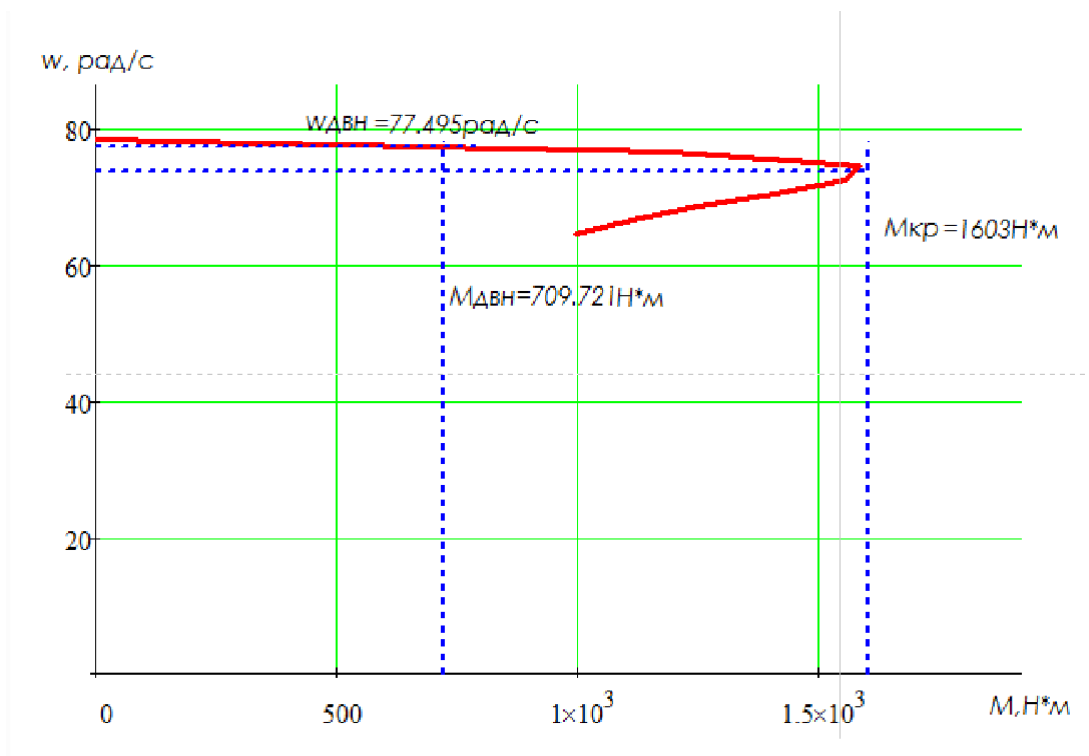
Асинхронды қозғалтқыштың номиналды электр магниттік моменті:

$$M_{\text{эм}} = \frac{3 \cdot U_{1H}^2 \cdot R'_2}{\omega_0 \cdot s_H \cdot \left( X_k^2 + \left[ \left( R_1 + \frac{R'_2}{s_H} \right)^2 + \left( R_1 + \frac{R'_2}{s_H \cdot X_{\mu}} \right)^2 \right] \right)} = \quad (2.3.31)$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0,031}{78,54 \cdot 0,0133 \cdot \left( 0,52^2 + \left[ \left( 0,54 + \frac{0,031}{0,0133} \right)^2 + \left( 0,054 + \frac{0,031^2}{0,0133 \cdot 5,721} \right)^2 \right] \right)}$$

$$= 721,339 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Қозғалтқыштың жиілігі  $f_1 = f_{1H} = 50$  Гц болғанда табиғи механикалық сипаттамасы  $\omega = f(M)$  тәуелдігіне сәйкес тұрғызылады, бұл тәуелділіктің өзгеру қисығы 2.4 суретте көрсетілген [10].



2.4 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың  $\omega = f(M)$  тәуелдігіне сәйкес табиғи механикалық сипаттамасы

Асинхронды қозғалтқыштың білігідегі үйкеліс күшінің моменті:

$$M_c = M_{эм} - M_{дв.н} = 721,339 - 709,721 = 11,618 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.3.32)$$

Жоғарыда анықталған мәліметтер бойынша келесі шамаларды анықтаймыз:

- іске қосу моментінің еселігі:

$$m_{\Pi} = \frac{M_{эм.п}}{M_{эм.н}} = 2,2. \quad (2.3.33)$$

- ең жоғары критикалық моменттің еселігі:

$$m_k = \frac{M_{эм.к}}{M_{эм.н}} = 1,8. \quad (2.3.34)$$

- критикалық сырғу мәні:

$$s_k = \frac{\omega_0 - \omega_k}{\omega_0} = \frac{78,54 - 73,906}{78,54} = 0,059. \quad (2.3.35)$$

Асинхронды қозғалтқыштың  $I_1(s, f_1)$  және  $I_2'(s, f_1)$  тәуелдіктеріне сәйкес табиғи электр механикалық сипаттамалары төмендегі теңдеулермен анықталады:

$$I_1(S, f_1) = \sqrt{I_0^2(f_1) + I_2'^2(S, f_1) + 2 \cdot I_0(f_1) \cdot I_2'(S, f_1) \cdot \sin \varphi_2(S, f_1)}; \quad (2.3.36)$$

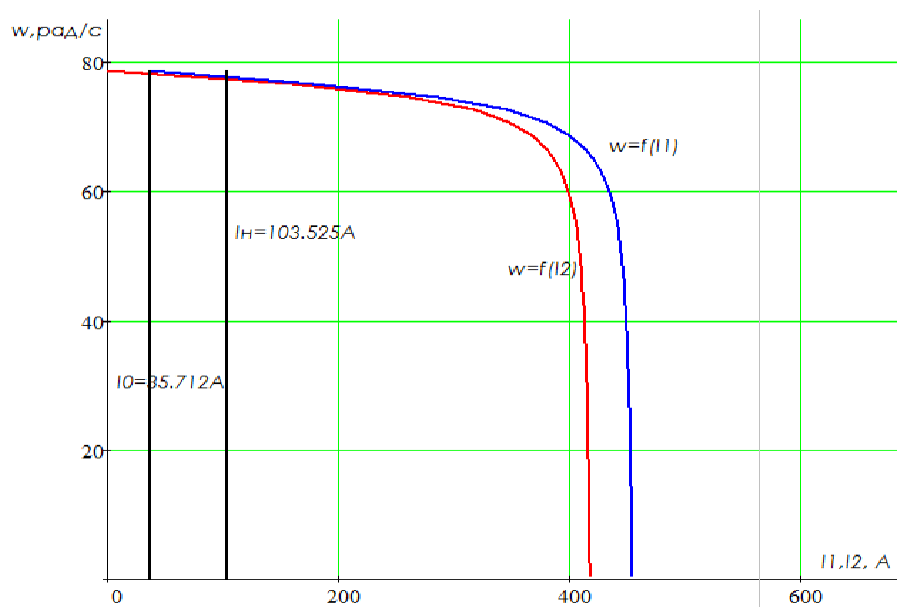
$$I_2'(S, f_1) = \frac{U_1(f_1)}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + \left(X_k \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_\mu \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}}\right)^2}} = \frac{U_1(f_1)}{\sqrt{\left(0,054 + \frac{0,031}{s}\right)^2 + \left(0,52 \cdot \frac{f_1}{50}\right)^2 + \left(\frac{0,054 \cdot 0,031}{s \cdot 5,721 \cdot \frac{f_1}{50}}\right)^2}}; \quad (2.3.37)$$

$$I_0(f_1) = \frac{U_1(f_1)}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1\sigma} + X_\mu)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}} = \frac{U_1(f_1)}{\sqrt{0,054^2 + (0,218 + 5,721)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}}; \quad (2.3.38)$$

$$\sin \varphi_2(S, f_1) = \frac{\frac{f_1}{f_{1H}} \cdot X_k}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + \left(X_k \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}} = \frac{\frac{f_1}{f_{1H}} \cdot 0,52}{\sqrt{\left(0,054 + \frac{0,031}{s}\right)^2 + \left(0,52 \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}\right)^2}}; \quad (2.3.39)$$

$$\omega(S, f) = \omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \cdot (1 - S). \quad (2.3.40)$$

Жоғарыдағы есептеулер нәтижелері бойынша қозғалтқыш жиілігі  $f_1 = f_{1H} = 50$  Гц болғандағы  $\omega(I_1)$ ,  $\omega(I_2')$  тәуелдіктеріне сәйкес қозғалтқыштың табиғи электр механикалық сипаттамалары салынды, ол 2.5 суретте көрсетілген.



2.5 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың  $\omega(I_1)$ ,  $\omega(I_2')$  тәуелдіктеріне сәйкес табиғи электр механикалық сипаттамалары

Электр механикалық сипаттамалардың есептеу нәтижелеріне

байланысты бос жүріс тогы  $I_0 = 35,712$  А, номиналды тогы  $I_H = 103,525$  А және қозғалтқыштың іске қосу тогының  $I_{\Pi} = 683,265$  А мәндері анықталады.

Қозғалтқыштың механикалық және электр механикалық сипаттамаларының параметрлері 2.2 кестеде келтірілген қозғалтқыштың деректемелерінде келтірілген параметрлеріне сәйкес келеді.

### 2.3.4 Асинхронды электр жетектің механикалық және электр механикалық сипаттамаларын есептеу, тұрғызу

Жиіліктің ауыспалы мәндері кезіндегі асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамасы мына теңдеумен анықталады:

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_{1j}^2 \cdot R_2'}{\omega_{0j} \cdot s \cdot \left[ X_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left( R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left( \frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot X_{\text{мн}} \cdot f_{1*}} \right)^2 \right]} = \quad (2.3.41)$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot f_{1*}^2 \cdot 0,031}{\omega_{0j} \cdot 1,33 \cdot \left[ 0,52^2 \cdot f_{1*}^2 + \left( 0,054 + \frac{0,031}{1,33} \right)^2 + \left( \frac{0,054 \cdot 0,031}{1,33 \cdot 5,721 \cdot f_{1*}} \right)^2 \right]}$$

мұндағы:

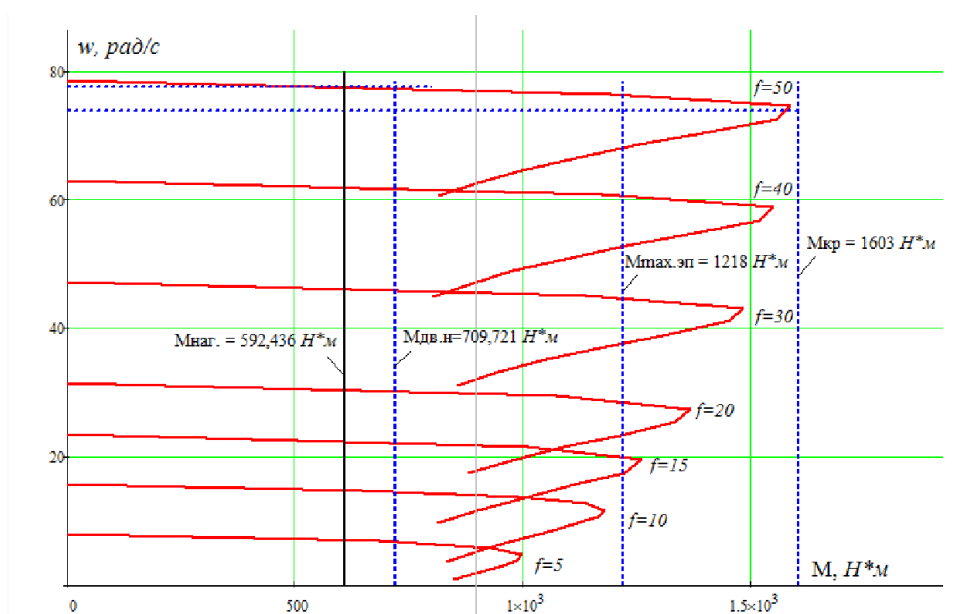
$U_{1j}$  – асинхронды қозғалтқыштың статор орамаларының фазалық кернеу мәні;

$\omega_{0j}$  – асинхронды қозғалтқыштың синхронды айналу жиілігінің мәні;

$f_{1*} = f_{1j} / f_{1H}$  – қозғалтқыштың қоректендіру кернеу жиілігінің

салыстырмалы мәні.

Жиілікпен басқарудың кезіндегі асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары 2.6 суретте көрсетілген.



2.6 сурет – Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары

Скалярлы  $U/f = \text{const}$  басқару заңы кезінде ротордың келтірілген тогының  $s$  сырғанауға тәуелділігін анықтайтын электр механикалық сипаттамаларды тұрғызу үшін анықталатын параметрлер:

$$I_2'(s) = \frac{U_{1j}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + x_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2'}{s \cdot x_{\text{мн}} \cdot f_{1*}}\right)^2}} = \quad (2.3.42)$$

$$= \frac{U_{1j} \cdot f_{1*}}{\pm \sqrt{\left(0,054 + \frac{0,031}{1,3}\right)^2 + 0,52^2 \cdot f_{1*}^2 + \left(\frac{0,054 \cdot 0,031}{1,3 \cdot 5,721 \cdot f_{1*}}\right)^2}}$$

$I_1$  статор тогының сырғуға тәуелділігін  $I_1 = f(s)$  көрсететін электр механикалық сипаттамаларды тұрғызу үшін анықталатын параметрлер:

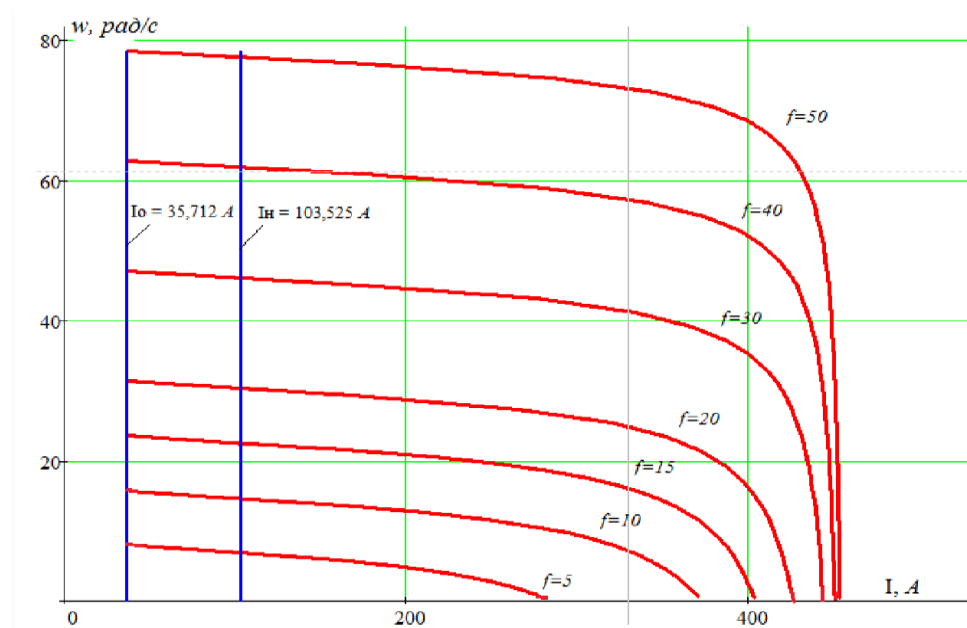
$$I_1(s) = \sqrt{I_0^2 + I_2'^2(s) + 2 \cdot I_0 \cdot I_2'(s) \cdot \sin \phi_2(s)} = \quad (2.3.43)$$

$$= \sqrt{35,712^2 + I_2'^2(s) + 2 \cdot 34,712 \cdot I_2'(s) \cdot \sin \phi_2(s)}$$

мұндағы:

$$\sin \phi_2 = \frac{x_{\text{кн}} \cdot f_{1*}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + x_{\text{кн}}^2 \cdot f_{1*}^2}} = \frac{0,52 \cdot f_{1*}}{\sqrt{\left(0,054 + \frac{0,031}{s}\right)^2 + 0,52^2 \cdot f_{1*}^2}} \quad (2.3.44)$$

$$I_0 = \frac{U_{1j}}{\sqrt{R_1^2 + (x_{1\text{н}} + x_{\text{мн}})^2 \cdot f_{1*}^2}} \quad (2.3.45)$$



2.7 сурет - Асинхронды қозғалтқыштың ажыратылған жүйесінің  $I_2'(s)$  электр механикалық сипаттамасы

### 2.3.5 Асинхронды электр жетегінің механикалық бөлігінің параметрлерін есептеу

Асинхронды қозғалтқыш білігіндегі кедергі моменті:

$$M_{с.дв.} = M_{эм} - M_{дв.н.} = 721,339 - 709,721 = 11,618 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.3.46)$$

Асинхронды қозғалтқыштың номиналды режиміндегі ПӘК:

$$\eta_{пер.н.} = \eta_{мех} \cdot \eta_{ред} = 0,93 \cdot 0,9 = 0,837. \quad (2.3.47)$$

мұндағы:

$\eta_{мех} = 0,9$  – қозғалтқыштың механикалық жүйесінің ПӘК;

$\eta_{ред} = 0,93$  – редуктордың ПӘК.

Қозғалтқыштың тұрақты және айнымалы шығындарының коэффициенттері:

$$a = \frac{1 - \eta_{мех} \cdot \eta_{ред}}{2 \cdot (\eta_{мех} \cdot \eta_{ред})} = \frac{1 - 0,9 \cdot 0,93}{2 \cdot (0,9 \cdot 0,93)} = 0,09. \quad (2.3.48)$$

Жүкпен байланысқан қозғалтқыш білігіне келтірілген момент төмендегідей анықталады:

- қозғалтқыштың максималды жүктеме кезіндегі моменті:

$$M_{жүк.макс} = \frac{g \cdot (m_{кр} + m_{гр}) \cdot R_{бар}}{i_{пол}} \cdot \frac{1}{i_{ред}} = \frac{9,81 \cdot (600 + 15000) \cdot 0,502}{4} \cdot \frac{1}{32,4} = 592,436 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.3.49)$$

мұндағы:

$m_{кр} = 600$  – ілгіштің салмағы;

$m_{гр} = 20000$  - жүктің салмағы.

- қозғалтқыштың минималды жүктеме кезіндегі моменті:

$$M_{жүк.мин} = \frac{g \cdot m_{кр} \cdot R_{бар}}{i_{пол}} \cdot \frac{1}{i_{ред}} = \frac{9,81 \cdot 600 \cdot 0,502}{4} \cdot \frac{1}{32,4} = 22,786 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.3.50)$$

Қозғалтқыштың механизміндегі тұрақты шығындардың шамасы:

$$\Delta M_{сұлба} = a \cdot M_{жүк.макс} = 0,097 \cdot 592,436 = 57,686 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Аса жүктелген кезінде екі салмақтық электр механикалық жүйенің бірінші салмағының білігіне үйкелу моменті:

$$M_c = M_{с.қ.} + M_{с.пост.} = 11,618 + 57,686 = 69,304 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.3.51)$$



Қозғалтқыштың статистикалық моменті:

- аса көп мөлшерлі жүкті көтеру кезінде:

$$M_{c1\max} = M_{c.қ.} + M_{c.пост.} + (1 + b) \cdot M_{жүк..макс} =$$

$$= 11,618 + 57,686 + (1 + 0,097) \cdot 592,436 = 719,206 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

- жүк қармаушы құрылғыны көтеру кезіндегі момент:

$$M_{c1\min} = M_{c.қ.} + M_{c.пост.} + (1 + b) \cdot M_{жүк.мин.} =$$

$$= 11,618 + 57,686 + (1 + 0,097) \cdot 22,786 = 94,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

- максималды жүкті түсіру кезіндегі момент:

$$M_{c2\max} = -M_{c.қ.} - M_{c.пост.} + (1 - b) \cdot M_{жүк.макс} =$$

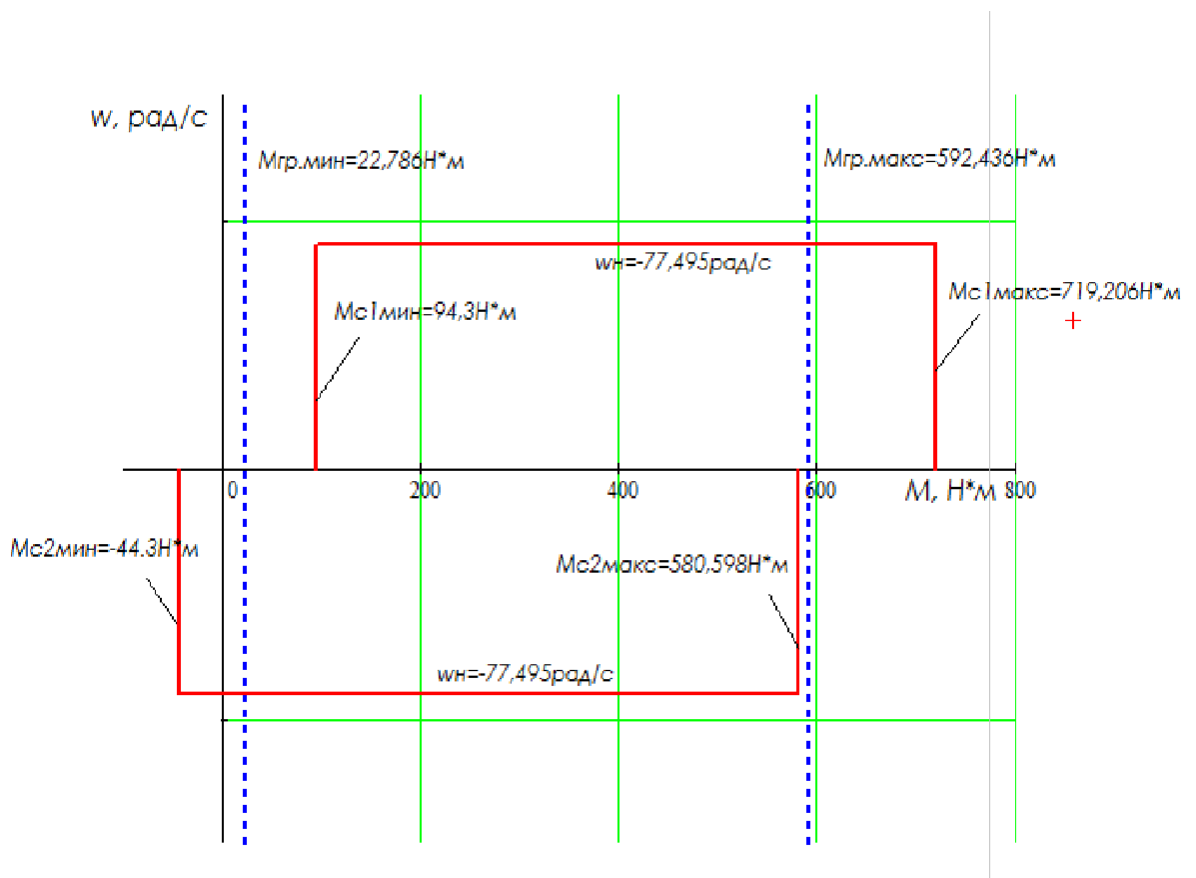
$$= -11,618 - 57,686 + (1 - 0,097) \cdot 592,436 = 580,598 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

- бос жүк қармаушы құрылғыны түсіру кезіндегі момент:

$$M_{c2\min} = -M_{c.қ.} - M_{c.пост.} + (1 - b) \cdot M_{жүк.мин.} =$$

$$= -11,618 - 57,686 + (1 - 0,097) \cdot 22,786 = -44,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Жоғарыдағы есептелінген мәндерге сәйкес жұмыс аймағының сұлбасы 2.8 суретте келтірілген.



2.8 сурет - Электр жетегінің берілген жұмыс аймағына сәйкес механикалық сипаттама

### 2.3.6 Көпірлі кранда қоланылатын жиілікті түрлендіргішті таңдау

Краннан тұратын жиіліктік-реттелетін электр жетегіне жүк көтеретін крандарда қолдануға арнайы бейімделген және қажетті мүмкіндіктері бар жиілікті түрлендіргіштер қолданылады, оның мүмкіндіктері:

- крандағы тежеуді басқару функциясы тежеуге сигнал беру үшін алдын ала анықталған, жылдамдықтың төменгі мәніне жеткенде, тежеуішті қою мезетінің және сигналдың берілу кезеңіне жеткенде болды. Тежеуді түзетуге салмақты өлшейтін функция қолданылады.

- крандағы жоғарғы жылдамдықпен көтеру аумағы, бұл көтерудің ең жоғарғы жылдамдығы жүк салмағына байланысты автоматты түрде анықталады.

- қозғалтқыш және генератор режимдерінде қажетті механикалық сипаттаманы алу мен электр қозғалтқышының моментін шектеу аумағы.

- жылдамдық пен тежеудің берілген мүмкіндіктерін қалыптастыру аумағы.

- тежеу резисторды немесе рекуперация блогын қолдана отырып электр жетектің тежелу функциясын орындады. Электр жетектің қуатын арттыру мен инерциялы құрылғылардың күрт тежелуінде және жүкті үлкен тереңдікке түсіргенде рекуперацияның құны артады.

- 100 А дейін пайдалануға болатын тогы бар жүйелерде рекуперация өнімділігінің төмендігін, рекуперация модульдерінің жоғары құнына және енгізу күрделілігіне қарай, тежеу резисторын қолдану өте тиімді болып келеді.

Осы аталған талаптарды ескере отырып, Altivar 71HD75N4 сериалы жиілікті түрлендіргішті таңдаймыз.

Altivar 71HD75N4 сериалы жиілікті түрлендіргішінің негізгі параметрлері 3.4 кестеде көрсетілген.

2.4 кесте - Altivar 71HD75N4 сериалы жиілікті түрлендіргішінің параметрлері

Түрі	Қоректендіретін желінің параметрлері		Шығыстағы жиілігі	Шығыстағы ток	
ALTIVAR 71HD75N4	$U_{1л}, В$	$f_c, Гц$	$f_{и}, Гц$	$I_{ин}, А$	$I_{ин.мак.}, А(60 с)$
	380-480	50/60	0-120	167	250,5

Altivar 71HD75N4 сериалы жиілікті түрлендіргіштердің түрі 2.9 суретте көрсетілген.



2.9 сурет - Altivar 71HD75N4 сериалы жиілікті түрлендіргішінің түрі

Altivar 71HD75N4 сериалы жиілікті түрлендіргіші әртүрлі көптеген қозғалтқышты басқару заңдылықтарынан және көптеген функционалдық мүмкіндіктерден тұрады, сонымен қатар аса жоғарғы қатаң қолдану талаптарына жауап бере алады.

Altivar 71HD75N4 сериалы жиілікті түрлендіргіштің айрықша белгілері:

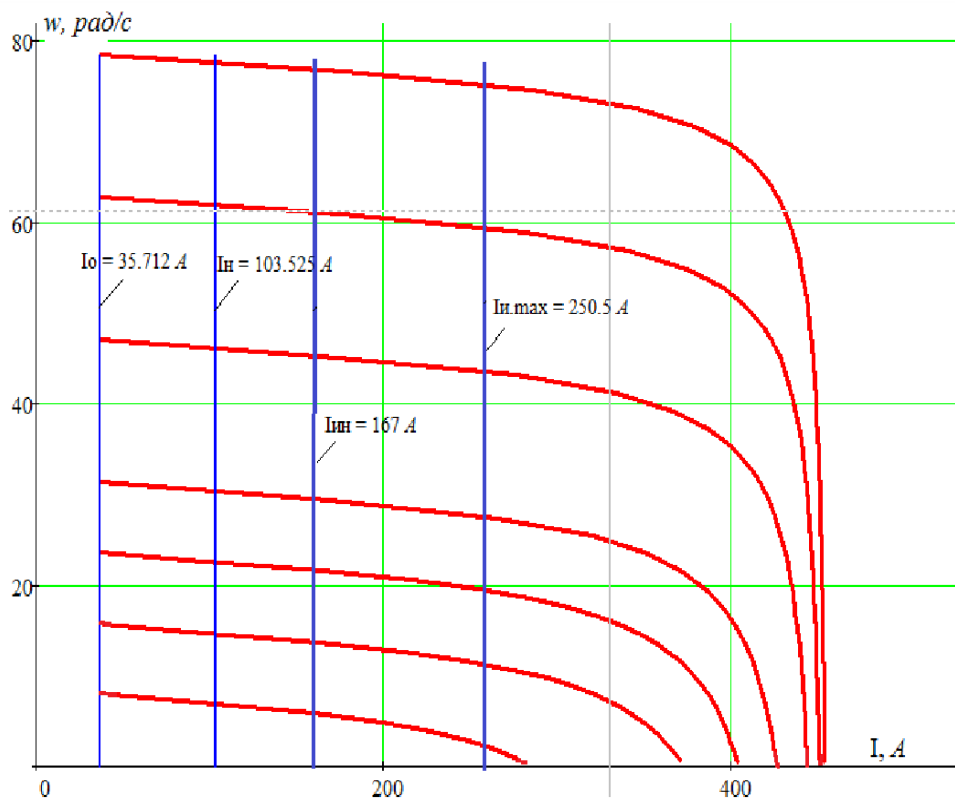
- кіріс басқару алгоритмдері: U/f-реттеуден, тұйықталған және тұйықталған жүйедегі векторлық басқарудан тұрады;
- Modbus және CANopen біріктірілген хаттамаларынан тұрады;
- АИТ-реттегішінен тұрады;
- аса жоғары емес жылдамдықпен жұмыс істегенде жоғарғы дәлдік пен жетілдірілген динамикалық қасиеттері болады;
- қуатты жүйесін қолдайтын тепе-теңдіктен тұрмайтын механизмдерді орнықты қалыпты түрде соғылысты болдырмай басқарудан (Energy Adaptation System-ENA) тұрады;
- қозғалтқыш жылдамдығы үшін шығыс жиілігінің кеңейтілген спектрлерінен тұрады.

Аталған түрлендіргіштің дұрыс таңдалуын тексеру төмендегі шарттарға сәйкес орындалады:

$$I_{\text{ин}}(\omega) = \text{const} = 167 \text{ A.}$$

$$I_{\text{и макс}}(\omega) = \text{const} = 250,5 \text{ A.}$$

Электр жетектің электр механикалық сипаттамаларында, 2.10 суретте жүктемеге қатысты және жиілік түрлендіргішінің сипаттамалары салынған.



2.10 сурет – Электр жетектің, түрлендіргіштің және жүктеменің электр механикалық сипаттамалары

Электр жетектің ажыратылған жүйесінің электр механикалық сипаттамаларының 2.10 суретте көрсетілген қисықтарын талдай келе жиіліктік және жүктеме түрлендіргішінің сипаттамаларына сәйкес талапқа сай шарт орындалатынын көрсетеді, сондықтан түрлендіргіш дұрыс таңдалған деп болжаймыз.

### 3 Жиілікті реттелетін электр жетегінің автоматты басқару жүйесі

#### 3.1 Электр жетегінің автоматты басқару жүйесінің параметрлерін есептеу

5AI280S8 түрдегісинхронды қозғалтқыштың беріліс функциясы:

$$W_{ЭД}(s) = \frac{\beta}{T_3 s + 1} = \frac{73,89}{0,167s + 1} \quad (3.1)$$

мұндағы:  $\beta$  – қозғалтқыштың қатаңдық коэффициенті:

$$\beta = \frac{M_H}{\omega_0 - \omega_H} = \frac{441,13}{314 - 308,03} = 73,89. \quad (3.2)$$

$T_3$  – электр магнитті уақыт тұрқтылығының мәні:

$$T_{\text{э}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot S_{\text{кр}}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,019} = 0,167; \quad (3.3)$$

$$S_{\text{H}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{H}}}{\omega_0} = \frac{314 - 308,03}{314} = 0,019; \quad (3.4)$$

$$S_{\text{кр}} = S_{\text{H}} \cdot \left( \lambda_{\text{кр}} + \sqrt{\lambda_{\text{кр}}^2 - 1} \right) = 0,019 \cdot \left( 0,154 + \sqrt{0,154^2 - 1} \right) = -0,015; \quad (3.5)$$

$$\lambda_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{с}}}{M_{\text{H}}} = \frac{68,1}{441,13} = 0,154. \quad (3.6)$$

Асинхронды қозғалтқыштың білігіне берілетін момент қосындысы:

$$J_{\text{э}} = J_{\text{Д}} + \frac{J_{\text{МЭХ}}}{i^2} = 2 + \frac{260}{19^2} = 2,72 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \quad (3.7)$$

Электр қозғаушы күшінің беріліс функциясы мына теңдеумен анықталады:

$$W_{\text{рэ}}(s) = k_{\text{рэ}} + \frac{1}{T_u s} = 118,3 + \frac{1}{0,003s}. \quad (3.8)$$

$$k_{\text{рэ}} = \frac{T_{\text{э}} + T_{\text{М}}}{T_u} = \frac{0,167 - 0,188}{0,003} = 118,3; \quad (3.9)$$

$$T_{\text{М}} = \frac{J_{\text{э}} \cdot \omega_0 \cdot S_{\text{кр}}}{M_{\text{с}}} = \frac{2,72 \cdot 314 \cdot (-0,015)}{68,1} = 0,188; \quad (3.10)$$

$$T_u = 3 \cdot \tau = 3 \cdot 0,001 = 0,003 \text{ с}. \quad (3.11)$$

Жиілікті түрлендіргішінің беріліс функциясы мына теңдеумен анықталады:

$$W_{\text{ЖТ}} = \frac{k_{\text{ЖТ}}}{\tau_{\text{ЖТ}} s + 1} = \frac{1,11}{0,001s + 1}. \quad (3.12)$$

мұндағы: Жиілік түрлендіргіштің коэффициентінің мәні:

$$k_{\text{ЖТ}} = \frac{U_{\text{дн}}}{U_{\text{б.ном}}} = \frac{220}{198} = 1,11; \quad (3.13)$$

Бұл теңдеудегі кернеу:  $U_{\text{дн}} = 220 \text{ В}$  – шығыс кернеу мөлшері;  
Берілген номиналды кернеу мәні:

$$U_{\text{б.ном}} = U_{\text{дн}} \cdot (1 - \delta_{\omega}) = 220 \cdot (1 - 0,1) = 198 \text{ В}. \quad (3.14)$$

мұндағы:  $\delta_{\omega} = 0,1$  – кернеу түзеткіштің қадамы;

$$\tau_{mn} \approx \tau = 0,001.$$

Тегістікші сүзгінің беріліс функциясы мына теңдеумен анықталады:

$$W_{\phi} = \frac{1}{T_{\phi}s+1} = \frac{1}{0,02s+1}; \quad T_{\phi 50} = L_{\phi} \cdot C_{\phi} = \frac{1}{f_n} = \frac{1}{50} = 0,02. \quad (3.15)$$

$$W_{\phi} = \frac{1}{T_{\phi}s+1} = \frac{1}{0,1s+1}; \quad T_{\phi 10} = L_{\phi} \cdot C_{\phi} = \frac{1}{f_n} = \frac{1}{10} = 0,1.$$

$$W_{\phi} = \frac{1}{T_{\phi}s+1} = \frac{1}{0,2s+1}; \quad T_{\phi 20} = L_{\phi} \cdot C_{\phi} = \frac{1}{f_n} = \frac{1}{20} = 0,2.$$

$$W_{\phi} = \frac{1}{T_{\phi}s+1} = \frac{1}{0,3s+1}; \quad T_{\phi 30} = L_{\phi} \cdot C_{\phi} = \frac{1}{f_n} = \frac{1}{30} = 0,3.$$

Жылдамдық датчигінің беріліс функциясы төмендегідей:

$$W_{ДС} = k_c = 0,642;$$

$$k_c = \frac{U_{\text{зном}}}{\omega_H} = \frac{198}{308,03} = 0,642. \quad (3.16)$$

Электр қозғаушы күштік датчигінің беріліс функциясы:

$$W_{ДЭ}(S) = k_{ДЭ} = 0,09; \quad (3.17)$$

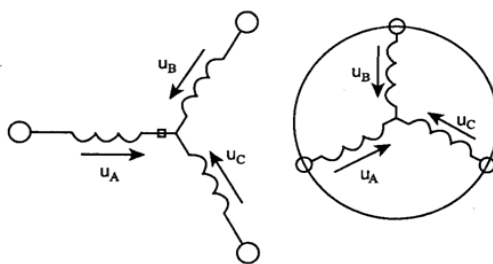
$$k_{ДЭ} = \frac{U_{\text{зном}} \cdot \delta_{\omega}}{U - I_1 \cdot R_1} = \frac{198 \cdot 0,1}{220 - 7,5 \cdot 0,029} = 0,09.$$

$$I_1 = I_H = 7,5A.$$

## 4 Асинхронды электр жетегін математикалық және компьютерлі модельдеу

### 4.1 Асинхронды қозғалтқышты математикалық бейнелеу

Асинхронды қозғалтқыштың көп қолданылатын түрі 4.1 суретте көрсетілген. Оның құрамындағы статор мен роторда үш фазалы орамадан тұрады. Статор мен ротор орамалары симметриялы үш фазалы қоректендіру көзінің кернеуіне қосылған. Бұл машинаның математикалық бейнеленуі белгілі заңға негізделген [32]:



4.1 сурет – Асинхронды машинаның құрамы

Кирхгофтың екінші заңына сәйкес ротор мен статор орамаларындағы электр қозғаушы күшінің теңдеуі:

Статордағы:

$$\begin{aligned} u_A &= R_A i_A + \frac{d\psi_A}{dt}, \\ u_b &= R_b i_b + \frac{d\psi_b}{dt}, \\ u_c &= R_c i_c + \frac{d\psi_c}{dt}, \end{aligned} \quad (4.1)$$

Ротордағы:

$$\begin{aligned} u_a &= R_a i_a + \frac{d\psi_a}{dt}, \\ u_B &= R_B i_B + \frac{d\psi_B}{dt}, \\ u_c &= R_c i_c + \frac{d\psi_c}{dt}. \end{aligned}$$

4.1 теңдеуде лездік кернеу, статор мен ротордың токтары және магнит ағымдары, орамның активті кедергісі бар, ондағы орамдар симметриялы жасалады, сондықтан статор және ротор орамындағы активті кедергі:

$$R_A = R_B = R_C = R_S; R_a = R_b = R_c = R_R.$$

Статор және ротор орамындағы магнит ағымы Ампердің заңына сәйкес анықталады:

$$\text{Статорда: } \Psi_A = L_{AA}i_A + L_{AB}i_B + L_{AC}i_C + L_{Aa}i_a + L_{Ab}i_b + L_{Ac}i_c,$$

$$\Psi_B = L_{BA}i_A + L_{BB}i_B + L_{BC}i_C + L_{Ba}i_a + L_{Bb}i_b + L_{Bc}i_c,$$

$$\Psi_C = L_{CA}i_A + L_{CB}i_B + L_{CC}i_C + L_{Ca}i_a + L_{Cb}i_b + L_{Cc}i_c,$$

$$\text{Роторда: } \Psi_a = L_{aA}i_A + L_{aB}i_B + L_{aC}i_C + L_{aa}i_a + L_{ab}i_b + L_{ac}i_c,$$

$$\Psi_b = L_{bA}i_A + L_{bB}i_B + L_{bC}i_C + L_{ba}i_a + L_{bb}i_b + L_{bc}i_c,$$

мұндағы:  $L_{AA}, L_{BB}, L_{CC}, L_{aa}, L_{bb}, L_{cc}$  – орамдардың өзіндік индукциялары, ал қалғаны орамалар арасындағы өзара индукцияларға жатады.

Магнит ағымының теңдеуінде әрбір орамның магнит ағымы барлық орамның токтарына тәуеді екендігін көрсетеді.

Асинхронды қозғалтқыш білігіндегі теңгермелі моменттер Ньютонның екінші заңына сәйкес анықталады:

$$J \frac{d\vec{\omega}_m}{dt} = \vec{M} - \vec{M}_H, \quad (4.3)$$

мұндағы  $J$  (кГ) – асинхронды қозғалтқыш білігіндегі инерция моменті;

$\vec{\omega}_m$  ( $\frac{rad}{c}$ ) - асинхронды қозғалтқыштың бұрыштық жылдамдығы;

$\vec{M}_H$  (Нм) - жұмыс механизмінің моменті.

Асинхронды қозғалтқыштың электр магнитті моменті Ленц теңдеуіне сәйкес анықталады. Ленц заңы моменттің векторлық шамасын байланыстырады:

$$\vec{M} = k(\vec{\psi} \times \vec{i}), \quad (4.4)$$

Асинхронды қозғалтқышты зерттеу кезінде жоғарыдағы теңдеулердің қатандығына қарамастан, онда бірқатар қиындықтар туындайды, олар:

- векторлық шамалар 4.3 пен 4.4 теңдеулерде, ал скалярлық шамалар 4.1 мен 4.2 теңдеулермен орындалады;

- 4.2 теңдеулердегі статор мен ротор орамалары арасындағы өзара индуктивтілік коэффициенттері статорға қатысты ротордың айналу бұрышының функциясы, яғни 4.2 теңдеулер - ауыспалы коэффициенттері бар теңдеулер қатарына жатады;

- 4.4 теңдеуі сызықты емес, өйткені айнымалылар оған көбейтіледі.

Асинхронды машинаның математикалық сипаттамасын жеңілдету кезендері келесідей: Лездік мәндердегі теңдеулерді кеңістіктік вектордағы теңдеулерге түрлендіру үшін біз теңдеулерді  $\frac{2}{3}$ , екінші  $-\frac{3}{2}\vec{a}$  үшіншісіне көбейтіп  $\frac{3}{2}\vec{a}^{-2}$ , статор мен ротор үшін бөлек қосамыз, содан кейін аламыз:

$$\begin{aligned} \vec{u}_S &= R_S \vec{i}_S + \frac{d\vec{\psi}_S}{dt}, \\ \vec{u}_R &= R_R \vec{i}_R + \frac{d\vec{\psi}_R}{dt}, \\ \vec{\psi}_S &= L_S \vec{i}_S + L_m(\theta) \vec{i}_R, \\ \vec{\psi}_R &= L_m(\theta) \vec{i}_S + L_R \vec{i}_R, \end{aligned} \quad (4.5)$$



мұндағы  $L_s, L_r$  - статор мен ротордың ішкі индуктивтілігі;  
 $L_m(\theta)$  - статор мен ротор арасындағы өзара индуктивтілік.

Ағынды байланыстарға арналған теңдеулердегі айнымалы өзара индукция коэффициенттері роторға қатысты тепе-теңдік электр магнитті күшейткіш теңдеулері ротормен байланысты айналмалы координаттар жүйесінде жазылғандығының нәтижесі болып табылады. Кеңістіктегі вектор әдісі бұл теңдеулерді  $\omega_k$  жылдамдығымен айналатын бір координаталар жүйесінде жазуға мүмкіндік береді. Бұл жағдайда 4.5 теңдеулер келесі түрге айналады:

$$\begin{aligned} \vec{u}_s &= R_s \vec{i}_s + \frac{d\vec{\psi}_s}{dt} + j\omega_k \vec{\psi}_s, \\ \vec{u}_r &= R_r \vec{i}_r + \frac{d\vec{\psi}_r}{dt} + j(\omega_k - \omega_m) \vec{\psi}_r, \\ \vec{\psi}_s &= L_s \vec{i}_s + L_m \vec{i}_r, \\ \vec{\psi}_r &= L_m \vec{i}_s + L_r \vec{i}_r. \end{aligned} \quad (4.6)$$

4.6 теңдеулерінде барлық коэффициенттер тұрақты болып табылады.

4.4 теңдеуіндегі момент кез-келген вектордың векторлық көбейтіндісіне тең. 4.5 теңдеуінен осындай алты жұп болуы керектігі анықталды:

$$(\vec{i}_s, \vec{i}_r); (\vec{\psi}_s, \vec{\psi}_r); (\vec{i}_s, \vec{\psi}_s); (\vec{i}_s, \vec{\psi}_r); (\vec{i}_r, \vec{\psi}_s); (\vec{i}_r, \vec{\psi}_r).$$

Көбіне қарастыруда өзара индукцияның ағындық байланысы енгізіледі. Бұл жағдайда машинаның электр магниттік моментін келесі жұп арқылы бейнелеудің тағы төрт мүмкіндігі бар:

$$(\vec{i}_s, \vec{\psi}_m); (\vec{i}_r, \vec{\psi}_m); (\vec{\psi}_s, \vec{\psi}_m); (\vec{\psi}_r, \vec{\psi}_m).$$

Осы немесе басқа жұпты таңдағаннан кейін момент теңдеуі сенімділікке ие болады. Сонымен қатар, 4.3 және 4.4 теңдеулерде момент пен жылдамдықтың векторлық мәндерін олардың модульдік мәндерімен ауыстыруға болады. Бұл токтар мен ағындық байланыстардың кеңістіктік векторлары айналу осіне перпендикуляр жазықтықта орналасып, момент пен бұрыштық жылдамдық векторы осіне сәйкес келетіндігінің салдары.

Асинхронды машинаның электромагниттік моментін анықтау үшін күй айнымалысы ретінде статор тогы және ротор ағынының байланысы таңдалады.

$$M = \frac{3}{2} p k_r \cdot \text{Mod}(\vec{\psi}_r \times \vec{i}_s) \quad (4.7)$$

Асинхронды машинаны сипаттауға арналған жалпыланған теңдеулер жүйесі:

$$\begin{aligned}
 \vec{u}_S &= R_S \vec{i}_S + \frac{d\vec{\psi}_S}{dt} + j\omega_k \vec{\psi}_S, \\
 \vec{u}_R &= R_R \vec{i}_R + \frac{d\vec{\psi}_R}{dt} + j(\omega_k - p\omega_m) \vec{\psi}_R, \\
 \vec{\psi}_S &= L_S \vec{i}_S + L_m \vec{i}_R \\
 M &= \frac{3}{2} pk_R \cdot \text{Mod}(\vec{\psi}_R \times \vec{i}_S) \\
 J \frac{d\omega_m}{dt} &= M - M_H.
 \end{aligned} \tag{4.8}$$

мұндағы  $\omega = p\omega_m$ ,  $p$  - машинадағы полюстердің жұп саны. Жалпыланған асинхронды машинаны сипаттайтын 4.8 теңдеулерді құру кезінде келесідегідей болжамдар енгізіледі.

1. Орамалардағы жоғары токтар кезінде пайда болатын қанықтылық есепке алынбайды
2. Саңылауда магнит өрісінің кеңістіктік таралуы синусоидалы деп саналады.
3. Машинаның параметрлері орамадағы токқа тәуелді емес тұрақты болып саналады.

## 4.2 Қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды машиналардың дифференциалдық теңдеулері

Дифференциалдық теңдеулер жүйесіне (4.8) сүйене отырып, егер ротор орамалары қысқа тұйықталған, ал кернеуі  $U_r = 0$  болса, онда басқарудың келесі теңдеулер жүйесін аламыз  $u_R = 0$ :

$$\begin{aligned}
 \vec{u}_S &= R_S \vec{i}_S + \frac{d\vec{\psi}_S}{dt} + j\omega_k \vec{\psi}_S, \\
 0 &= R_R \vec{i}_R + \frac{d\vec{\psi}_R}{dt} + j(\omega_k - p\omega_m) \vec{\psi}_R \\
 \vec{\psi}_S &= L_S \vec{i}_S + L_m \vec{i}_R \\
 \vec{\psi}_R &= L_m \vec{i}_S + L_R \vec{i}_R \\
 M &= \frac{3}{2} pk_R \cdot \text{Mod}(\vec{\psi}_R \times \vec{i}_S) \quad J \frac{d\omega_m}{dt} = M - M_H.
 \end{aligned} \tag{4.9}$$

$i_r$  және  $\psi_s$  мәндерін алып тастап, 4.9 теңдеуді өзгертеміз, осыдан кейін

өзгерген (4.9) теңдеу түрі:

$$\begin{aligned} \vec{u}_S &= r \vec{i}_S + L'_S \frac{d\vec{i}_S}{dt} + j\omega_k L'_S \vec{i}_S - \frac{k_R}{T_R} \vec{\psi}_R + jk_R p \omega_m \vec{\psi}_R, \\ 0 &= -k_R R_R \vec{i}_S + \frac{1}{T_R} \vec{\psi}_R + \frac{d\vec{\psi}_R}{dt} + j(\omega_k - p\omega_m) \vec{\psi}_R, \\ M &= \frac{3}{2} p k_R \cdot \text{Mod}(\vec{\psi}_R \times \vec{i}_S), \\ J \frac{d\omega_m}{dt} &= M - M_H, \end{aligned} \quad (4.10)$$

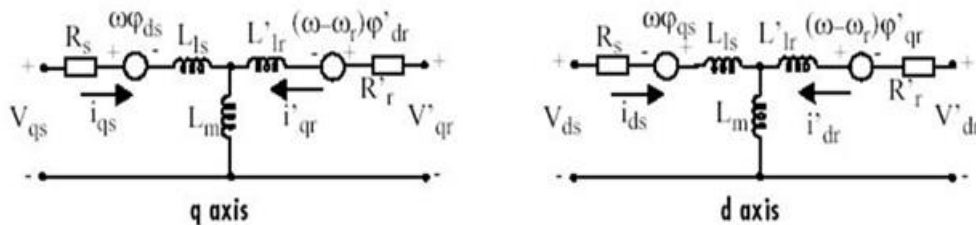
мұндағы

$$r = (R_S + k_R^2 R_R), \quad L'_S = (L_S - \frac{L_m^2}{L_R}), \quad k_R = \frac{L_m}{L_R}, \quad T_R = \frac{L_R}{R_R}.$$

Бұл қысқа тұйықталған роторлы қозғалтқыштың өтпелі процестерін сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер жүйесіне сәйкес келеді. Бұл осы қозғалтқыш негізінде тұйықталған басқару жүйесінің математикалық сипаттамасын құруға мүмкіндік береді.

### 4.3 Асинхронды машинаның дифференциалдық теңдеулері

Асинхронды машинаның моделі электрлік бөлімін қамтиды. Барлық электрлік айнымалылар мен маина параметрлері статорға келтірілген. Машинаның электрлік бөлігінің теңдеулері екі фазалы координат жүйесімен жазылады. Осыған сәйкес орын басу сұлбасы 4.2 суретте көрсетілген.



4.2 сурет – Асинхронды машинаның орынбасу сұлбасы

Машинаның электрлік бөлігінің теңдеуі төмендегідей:

$$\begin{aligned} u_{qs} &= R i_{qs} + \frac{d}{dt} \psi_{qs} + \omega ds \\ u_{ds} &= R i_{ds} + \frac{d}{dt} \psi_{ds} - \omega \psi_{qs}, \\ u'_{qr} &= R' r i'_{qr} + \frac{d}{dt} \psi'_{qs} + (\omega - \omega_r) \psi'_{qr}, \\ u'_{dr} &= R' r i'_{dr} + \frac{d}{dt} \psi'_{dr} - (\omega - \omega_r) \psi'_{qr}, \\ T_e &= 1.5(\psi_{ds} i'_{qs} - \psi_{qs} i'_{ds}). \end{aligned} \quad (4.11)$$

мұндағы:

$$\begin{aligned} \Psi_{qs} &= L_S i_{qs} + L_m i'_{dr}, \\ \Psi'_{qr} &= L'_r i'_{dr} + L_m i'_{ds}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Psi'_{dr} &= L'_r i'_{dr} + L_m i'_{ds}, \\ L_s &= L_{is} + L_m, \\ L'_r &= L'_{ir} + L_m,\end{aligned}\tag{4.11}$$

Теңдеулер жүйесіндегі көрсеткіштер келесі мағыналарға ие:

$d$  - айнымалының  $d$  осіне проекциясы;

$q$  - айнымалының  $q$  осіне проекциясы;

$r$  - ротордың параметрін немесе айнымалы мәнін білдіретін индекс;

$s$  - статор параметрін немесе өзгермелігін көрсететін индекс;

$l$  - шашырау индуктивтілігі;

$m$  - магниттеу тізбегінің индуктивтілігі.

Машинаның механикалық бөлігі екі теңдеумен сипатталады:

$$\frac{d}{dt} \omega_m = \frac{1}{2H} (T_e - F \omega_m - T_m).$$

Теңдеулердегі айнымалылар келесідей мағынаға ие:

$R_s, L_s$  - белсенді қарсылық және индуктивтілік статордың шашырауы;

$R/r, L_r$  - ротордың кедергісі және шашыраңқы индуктивтілігі;

$L_m$  - магниттеу тізбегінің индуктивтілігі;

$L_s, L/r$  - статор мен ротордың жалпы индуктивтілігі;

$Uq_s, iq_s$  -  $q$  осі бойынша ротордың кернеуі мен тогының проекциясы;

$u/q_s, i/q_r$  -  $q$  осі бойынша ротордың кернеуі мен тогының проекциясы;

$u d_s, i d_s$  -  $d$  осіндегі кернеу мен токтың проекциясы;

$u/d_r, i/d_r$  -  $d$  осіндегі ротордың кернеуі мен тогының проекциясы;

$Y d_s, Y q_s$  -  $d$  және  $q$  осьтеріндегі статор ағынының байланысының проекциясы;

$\psi/d_r, \psi/q_r$  - бұл  $d$  және  $q$  осьтеріндегі ротор ағынының байланысы;

$\omega_m$  - ротордың айналу жиілігі;

$p$  - полюсті жұптардың саны;

$\omega_y$  - ротордың айналу жиілігінің электрлік жиілігі;

$T_e$  - электромагниттік момент;

$T_m$  - машина мен жүктің инерциясының жалпы моменті;

$J$  - машина мен жүктің инерциясының жалпы моменті;

$N$  - машина мен жүктің жалпы инерциялық тұрақтысы;

$F$  - тұтқыр үйкелістің жалпы коэффициенті (машина және жүк).

Бұрыштық жылдамдығы  $\omega_k$  айналатын координаталар жүйесінде, нақты осі  $x$  және қиял осі бар координаталар жүйесінде (4.11) теңдеулер түрінде жазылуы мүмкін:

$$\begin{aligned}u_{sx} &= r(1 + T'_s S) i_{sx} - \omega_k L'_s i_{sy} - \frac{K_R}{T_R} \psi_{RX} - K_R p \omega_m \psi_{RY}, \\ u_{sy} &= r(1 + T'_s S) i_{sy} + \omega_k L'_s i_{sx} - \frac{K_R}{T_R} \psi_{RY} - K_R p \omega_m \psi_{RX},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
0 &= -K_R R_R i_{SX} + \frac{1}{T_R} \psi_{RX} + \frac{d}{dt} \psi_{RX} - (\omega_k - p \omega_m) \psi_{RY}, \\
0 &= -K_R R_R i_{SY} + \frac{1}{T_R} \psi_{RY} + \frac{d}{dt} \psi_{RY} - (\omega_k - p \omega_m) \psi_{RX}, \\
m &= 1.5 \cdot p \cdot K_R (\psi_{RX} i_{SY} - \psi_{RY} \cdot i_{SX}), \\
J \frac{d\omega_m}{dt} &= M - M_H.
\end{aligned} \tag{4.13}$$

Асинхронды қысқа тұйықталған роторлы машинаның құрылымдық сұлбасы және оның моделі координаталардың айналу жылдамдығын анықтайтын базалық векторды таңдауға байланысты. Базалық вектор дегеніміз - талдау кезінде координаталар жүйесінің бір осымен біріктіріледі.

Егер  $\bar{u}$ -ны базалық вектор ретінде қабылдайтын болсақ, онда координаталар жүйесі кернеудің бұрыштық жиілігіне тең  $\omega_1$  жылдамдықпен айналады және егер вектор  $\bar{u}$  -лерді айналмалы координаталар жүйесінің  $x$  осімен біріктірсек, онда теңдеулер жүйесінде (4.13) біз  $u_{SX} = u$ ,  $u_{SY} = 0$  алуымыз керек.

$$\begin{aligned}
u &= r(1 + T'_S) i_{SX} + \omega_1 L'_S i_{SY} - \frac{K_R}{T_R} \psi_{RY} - K_R p \omega_m \psi_{RX}, \\
0 &= -K_R R_R i_{SX} + \frac{1}{T_R} \psi_{RX} + \frac{d}{dt} \psi_{RX} - \omega_1 \psi_{RY} + p \omega_m \cdot \psi_{RY}, \\
0 &= -K_R R_R i_{SY} + \frac{1}{T_R} \psi_{RY} + \frac{d}{dt} \psi_{RY} - (\omega_k - p \omega_m) \psi_{RX} \\
m &= 1.5 \cdot p \cdot K_R (\psi_{RX} i_{SY} - \psi_{RY} \cdot i_{SX}), \\
J \frac{d\omega_m}{dt} &= M - M_H.
\end{aligned} \tag{4.14}$$

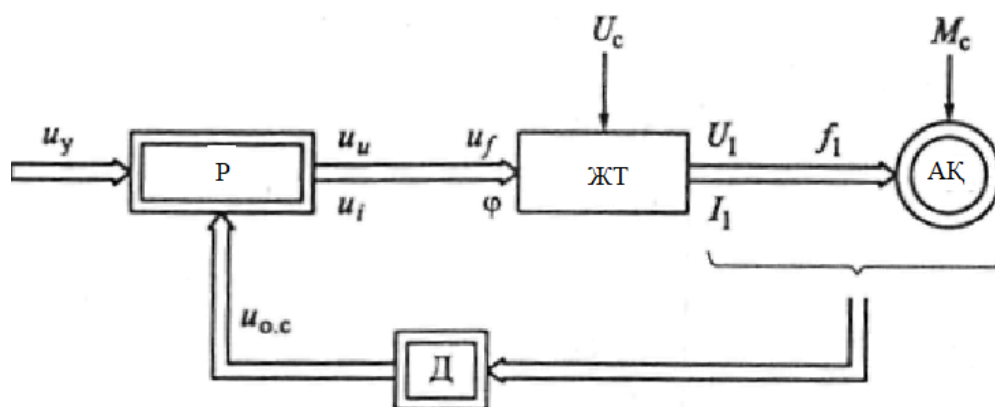
(4.14) жүйесі сызықты емес екенін ескерсек, бұл  $\omega_m \psi_{RY}$ ,  $\omega_m \psi_{RX}$ ,  $\psi_{RY} i_{SY}$  және  $\psi_{RY} i_{SX}$ .

Кернеу векторымен біріктірілген қысқа тұйықталған роторлы асинхронды машинаның математикалық сипаттамасын жиілікті басқару әдісімен асинхронды жүйелерді синтездеуге негіз болады.

#### 4.4 Тұйықталған жиілікті реттелетін асинхронды электр жетектің құрылымдық сұлбасы және математикалық бейнеленуі

Асинхронды жиілікті басқаратын электр жетегінің қажетті статикалық және динамикалық қасиеттерін қалыптастыру және оның шексіз жылдамдық диапазонында жұмыс істеуі оның координаттарын реттейтін тұйық жүйеде ғана мүмкін болады.

Жиілікті реттелетін асинхронды электр жетектің тұйықталған жүйесінің функционалды сұлбасы 4.3 суретте келтірілген.



4.3 сурет – Жиілікті реттелетін асинхронды электр жетектің тұйықталған жүйесінің функционалды сұлбасы

Тұйықталған ЖТ-АК жүйесі 4.3 көрсетілген, ол Р реттегіштен электр жетектің айнымалы Д датчигінен тұрады. Реттегіштің кірісіндегі басқару әсері  $u_y$  электр жетегінің кез келген координатының сигналды беру аумағы болуы мүмкін, оған асинхронды қозғалтқыштың жылдамдығы, роторының айналу бұрышы, статор тогы, магнит ағымы және т.б. жатады. Электр жетегіндегі ауытқыту әсері асинхронды қозғалтқыштың білігіндегі кедергі күшінің моменті  $M_c$  немесе электр жетегін қоректендіретін қоректендіру кернеуі болуы мүмкін.

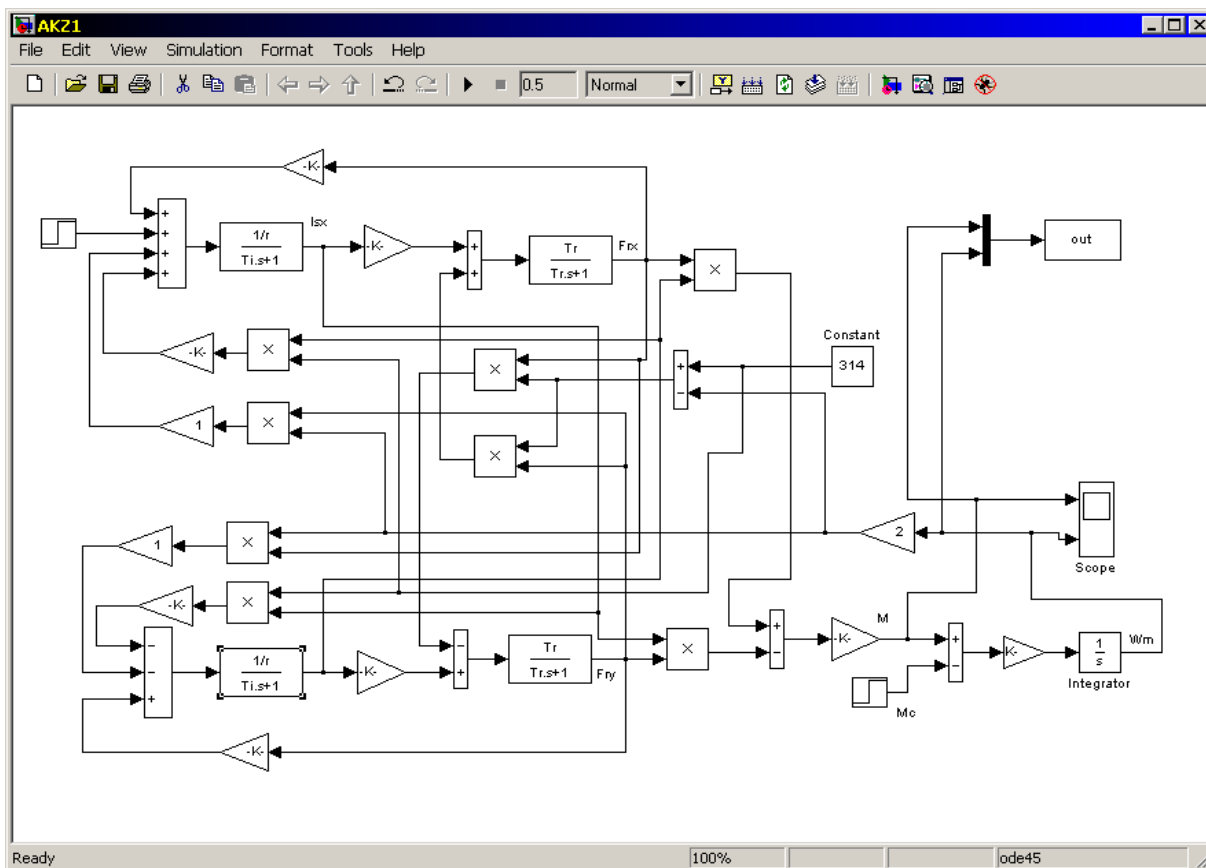
Датчиктің кіріс сигналы асинхронды қозғалтқыштың өзгертуге келетін айнымалысы (жиілік, статор кернеуі мен тогы, ротор жылдамдығы, асинхронды қозғалтқыштың ауа саңылауындағы магнит ағымы) немесе асинхронды қозғалтқышты есептеу жолдарымен анықталатын айнымалылар (ЭҚК, ротор және статордың магнит ағымы және т.б.).

Реттегіштің шығыс сигналы ауытқыту әсеріне тәуелді, жиілікті түрлендіргіш тоғының және шығыс кернеуінің жиілігін басқаратын сигналдар.

#### 4.5 Асинхронды машинаның құрылымдық сұлбасы және өтпелі процестері

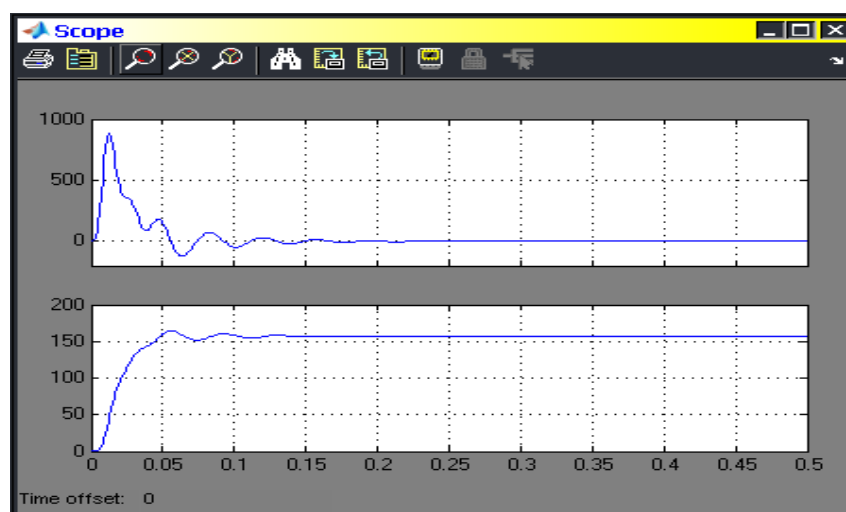
Айналымдағы  $x_u$  координаталар жүйесіндегі асинхронды машина моделінің құрылымдық сұлбасы теңдеулер жүйесіне негізделі отырып тұрғызылған.

MATLAB бағдарламасында қысқа тұйықталған роторлы асинхронды машина моделінің құрылымдық сұлбасы 4.4 суретте келтірілген. 4.4 суреттен көріп отырғанымыздай, асинхронды машина моделінің құрылымдық сұлбасы инерциялық байланыстардан, көбейту сілтемелерінен және интегралды сілтемеден тұрады.

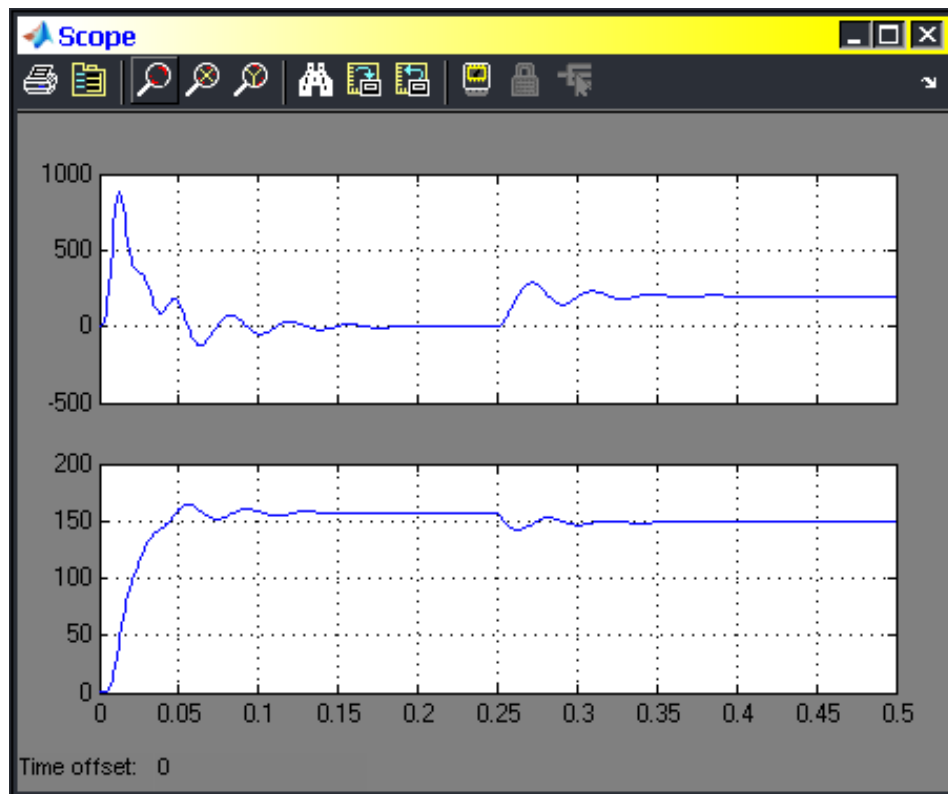


4.4 сурет – Қысқа тұйықталған роторлы асинхронды машина моделінің құрылымдық сұлбасы

Іске қосу кезінде жүктемені нөлге теңестірмей жүктемені бергендегі және аса жүктемегендегі кездегі қысқа тұйықталған роторлы асинхронды машинаның жылдамдық және электр магнитті момент бойынша өтпелі процестері 4.5 жәгн 4.6 суреттерінде көрсетілген.



4.5 сурет - Жүктемені алып тастамаған кездегі қысқа тұйықталған роторлы асинхронды машинаның өтпелі процестері



4.6 сурет - Іске қосылу мен жүктемені берген кездегі қысқа тұйықталған роторлы асинхронды машинаның жылдамдық пен момент бойынша өтпелі процестері

4.5 суреттегі және 4.6 суреттегі жоғарыдағы өтпелі сипаттама моменттің өту қисығы, ал төмендегі өтпелі сипаттама жылдамдық қисық сызығы болады.

SimPowerSystem MATLAB кітапханасынан 5AI280S8 асинхронды машинаның паспорты мен параметрлері (55 кВт) таңдап алынды:

$$U_{AB} = 400\text{В}, f=50\text{Гц}, R_S=0,054 \text{ Ом}, R_R =0,031 \text{ Ом}, L_S =L_R=0,01821 \text{ Гн}, L_m=0,09354 \text{ Гн}, \gamma = 0,102 \text{ кгм}^2, p=2.$$

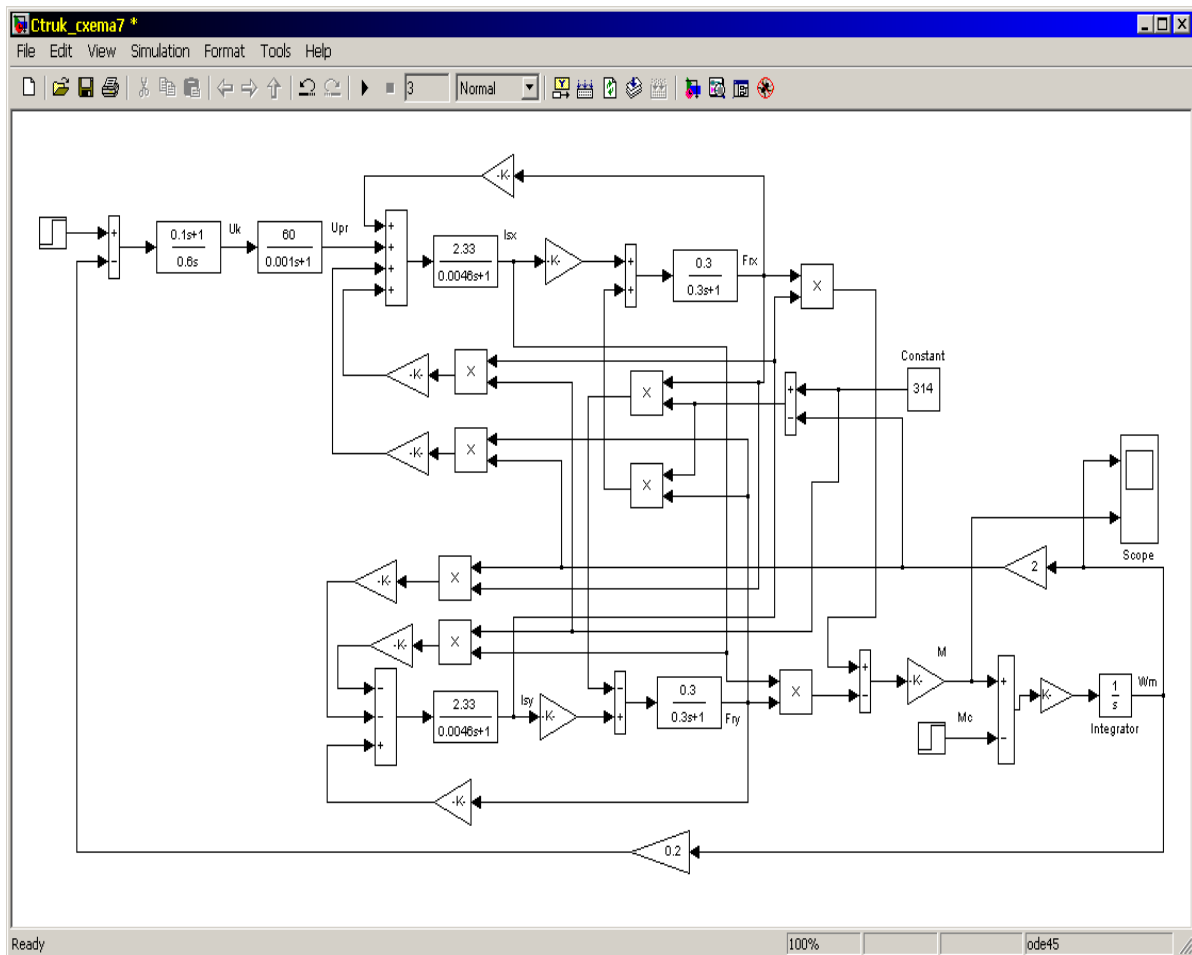
Асинхронды машиналардың есептелінген параметрлері 4.1 кестеде келтірілген.

4.1 кесте – Асинхронды машинаның параметрлері

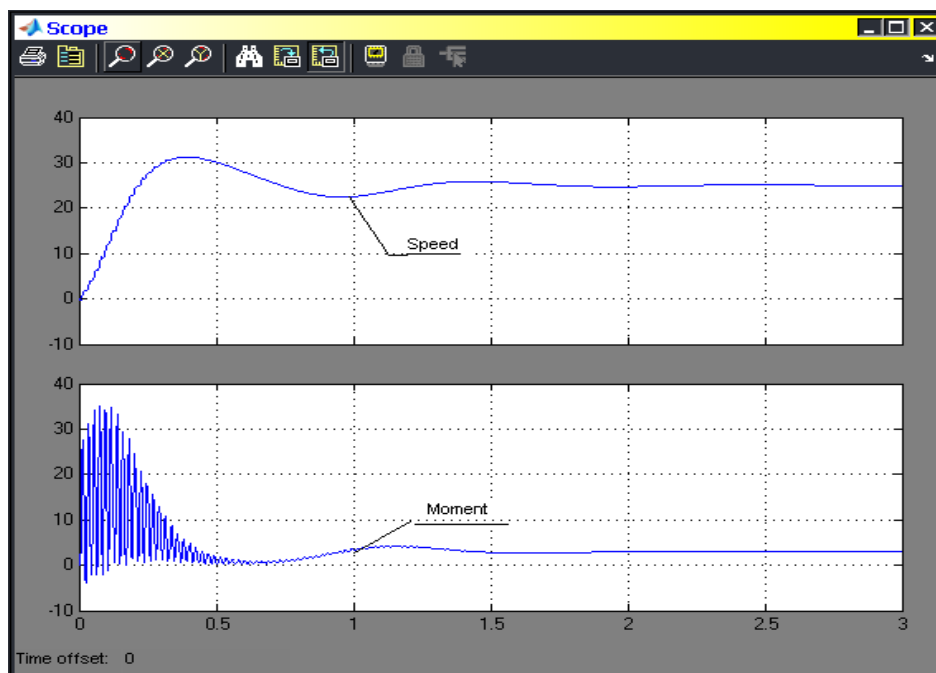
Коэффициенттері	R	$T_S^1$	$T_R$	$k_R$	$L_S$
Өлшем бірлігі	Ом	с	с		Гн
Мәндері	0.4285	0.0046	0.2956	0.9848	0.00196

Басқару жүйесі бар асинхронды электр жетегінің құрылымдық сұлбасы 4.7 суретте көрсетілген. Жылдамдық пен моменттің өтпелі процесінің қисық сызықтары 4.8 суретте келтірілген.





4.7 сурет – Басқару жүйесінен тұратын тұрақты асинхронды электр жетегінің құрылымдық сұлбасы



4.8 сурет – Жылдамдық пен моменттің өтпелі процестерінің қисығы

#### 4.6 Іске қосу мен тежеу режимдерін тиімді басқару

Кранның асинхронды электр жетегінің іске қосылу және тежеу режимдерін тиімді басқару теңдеуін анықтау қажеттілігі, оны іске қосу кезінде үлкен электр магниттік моменттер мен токтардың пайда болу мүмкіндігіне негізделген. Электр магниттік моменттің үлкен ауытқуы электр қозғалтқыштарының орамаларына және электр жетегінің кинематикалық тізбегіндегі механикалық кернеулерге қауіпті динамикалық жүктемелерді тудыруы мүмкін. Іске қосу және тежеу кезінде тегіс өтпелі процестердің қалыптасуы үлкен динамикалық жүктемелердің алынып тасталуын қамтамасыз етеді, бұл электр қозғалтқыштарының қызмет ету мерзімін арттырады және кран қондырғысының электр жетегінің жоғарғы қуаттылығында электрлік жүктемелердің беріліс желісіне әсері жойылады.

ЖТ - АҚ жүйесімен көпірлі кран электр жетегі арқылы оңтайлы теңдеуді анықтау дифференциалдық теңдеулер негізінде қарастырылады, ол келесі түрде болады:

$$\frac{dx_1}{dt} = 0,217x_4 - 303,6x_2 + 10,4x_5 - 3,3x_1,$$

$$\frac{dx_2}{dt} = 0,217x_3 - 303,6x_1 + 10,4x_5 - 3,3x_2,$$

$$\frac{dx_3}{dt} = 507,4x_6 + 1686,7x_2 + 28,03x_5 + 5187,5x_1 + 312,3x_4 - 217,4x_3,$$

$$\frac{dx_4}{dt} = 1686,7x_1 - 312,3x_3 - 5007,95x_5 - 5187,5x_2 - 217,4x_4,$$

$$\frac{dx_5}{dt} = 145,1x_4 + 1271,6x_2 - 0,812x_3 - 1793,5x_1,$$

$$\frac{dx_6}{dt} = 5000x_2 - 1000x_6,$$

$$\frac{dx_7}{dt} = 5 \frac{du}{dt} + 50u - 3375x_7 + 668,25x_6 - 244,8x_4 - 2146,5x_2 + 3026,5x_1 - 1687x_5.$$

мұндағы  $u = u(t)$  – басқару.

ЖТ –АҚ тұйық жүйесі бар көпірлік кранның асинхронды электр жетегін оңтайлы басқару мәселесін шешпес бұрын оның қозғалысының тұрақтылығын қарастырамыз. Жоғарыдағы теңдеулеріне сәйкес 4.2 кестеде көрсетілген А коэффициенттерінің матрицасын құрамыз.

4.2 кесте - Асинхронды электр жетегінің басқару жүйесінің матрица коэффициенттері

-3,3	-303,6	0	0,217	10,4	0	0
303,6	-3,3	0,217	0	-0,056	0	0
1686,7	-5187,5	-312,3	-217,4	-5007,95	0	0
-1793,5	1271,6	-0,812	145,1	0	0	0
0	0	0	0	0	-1000	5000
3026,5	2146,5	1,37	244,8	-16,87	668,25	-3375

А коэффициенттерінің матрицасын қолдана отырып, асинхронды электр жетегінің қозғалысының тұрақтылығын анықтау алгоритмі MATLAB жүйесінде жазылған:

```
A = [-3.3 -303.6 0 0.217 10.4 0 0;303.6 -3.3 0.217 0 -0.056 0 0;
5187.5 1686.7 -217.4 312.3 28.03 507.4 0;1686.7 -5187.5 -312.3 -217.4 - 5007.95 0
0;
-1793.5 1271.6 -0.812 145.1 0 0 0;0 0 0 0 -1000 5000;
3036.5 -2146.5 1.37 -244.8 -16.87 668.25 -3375];
```

```
A = -A;
```

```
B=(eye(7)*a+A); (сипаттамалық теңдеу)
```

```
det(B)
```

```
ans =
```

```
a^7+24082/5*a^6+20268056959338179017601/6871947673600000*a^5+6216958
277278690810061106427/1374389534720000000*a^4+5651738205905818795222
2240290121/68719476736000000000*a^3+54953523409332268485004810545199
35407/13743895347200000000000*a^2+1139886485113328905811283013242435
489/21990232555520000000*a+741044887974916980456774789122913901/2199
0232555520000000
```

```
P=[1 24082/5 20268056959338179017601/6871947673600000
6216958277278690810061106427/1374389534720000000
5651738205905818795222240290121/68719476736000000000
5495352340933226848500481054519935407/137438953472000000000000
1139886485113328905811283013242435489/21990232555520000000
741044887974916980456774789122913901/21990232555520000000];
```

```
r = roots(P) (Сипаттамалық теңдеу түбірі):
```

```
r = -4.3695
```

```
-0.1507 + 0.9117i
```

```
-0.1507 - 0.9117i
```

```
-0.0018 + 0.3123i
```

```
-0.0018 - 0.3123i
```

```
-0.1350
```

```
-0.0069
```

Барлығы басынан бастап теріс бөліктен  $r$  тұратындықтан, көпірлік кранның асинхронды электр жетегінің қозғалысы тұрақты. Оңтайлы басқару мәселесін шешу басқару мәселесін шешудің қажетті шарттарының бірі. Оңтайлы бақылауды есептеу максималды принцип әдісімен жүзеге асырылады. Оңтайлылық критерийі ретінде біз интегралды өлшемді келесі түрде жазамыз:

$$Y(u) = \frac{1}{2} \int_0^T \left( \sum_{i=1}^7 q_i x_i^2 + u^2 + \dot{u}^2 \right) dt, \quad (4.15)$$

мұндағы  $q_i$  – айнымалының салмақтық коэффициенті,

$\dot{u} = du/dt$  – туынды.

Қосымша теңдеу енгіземіз:

$$\frac{du}{dt} = \varphi \quad (4.16)$$

мұндағы  $\varphi$  - айнымалы көмекшісі.

Дифференциалдық теңдеулер жүйесі (4.15) қосымша теңдеуді (4.16) ескере отырып, келесі түрде аламыз:

$$\frac{dx_1}{dt} = 0,217x_4 - 303,6x_2 + 10,4x_5 - 3,3x_1,$$

$$\frac{dx_2}{dt} = 0,217x_3 + 303,6x_1 - 0,056x_5 - 3,3x_2,$$

$$\frac{dx_3}{dt} = 507,4 \cdot x_6 + 1686,7x_2 + 28,03x_5 + 5187,5x_1 + 312,3x_4 - 217,4x_3,$$

$$\frac{dx_4}{dt} = 1686,7x_1 - 312,3x_3 - 5007,95x_5 - 5187,5x_2 - 217,4x_4,$$

$$\frac{dx_5}{dt} = 145,1x_4 + 1271,6x_2 - 0,812x_3 - 1793,5x_1,$$

$$\frac{dx_6}{dt} = 5000x_2 - 1000x_6,$$

$$\frac{dx_7}{dt} = 5 \cdot \varphi + 50x_8 + 3026,5x_1 - 2146,5x_2 + 1,37x_3 - 244,8x_4 - 16,87x_5 + 668,25x_6 - 3375x_7;$$

$$\frac{dx_8}{dt} = \varphi.$$

мұндағы  $x_8 = u$  – басқару.

$H$  функция Понтрягиннің максималды принципіне сәйкес мына теңдеумен жазылады:

$$\begin{aligned} H = & \psi_0 \frac{1}{2} (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 + x_5^2 + x_6^2 + x_7^2 + x_8^2 + c\varphi^2) + \\ & + \frac{1}{2} \psi_1 (0,217x_4 - 303,6x_2 + 10,4x_5 - 3,3x_1) + \\ & + \psi_2 (0,217x_3 + 303,6x_1 - 0,056x_5 - 3,3x_2) + \\ & + \psi_3 (507,4x_6 + 1686,7x_2 + 28,03x_5 + 5187,5x_1 + 312,3x_4 - 217,4x_3) + \\ & + \psi_4 (1686,7x_1 - 312,3x_3 - 5007,95x_5 - 5187,5x_2 - 217,4x_4) + \\ & + \psi_5 (145,1x_4 + 1272,6x_2 - 0,812x_3 - 1793,5x_1) + \\ & + \psi_6 (5000x_7 - 1000x_6) + \\ & + \psi_7 \left( \begin{array}{l} 5\varphi + 50x_8 + 3026,5x_1 - 2146,5x_2 + 1,37x_3 - 244,8x_4 - 16,87x_5 + \\ 668,25x_6 - 3375x_7 \end{array} \right) + \psi_8 \varphi. \end{aligned}$$

мұндағы  $\psi_i$  – жүйе координаты.

Біріктірілген теңдеулер жүйесін былайша жазуға болады:

$$\begin{aligned}\frac{d\psi_1}{dt} &= x_1 + 3,3\psi_1 - 303,6\psi_2 - 5187,5\psi_3 - 1686,7\psi_4 + 1793,5\psi_5 - 3026\psi_7; \\ \frac{d\psi_2}{dt} &= x_2 + 303,6\psi_1 + 3,3\psi_2 - 1686,7\psi_3 + 5187,5\psi_4 - 1272,6\psi_5 + 2146,5\psi_7; \\ \frac{d\psi_3}{dt} &= x_3 - 0,217\psi_2 + 217,4\psi_3 + 312,3\psi_4 + 0,812\psi_5 - 1,37\psi_7 \\ \frac{d\psi_4}{dt} &= x_4 - 0,217\psi_1 - 312,3\psi_3 + 217,4\psi_4 - 145,1\psi_5 + 244,8\psi_7; \\ \frac{d\psi_5}{dt} &= x_5 - 10,4\psi_1 + 0,056\psi_2 - 28,03\psi_3 + 5007,95\psi_4 + 16,87\psi_7; \\ \frac{d\psi_6}{dt} &= x_6 - 507,4\psi_3 + 1000\psi_6 - 668,25\psi_7; \\ \frac{d\psi_7}{dt} &= x_7 - 5000\psi_6 + 3375\psi_7; \\ \frac{d\psi_8}{dt} &= x_8 - 50\psi_7.\end{aligned}\tag{4.17}$$

$\varphi$  бойынша туынды:

$$\frac{dH}{d\varphi} = -c\varphi + 5\psi_7 + \psi_8 = 0.\tag{4.18}$$

Осы теңдеуден:

$$\varphi = (1/c)(5\psi_7 + \psi_8).\tag{4.19}$$

(4.17) теңдеуді (4.18) теңдеулер жүйесіне ауыстырып, алынған теңдеулерді (4.19) теңдеумен біріктіре отырып, біз келесі теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{aligned}
\frac{dx_1}{dt} &= 0,217x_4 - 303,6x_2 + 10,4x_5 - 3,3x_1, \\
\frac{dx_2}{dt} &= 0,217x_3 + 303,6x_1 - 0,056x_5 - 3,3x_2, \\
\frac{dx_3}{dt} &= 507,4 \cdot x_6 + 1686,7x_2 + 28,03x_5 + 5187,5x_1 + 312,3x_4 - 217,4x_3, \\
\frac{dx_4}{dt} &= 1686,7x_1 - 312,3x_3 - 5007,95x_5 - 5187,5x_2 - 217,4x_4, \\
\frac{dx_5}{dt} &= 145,1x_4 + 1272,6x_2 - 0,812x_3 - 1793,5x_1, \\
\frac{dx_6}{dt} &= 5000x_2 - 1000x_6, \\
\frac{dx_7}{dt} &= 2,5 \cdot \psi_7 + 0,5\psi_8 + 50x_8 - 3375x_7 - 2146,5x_2 + 1,37x_3 - 244,8x_4 - 16,87x_5 + \\
&+ 668,25x_6 + 3026,5x_1; \\
\frac{dx_8}{dt} &= 0,5\psi_7 + 0,1\psi_8; \\
\frac{d\psi_1}{dt} &= x_1 + 3,3\psi_1 - 303,6\psi_2 - 5187,5\psi_3 - 1686,7\psi_4 + 1793,5\psi_5 - 3026\psi_7; \\
\frac{d\psi_2}{dt} &= x_2 + 303,6\psi_1 + 3,3\psi_2 - 1686,7\psi_3 + 5187,5\psi_4 - 1272,6\psi_5 + 2146,5\psi_7; \\
\frac{d\psi_3}{dt} &= x_3 - 0,217\psi_2 + 217,4\psi_3 + 312,3\psi_4 + 0,812\psi_5 - 1,37\psi_7; \\
\frac{d\psi_4}{dt} &= x_4 - 0,217x\psi_1 - 312,3\psi_3 + 217,4\psi_4 - 145,1\psi_5 + 244,8\psi_7; \\
\frac{d\psi_5}{dt} &= x_5 - 10,4\psi_1 + 0,056\psi_2 - 28,03\psi_3 + 5007,9\psi_4 + 16,87\psi_7; \\
\frac{d\psi_6}{dt} &= x_6 - 507,4\psi_3 + 1000\psi_6 - 668,25\psi_7; \\
\frac{d\psi_7}{dt} &= x_7 - 5000\psi_6 + 3375\psi_7; \\
\frac{d\psi_8}{dt} &= x_8 - 50\psi_7.
\end{aligned} \tag{4.20}$$

Алайда, (4.20) теңдеулер жүйесін компьютерде MATLAB ортасында шешу үшін, біз осы теңдеулер жүйесін айнымалыларды алмастыра отырып, келесі формаға келтіреміз:

$$\begin{aligned}
y_1 &= x_1, y_2 = x_2, y_3 = x_3, y_4 = x_4, y_5 = x_5, \\
y_6 &= x_6, y_7 = x_7, y_8 = x_8, y_9 = x_8, y_9 = \psi_1, y_{10} = \psi_2, \\
y_{11} &= \psi_3, y_{12} = \psi_4, y_{13} = \psi_5, y_{14} = \psi_6, y_{15} = \psi_7, y_{16} = \psi_8.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{dy_1}{dt} &= 0,217y_4 - 303,6y_2 + 10,4y_5 - 3,3y_1, \\
\frac{dy_2}{dt} &= 0,217y_3 + 303,6y_1 - 0,056y_5 - 3,3y_2, \\
\frac{dy_3}{dt} &= 507,4y_6 + 1686,7y_2 + 28,03y_5 + 5187,5y_1 + 312,3y_4 - 217,4y_3, \\
\frac{dy_4}{dt} &= 1686,7y_1 - 312,3y_3 - 5007,95y_5 - 5187,5y_2 - 217,4y_4, \\
\frac{dy_5}{dt} &= 145,1y_4 + 1272,6y_2 - 0,812y_3 - 1793,5y_1, \\
\frac{dy_6}{dt} &= 5000y_2 - 1000y_6, \\
\frac{dy_7}{dt} &= 2,5 \cdot y_{15} + 0,5y_{16} + 50y_8 - 3375y_7 - 2146,5y_2 + 1,37y_3 - 244,8y_4 - 16,87y_5 + \\
&+ 668,25y_6 + 3026,5y_1; \\
\frac{dy_8}{dt} &= 0,5y_{15} + 0,1y_{16}; \\
\frac{dy_9}{dt} &= y_1 + 3,3y_9 - 303,6y_{10} - 5187,5y_{11} - 1686,7y_{12} + 1793,5y_{13} - 3026y_{15}; \\
\frac{dy_{10}}{dt} &= y_2 + 303,6y_9 + 3,3y_{10} - 1686,7y_{11} + 5187,5y_{12} - 1272,6y_{13} + 2146,5y_{15}; \\
\frac{dy_{11}}{dt} &= y_3 - 0,217y_{10} + 217,4y_{11} + 312,3y_{12} + 0,812y_{13} - 1,37y_{15}; \\
\frac{dy_{12}}{dt} &= y_4 - 0,217xy_9 - 312,3y_{11} + 217,4y_{12} - 145,1y_{13} + 244,8y_{15}; \\
\frac{dy_{13}}{dt} &= y_5 - 10,4y_9 + 0,056y_{10} - 28,03y_{11} + 5007,9y_{12} + 16,87y_{15}; \\
\frac{dy_{14}}{dt} &= y_6 - 507,4y_{11} + 1000y_{14} - 668,25y_{15}; \\
\frac{dy_{15}}{dt} &= y_7 - 5000y_{14} + 3375y_{15}; \\
\frac{dy_{16}}{dt} &= y_8 - 50y_{15}.
\end{aligned} \tag{4.21}$$

(2.8) теңдеулер жүйесі шекаралық шарттармен шешілетіндігін атап өткен жөн:

$$\begin{aligned}
y_1(0) = 0, \quad y_2(0) = 0, \quad y_3(0) = 0, \quad y_4(0) = 0, \quad y_5(0) = 0, \\
y_6(0) = 0, \quad y_7(0) = 0, \quad y_8(0) = 0, \quad y_9(T) = 0, \quad y_{10}(T) = 0, \\
y_{11}(T) = 0, \quad y_{12}(T) = 0, \quad y_{13}(T) = 0, \quad y_{14}(T) = 0, \quad y_{15}(T) = 0, \quad y_{16}(T) = 0.
\end{aligned} \tag{4.22}$$

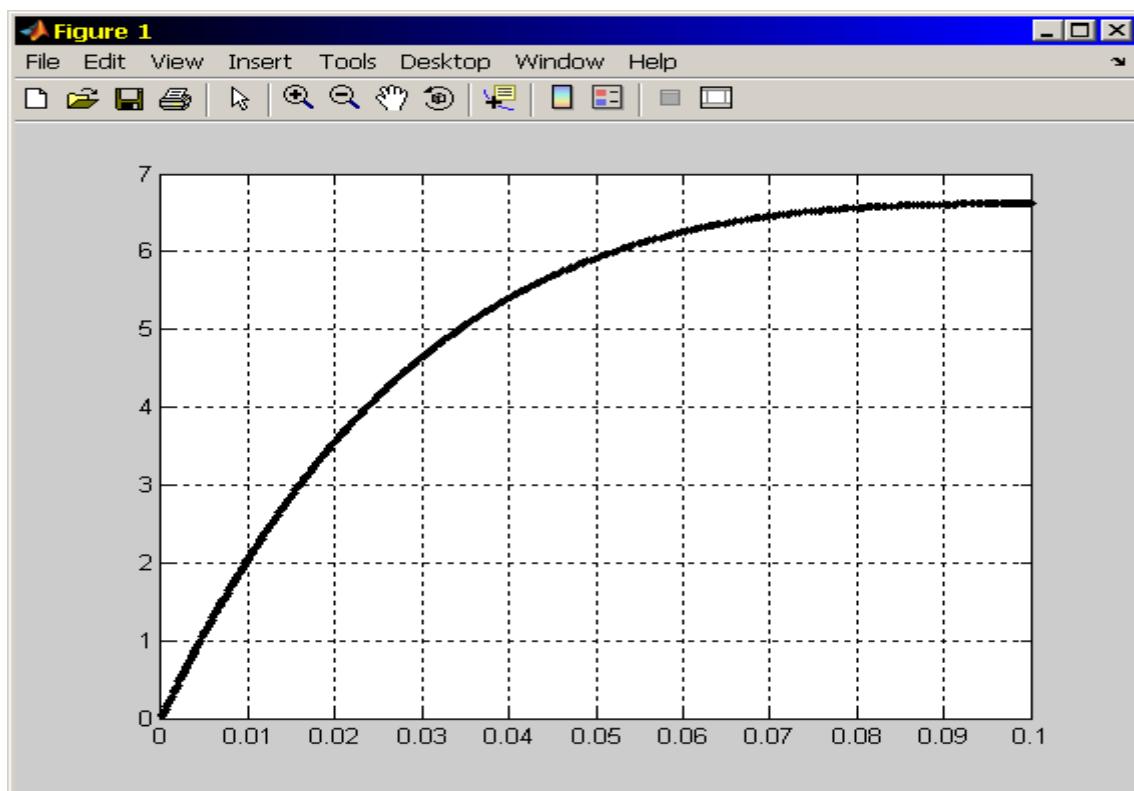
Кранның көтеру механизмінің электр жетегін оңтайлы басқаруды есептеу бағдарламасы 4.9 суретте көрсетілген.

```
1 function boundproblem
2 - meshinit = linspace(0, 0.2, 20);
3 - yinit = [0.01 0.01 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 0 0 0 0 0 0 0];
4 - initsol = bvpinit(meshinit, yinit);
5 - options = bvpset('RelTol', 1.0e-05, 'AbsTol', 1.0e-06);
6 - sol = bvp4c(@rside, @bound, initsol, options);
7 - plot(sol.x,sol.y(8, :))*(-1000), 'k.')
8 - grid on
9 function f = rside(x, y)
10 - f = [0.217*y(4)-303.6*y(2)+10.4*y(5)-3.33*y(1);
11       0.217*y(3)+303.6*y(1)-0.056*y(5)-3.33*y(2);
12       507.4*y(6)+1686.72*y(2)+312.3*y(4)+28.03*y(5)+5187.5*y(1)-217.4*y(3);
13       1686.72*y(1)-312.3*y(3)-5007.9*y(5)-5187.5*y(2)-217.4*y(4);
14       1271.6*y(2)+145.1*y(4)-1793.5*y(1)-0.812*y(3);59000*y(7)-1000*y(6);
15       0.025*y(15)+0.05*y(16)+0.74*y(8)-3172.7*y(7)+52.07*y(6)-29.02*y(4)-
16       254.3*y(2)+0.16*y(3)+358.7*y(1)-0.3*y(5);0.05*y(15)+0.1*y(16);
17       y(1)+3.3*y(9)-303.6*y(10)-5187.5*y(11)-1686.7*y(12)+1793.5*y(13)-358.7*y(15);
18       y(2)+303.6*y(9)+3.3*y(10)-1689.7*y(11)+5187.5*y(12)-1271.6*y(13)+254.3*y(15);
19       y(3)-0.217*y(10)+217.4*y(11)+312.3*y(12)+0.812*y(13)-0.16*y(15);
20       y(4)-0.217*y(9)-312.3*y(11)+217.4*y(12)-145.1*y(13)+29.05*y(15);
21       y(5)-10.4*y(9)+0.056*y(10)-28.03*y(11)+5007.9*y(12)+0.3*y(15);
22       y(6)-507.4*y(11)+1000*y(14)-52.07*y(15);y(7)-59000*y(14)+3272.7*y(15);
23       y(8)-0.74*y(15)];
24 function g = bound(ya,yb)
25 - g = [ya(1);ya(2);ya(3);ya(4);ya(5)-1;ya(6);ya(7);ya(8);
26       yb(9);yb(10);yb(11);yb(12);yb(13);yb(14);yb(15);yb(16)]
```

4.9 сурет - Кранның көтеру механизімінің электр жетегін оңтайлы басқаруды есептеу бағдарламасы

Тиімді басқарудың өтпелі процесі 4.10 суретте көрсетілген.





4.10 сурет - Тиімді басқарудың өтпелі процесі

Қорытынды: көпірлік кранның көтеру механизмінің электр жетегінің виртуалды моделін Matlab 7.0 бағдарламасындағы Simulink математикалық пакетімен зерттеудің нәтижесі, оның реттеу сапасы бойынша тиімді екендігін және технологиялық процестің талабына сәйкес келетіндігін дәлелдедік.

## 5 Өмір тіршілік қауіпсіздік негіздері

### 5.1 Өмір тіршілік қауіпсіздік негіздерін еңбек жағдайларында қолдану

Адам, және оның құқықтары мен бостандықтары Қазақстан мемлекетіндегі өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Осы мәселелер Қазақстан Республикасының Конституциясында нақты көрсетілген. Адам ең жоғарғы құндылық болғандықтан, мемлекетімізде адамдардың өмірі мен денсаулық сақтау қажеттігі басты міндет.

Тіршіліктегі ең қауіпсіз – бұл уй жағдайындағы адамдардың тұру ортасында қауіпсіздік ережесін сақтау, адамның денсаулығын сақтау, зияны мен қауіпі көп факторларды төмендету арқылы қорғау әдістері мен құралдарын дайындауға болады, бейбіт уақыттағы апаттық жағдайлардың салдарынан болатын шығындарды шектеуге байланысты іс-шараларды жасауға болады.

Тұрғындардың тұру ортасы келесі элементтермен қалыптасады: өндірістегі ортадан, тұрмыстағы ортадан, қоршаған орталардан және әскери

кездегі жағдайларында. Өндірістік орта және еңбек үрдісі жағдайында адамның тіршілік ету қауіпсіздігін қамтамасыз етумен еңбекті қорғау айналысады.

Қауіпсіздікті қамтамасыз етудің үш негізгі әдісі бар:

- қауіпті және зақымдану аймағымен адам қызметінің аймақтарын кеңістіктік және уақытша бөлу. Бұған өндірісті автоматтандыру, еңбекті ұтымды ұйымдастыру, өндірістік кеңістікті жоспарлау және т.б. кіреді.

- жабдықты ауыстыру, желдетуді, дыбыстық оқшаулауды пайдалану, өндірістік жарықтандыруды жақсарту және т.б. қауіптер мен зақымдарға байланысты аймақты қалыпқа келтіру.

- адамның өндірістік ортаға бейімделуі және оның қорғалуын арттыру. Мысалы, жаттығу, жеке қорғаныс құралдарын пайдалану .

Еңбек жағдайлары деп адамның денсаулығы мен еңбек процесінде жұмыс істеу қабілетіне әсер ететін өндіріс процесі мен еңбек процесінің факторларының жиынтығы деп түсініледі.

Қауіпсіз еңбек жағдайлары жұмысшыларға зиянды және ауыр факторлармен байланысты емес, еңбек жағдайларын жеңілдететін және гигиеналық нормаларға сәйкес келмейтін факторлардың әсер етуін білдіреді.

Бұл дипломдық жұмыста металлургия кәсіпорнының кран өнеркәсібіндегі ең жақсы электр контроллері қолданылады. Көпірлі кранның металлургиялық цикліндегі көмекші механизм біздің алдымызда тұр. Жобаның қауіпсіздігі мен денсаулығы туралы көптеген сұрақтар бар. Оператордың жұмысы және кез-келген жерде оңтайлы сөйлесу мүмкіндігі.

Үстеме кран - өндірістік циклдегі көмекші механизм. Біз әуе кранына қатысты жобаның қауіпсіздігі мен экологиялық мәселелерін қарастырамыз. Біз оператордың жұмыс орнына және кейбір жерлерде жұмыс кезінде жарақат алу қаупі жоғары қозғалтқыш бөлмесіне ерекше назар аударамыз.

## **5.2 Қауіпті және зиянды өндіріс факторларының анықтамасы және оны анықтау**

Еңбек жағдайлары - бұл адам денсаулығы мен оның еңбекке қабілеттілігіне әсер ететін еңбек ортасы мен жұмыс процесінің факторларының жиынтығы.

Қауіпсіз еңбек жағдайлары деп қызметкерлерге зиянды және қауіпті өндірістік факторлардың әсері жойылатын немесе олардың деңгейі гигиена нормаларынан аспайтын еңбек жағдайлары түсініледі.

Еңбек жағдайларының гигиеналық нормалары - күн сайын жұмыста болатын (демалыс күндерін қоспағанда) зиянды өндірістік факторлардың деңгейі, жұмыс уақытында немесе қазіргі өмірінің барлық кезеңінде аптасына 40 сағаттан аспайтын. және болашақ ұрпақ. жағдайдағы ауытқуларды тудырмауы керек.

Зиянды факторларға ұзақ мерзімді әсер ететін және төмен деңгейге қарамастан біртіндеп адам денсаулығы мен өміріне зиян келтіретін факторлар

жатады; алайда қысқа мерзімде адам ағзасы ешқандай салдарсыз қалпына келеді. Тәуекел факторларына қысқа мерзімде соқырлыққа немесе өлімге әкелетін факторлар жатады.

Көпір кранының жұмысына әсер ететін зиянды факторлар: шу, жарықтың болмауы, діріл, жоғары шаң мен газ, жоғары температура немесе қоршаған орта температурасының кенеттен ауытқуы (минус + 60-тан 70 ° C-қа дейін), жоғары ылғалдылық (80-90). %), химиялық заттардың әсері. Көпір кранының өзі жүк көтергіш құрал ретінде де, көпір кранына арналған электр жабдықтары үшін де қауіпті фактор болып саналады. Кейбір факторларды егжей-тегжейлі қарастырайық.

### **5.3 Кранның әсерлік аймақтарын анықтау**

Құрылыстың бас жоспары өндірістік қауіпті факторларға ұшырайтын аудандарды көрсетуі керек:

- кран қозғалатын аудандар, бұл аймақ қорғаныс оқшаулағыштарымен қоршалған;

- құрылымдарды немесе құрылғыны монтаждау (бөлшектеу) жақын орналасқан ғимараттарда, едендерде (жолдарда) жүзеге асырылады, бұл аймақ сигналдық оқшаулағыштармен қоршалған.

Құрылыс жобасында қауіпсіз еңбек жағдайларын жасау үшін келесі бағыттар бөлінді:

- құрастыру - Солтүстік Қазақстан облысының аумағындағы сызықпен белгіленген элементтерді орнату және бекіту кезінде жүктеме түсуі мүмкін учаскелер (5.1 кесте);

- кранға қызмет көрсету аймағы - монтаж кезінде кранның ұшуымен анықталатын кран ілмекпен сипатталатын аудан (5.1 сурет, б; 5.2 сурет);

- жүктерді тасымалдау аймағы - кран ілмесінде ілулі тұрған жүкті жылжытуға болатын аймақ (5.4, б сурет); формула бойынша анықталады ;

- кранның қауіпті аймағы - жүктеме түсуі мүмкін аймақ, құлау кезінде оның таралу мүмкіндігін ескере отырып, орын ауыстыруы (5.5 сурет) формула бойынша анықталады (5.7);

- кран астындағы қауіпті аймақ - жүретін және механизмдерді, электр қорғанысын және т.б. пайдаланатын адамдардың ішінде (жүргізушіден басқа), орнатуға орын жоқ (5.2, 5.5 сурет);

- лифтінің жұмыс аймағы - лифтен жүк көтерілуі мүмкін аймақ (5.5 сурет), бұл аймақ сызықпен белгіленген;

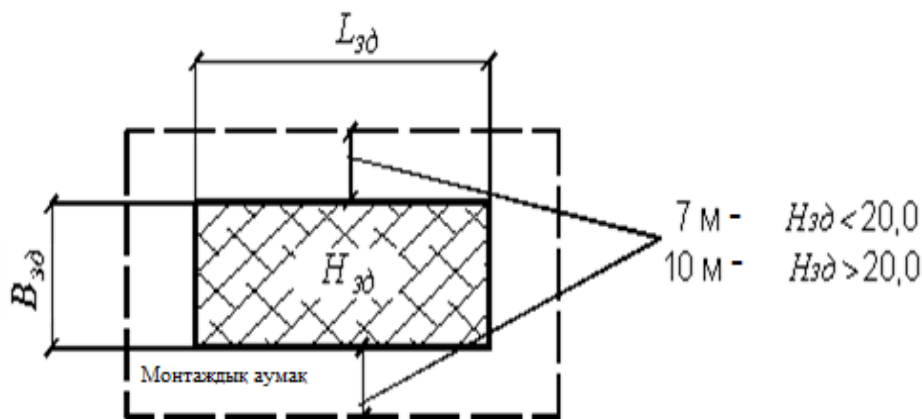
- жолдың қауіпті аймағы - аралас кранның жұмысына, көлік құралдарының немесе басқа механизмдердің жұмысына қатыспайтын адамдар болуы мүмкін белгіленген аумақтың кіре берісі мен шекарасы. Бұл аймақ RBS-те сызықшамен белгіленген.

Жүктің құлауы кезінде минималды кері қашықтықтың параметрлері 5.1 кестеде келтірілген.

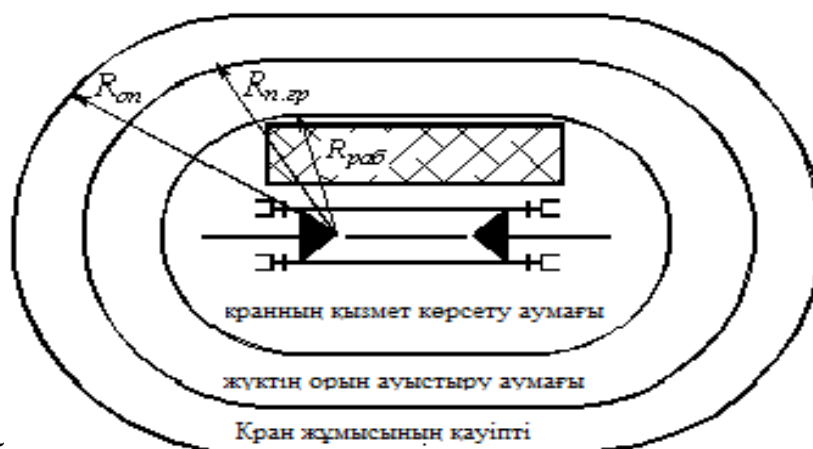
5.1 кесте - Жүктің құлауы кезінде минималды кері қашықтық

Жүктің түсуі мүмкін биіктік, м.	Жүктің қайту минималды қашықтығы, м	Ара қашықтық, м
		Кран қозғалғанда
10	4	3,5

Ескерту: Жүктеме түсіп кетуі мүмкін биіктіктің аралық мәні интерполяция әдісіне сәйкес болып табылады, бұл олардың кетуінің минималды қашықтықтарын анықтауға мүмкіндік береді.



а



б

5.1 сурет – а - монтаж алаңы; б - қызмет көрсету аймағы, жүк қозғалысы, кранның қауіпті аймақтары, қауіпті аймақтың шекараларында қауіпсіздік белгілері орнатылады.

Ғимараттың жер бөлігінде немесе рельсті кранды монтаждау кезінде қажетті алаңдарды анықтау

Жүкті тасымалдау аймағы төмендегі теңдеумен келесідей анықталған:

$$R_{\text{жүк о.а.}} = R_{\text{жүм.}} + 0,5l_{\text{max}} = 10 + 0,5 \cdot 4 = 12, \quad (5.1)$$

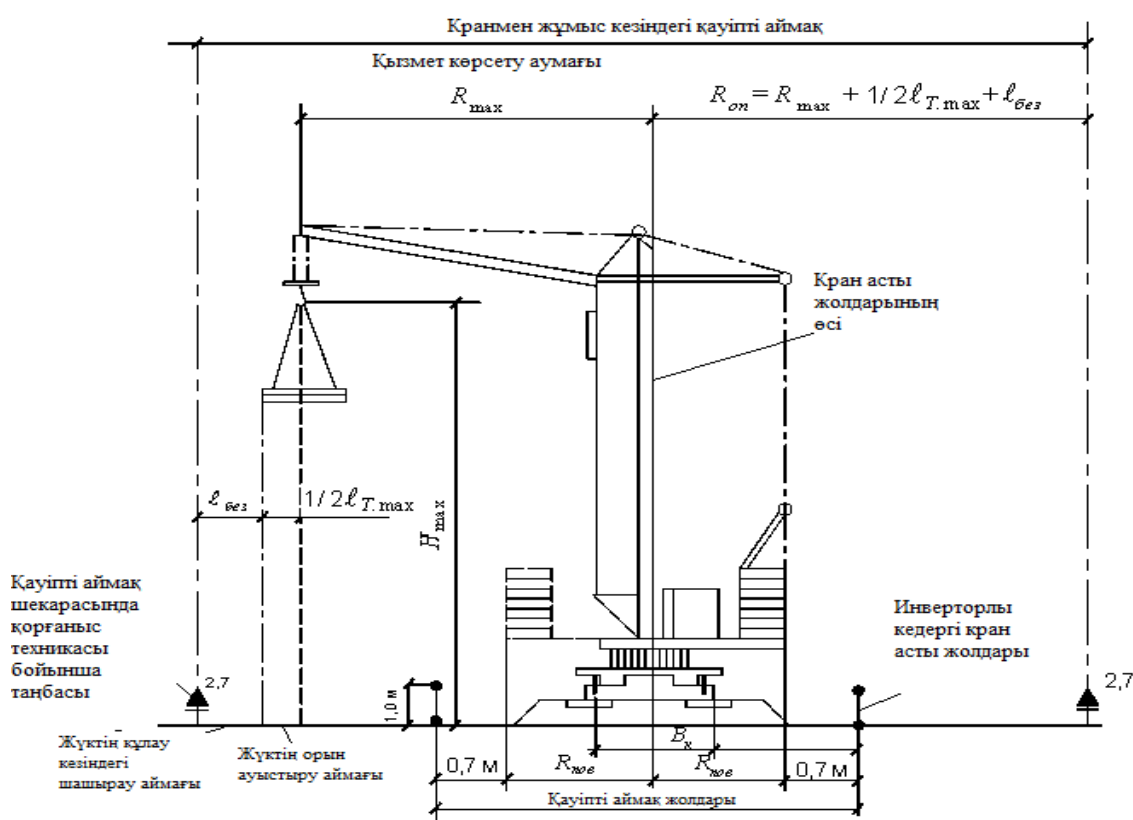
мұндағы:  $R_{жұм.}$  – кранның жебе ұшу максималды жұмысы, - үлкен жүктеме орын ауыстыруының жартысының ұзындығы м;

$l_{max}$  - үлкен жүктеме орын ауыстыруының жартысының ұзындығы, м.

Мұнара крандары үшін қауіпті аймақта кранның жұмыс істеу шегі келесі формула бойынша анықталады:

$$R_{қауіпті} = R_{жұм.} + 0,5l_{max} + l_{қауіпсіз} = 10 + 0,5 \cdot 4 + 3,5 = 15,5, \quad (5.2)$$

Мұндағы:  $l_{қауіпсіз}$  - қауіпсіз пайдалану үшін қосымша қашықтық - кранның динамикалық қозғалысы мен жел қысымының әсерінен ілмектердің тербелісі салдарынан құлаған кезде жүктерді тарату мүмкіндігі. Жүктің түсуі мүмкін биіктікке байланысты және 5.2 кестеге сәйкес алынады.

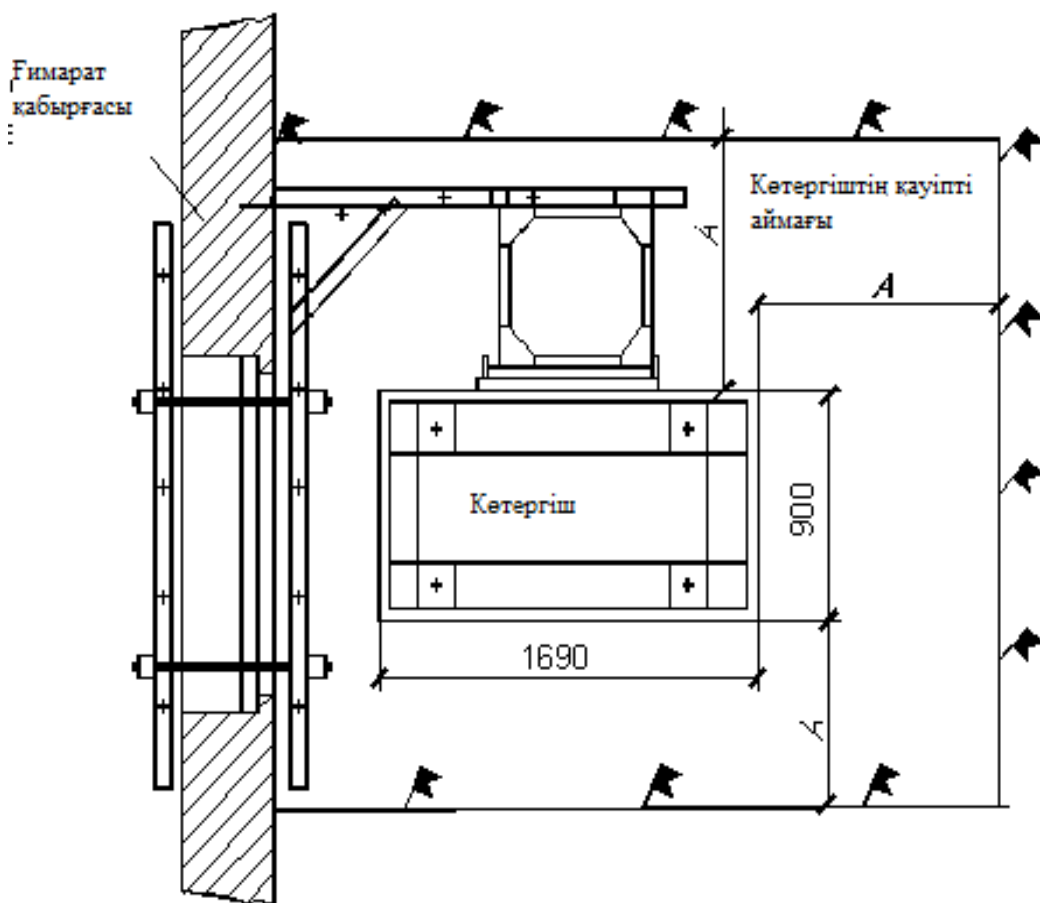


5.2 сурет - Кранының орналасу сызбасының көрінісі және ауданы

Кранның жүкті ұстап тұруға арналған қондырғы үшін қауіпті аймақ келесі формула бойынша есептеледі:

$$R_{қауіпті} = R_{жұм.} + 0,5l_{max} + l_{қауіпсіз} = 10 + 0,5 \cdot 4 + 3,5 = 15,5. \quad (5.3)$$

Көтеру биіктігі  $h = 10$  м,  $l_{қауіпсіз} = 0,3h + 1$  м = 4 м ал биіктікте - орнату орнындағыдай.



5.3 сурет - Көтеру кезіндегі қауіпті аймақтарды анықтау сұлбасы

А қауіпті аймағының ұзындығы 20 м биіктікке көтерілгенде көрсетіледі, жоспарланған көтеру өлшемдерінен 5 м кем емес, ал 15 м сайын 20 м-ге дейін қосылады.

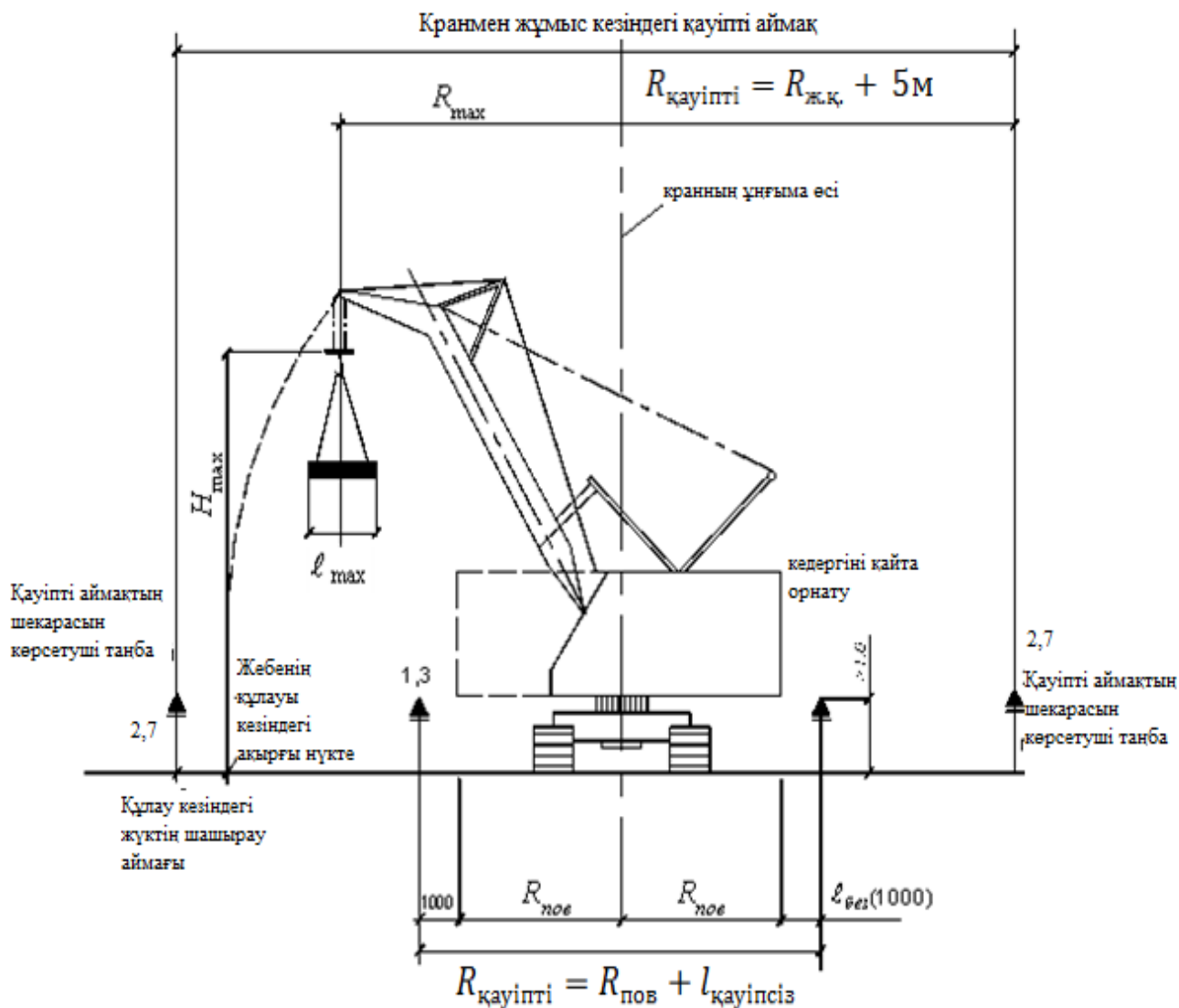
$$A = 5 + \frac{1}{15} (H_{\text{көтеру}} - 20) = 5 + \frac{1}{15(10-20)} = \frac{13}{15} = 0,8666. \quad (5.4)$$

Жебелі крандар үшін, жабдықталмаған құрылғы, құлаудан жебені ұстап тұрушы (5.4 сурет), қауіпті аймақ келесі формула бойынша анықталады:

Доңғалақты крандар үшін - бумды құлап қалуға мүмкіндік бермейтін құрал (5.4 сурет). Қауіпті аймақтар мына формуламен анықталады:

$$R_{\text{қауіпті}} = R_{\text{ж.қ.}} + 5 = 4 + 5 = 9, \quad (5.5)$$

Мұндағы:  $R_{\text{ж.қ.}}$  - жебелердің түсу радиусы, жебенің ұзындығы бойынша анықталмақ, 4 м.



5.4 сурет - Жебелердің құлауының алдын алатын құрылғылармен жабдықталмаған кранның көтерілу аймағын белгілеу және есептеу сызбасы

### 5.4 Төтенше жағдайлардағы қызметтер

Төтенше жағдайлар - бұл апатқа, табиғи апатқа немесе өмірдің жоғалуына, адам денсаулығына немесе қоршаған ортаға немесе материалдық шығынға әкелетін басқа апатқа әкеп соқтыратын белгілі бір аймақтағы немесе су айдынындағы жағдай.

- найзағай соққыларынан болатын зақымдану қаупін азайту үшін адам денесі мүмкіндігінше жермен байланыста болуы керек. Ең қауіпсіз позиция - тізе бүгу, аяғыңызды бүгу, басыңызды және кеудеңізді тізеңізге және төменгі аяғыңызға түсіру, тізеңізді екі қолыңызбен құшақтау.

Оқшаулағыш материалдар: бөренелер, тақталар, тастар, шатырлар, көрпелер, жіптер, сіз рюкзакта отыра аласыз немесе көтеріле аласыз.

- найзағай кезінде темірбетон жабынына мінуге, резервуардың жанында, бағыттағышсыз биік нысанда тұруға тыйым салынады.

- басына, артына немесе дененің басқа бөліктеріне тастармен, бұталармен немесе металл құрылымдармен қол тигізбеңіз.

Тиісті қауіпсіздік аймақтағы объект: ағаш, тас ДЭП мұнараларынан 1,5-2 метр қашықтықта құрғақ жер болу керек.

- тірі электр құрылғыларының, сымдардың, металл заттардың жанында болмаңыз, оларға қол тигізбеңіз, найзағайдан қорғаманыз.

- құлап қалған жерлерді баяу серуендеңіз немесе электр сарқылғанша бірнеше минут күтіңіз.

- найзағай кезінде киіміңізді және дененіңізді құрғақ ұстауға тырысыңыз керек.

- өрт болған жағдайда сіз тез арада өрт сөндірушілер мен құтқарушыларды шақырып, оны өзіңіз сөндіруге тырысыңыз.

- төтенше жағдайлардың басым көпшілігі келесі себептерге байланысты болады:

- жабдықтың техникалық істен шығуы (негізгі себеп бірі),

- реттеушілер мен операторлардың немқұрайлылығы.

- кранмен төтенше жағдайға алып келуі мүмкін авариялар: кран операторының кінәсінен құрылғы элементтерімен соқтығысу, өрт.

- кранды пайдалану кезіндегі төтенше жағдайлар: кран операторлары мен энергия жеткізушілерімен қақтығыс.

5.2 кесте - Крандағы апаттық жағдайға әкелуі мүмкін төтенше жағдайлар тізімі

Жазатайым оқиғалардың алдын алу	Төтенше жағдай деп аталатын жағдай дамуды тежейді	Ықтимал болатын жағдай	Алу әдісі	Апаттық жағдайды тоқтату
1	2	3	4	5
Кранның сыйымдылығы	Шынжырлы кран	Ережеге сай болыңыз	Жұмысты тоқтату	қақтығысты жою
Кранның қауіпсіздігі	Өрт қауіпсіздігі	Түтін және от	Қауіпсіздік құралы Stop	жану

### 5.5 Желдеткіштің параметрлерін есептеу және орналастыру

Дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты - электр жабдықтары бар 15 тонналық көпірлі кран жетегін жасау. Дизайнер өзінің ішкі жұмыстарымен қисынды айналысады. Кез-келген бөлмеде қолайлы жағдайлар жасау үшін жарық, электр қауіпсіздігі, өрт қауіпсіздігі, микроклимат және жылу беру сияқты өндірістік факторлардың болуы қажет.



Жұмыс істеу үшін оларға бөлме мен компьютерлер бөлінеді. Адам еңбегі орын алатын салауатты және қауіпсіз ортаны қамтамасыз етумен байланысты мәселелерді зерттеу және шешу жаңа технологиялар мен дизайн жүйелерін дамытудағы маңызды міндеттердің бірі болып табылады.

Есептеулер жүргізілетін бөлме - өлшемдері 8x5x3 (м) болатын ғимараттың бірінші қабатында орналасқан кеңсе. Бөлмеде жұмыс болып табылады, дербес компьютер, онда кесте оператор үшін қажет. 3.1 суретте еден жоспары көрсетілген. Күміс бөлмесінде 1 жұмыс орны (инженер) бар. 3.1 кестеде ГОСТ 12.0.003-88 сәйкес оңтайлы микроклиматтық жағдайлар көрсетілген. Қалыпты физикалық жұмысқа арналған SSBT. Оператор бөлмесінде жазда температура + 28 °С дейін, қыстың температурасы + 18-ден + 20 С-қа дейін көтеріледі.

Оператордың микроклиматының қолданыстағы параметрлерін және қалыпты жұмыс үшін оңтайлы микроклиматтық жағдайларды салыстыра отырып, жазда аптап ыстықтың болатынын көруге болады. Сонымен, оператор бөлмесінде микроклиматты сақтау үшін оны ауа баптағыш жүйесімен жабдықтаған жөн. Кондиционерлеу жүйесінің есептеулері мен сипаттамасы төменде келтірілген.

Бастапқы деректер:

- дербес компьютер (ДК) қуаты = 0,5 кВт/сағ;
- коэффициенті көшу электр энергиясы, жылу, үшін люминисцентті шамдарды  $\alpha = 0,7$ ;
- қуаты шамдар Вт/м<sup>2</sup>;
- айқын жылу адам үшін жылы кезең – 61 Вт, үшін суық кезең – 82 Вт;
- температура шкі үй-жайлар, 20 °С;
- сыртқы температура ауаның (-18)°С;
- көлемі үй-жайлар, 89,6 м<sup>3</sup> (ұзындығы – 8, ені – 5 м, биіктігі – 3 м);
- $X_0$  – үлестік жылу сипаттамасы, 0,42 Вт/м<sup>3</sup>°С;
- $K_1$  – коэффициенті қараңғылау режимінде шынылауға ағаш переплетами - 0,65;
- $K_2$  – коэффициенті үшін қалыпты ластану шынылауға, 0,9;
- $\gamma$  – меншікті массасы ағынды ауа 1,206 кг/м<sup>3</sup>;
- $C$  – жылу сыйымдылық ауа 0,24 ккал/кг°С.

Ауа ортасының қажетті күйін сақтау үшін ауаны салқындату жүйесі қолданылады.

Бөлмедегі ішкі жылу жүктемесін анықтаймыз. Ең алдымен, жабдықтың жылу кірісін анықтаймыз. Операторда қуаттылығы 0,5 кВт / сағ болатын 3 дербес компьютер (ДК) бар. Жылу шығыны мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{об} = P_{об} \cdot \eta, \quad (5.6)$$

$P_{об}$  - кВт / сағ жабдықты тұтынатын қуат ;

$\eta$  - ДК үшін бөлме жылуының көшу коэффициенті  $\eta = 0.86$

Жалпы қуаты:  $P_{об} = 0.5, кВт$ .

Жабдықтың жылу кірісі:

$$Q_{об} = 0.5 \cdot 0.86 = 0.43, кВт.$$

Шамдардағы жылу келесі формула бойынша анықталады:

$$Q_{осв} = \alpha \cdot N_{осв} \cdot \beta \cdot \cos \varphi \cdot S, \quad (5.7)$$

мұндағы  $\alpha$  - люминесцентті лампалар үшін электр энергиясын жылуға айналдыру коэффициенті  $\alpha = 0,7$ ;

$\cos \varphi = 0,7$ ;

$S$  – төбенің ауданы,  $40 \text{ м}^2$ ;

$N_{осв}$  - шамның қуаты, бөлменің жақсы жарықтандыруында,  $N_{осв} = 40 \text{ Вт/м}^2$ .  $Q_{түз} = 40 \times 2 \times 0,7 \times 40 = 2240 \text{ Вт}$ .

Адамдарға жылу түсуін келесі түрде анықтаймыз:

$$Q_{л} = n \cdot q_{явн} \quad (5.8)$$

онда  $q_{явн}$  - айқын жылу адам, санына байланысты, әйелдер бөледі болғандағы жылу  $85\%$  жылу шығындылардың ересек ерлер (отыру жағдайы) үшін жылы кезеңде - суық кезең үшін  $61 \text{ Вт}$ , -  $82 \text{ Вт}$  (6.2 кесте);

$n$  – адамдардың саны.

Жазғы мезгілде адамдардан келетін жылу мөлшері тең болады:  $Q_{л} = 61 \text{ Вт}$ .

Сонымен қатар (5.8) формула бойынша қысқы кезеңдегі адамдардан келетін жылу шығынын есептейміз:  $Q_{л} = 82 \text{ Вт}$ .

5.1 тармақта келтірілген параметрлер мен есептеулерді ескере отырып, әйнектеу арқылы күн сәулесінен жылу түсуді мына формула бойынша анықтаймыз:

$$Q_p = m \cdot F(q^I + q^{II})\beta \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (5.9)$$

мұндағы  $m$  - бөлмедегі терезелер саны, 2;

$F$  - терезелердің ауданы,  $F = 3,5 \text{ м}^2$ ;

$\beta$  - перделер мен перделерге жылу беру коэффициенті - 0,15;

$q, q^{II}$ - тура және шашыраңқы сәуле шығаратын жылу ағыны  $\text{Вт} / \text{м}^2$ , географиялық ендікке байланысты тәуліктің есептік сағатына есептеледі,  $S = 288$  және  $85$ -ке тең.

$K_1$  - коэффициенті ағаш створок шыны күнгірттендіру - 0,65;

$K_2$  - орташа шыны ластану коэффициенті, 0,9.

$$Q_p^{Ю} = 2 \cdot 3,5 \cdot 0,15 \cdot 0,65 \cdot 0,9 \cdot (288 + 85) = 0.229, кВт.$$

Температураның өзгеруі нәтижесінде жылу шығыны және жылудың жоғалуы:

$$Q_{отд} = V_{ном} \cdot X_0 \cdot (t_e - t_n) \quad (5.10)$$

мұндағы  $t_n$  - ішкі үй-жайдың температурасы,  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  - ауаның сыртқы температурасы,  $(-18)^0\text{C}$ ;

$V_{ном}$  - үй-жайдың көлемі, м<sup>3</sup> (ұзындығы-8, ені-5 м, биіктігі-3 м);

$X_0$ -меншікті жылу сипаттамасы,  $0,42 \text{ Вт/м}^3\text{ }^0\text{C}$ .

$Q_{отд} = 0$  – жылы уақыт кезеңі үшін.  $Q_{dec} = 8 \times 5 \times 3 \times 0,42 \times (20 - (-18)) = 1915 \text{ кВт}$ .

Бөлмедегі жылу балансын анықтаңыз:

$$Q_{изб} = Q_{об} + Q_{осв} + Q_{л} + Q_{п} - Q_{с}. \quad (5.11)$$

Жазғы кезең үшін жылу балансы:

$Q$  үйінділердің жылы уақыты =  $0,43 + 2,24 + 0,061 + 0,229 - 0 = 2,96 \text{ кВт}$ .

Қысқы кезең үшін:

$Q$  манометр суық кезеңі =  $0,43 + 2,24 + 0,082 + 0,229$  құрады - =  $1,066 \text{ кВт}$   $1,915$ .

Ауаның жылу қарқындылығы:

$$Q_n = \frac{Q_{изб} \times 868}{V_n}. \quad (5.12)$$

$Q_n \leq 20 \text{ ккал/м}^3 \Rightarrow \Delta t = 6^0\text{C}$ ;

$Q_n > 20 \text{ ккал/м}^3 \Rightarrow \Delta t = 8^0\text{C}$ .

Ескере отырып, бұл  $Q_{изблет} > Q_{избзим}$ , содан кейін есептеу пайдаланылатын болады  $Q_{изб}$  жаз:

$$Q_n = \frac{2,96 \times 860}{89,6} = 28,4 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3}$$

$Q_n \geq 20 \text{ ккал / м}^3$ , содан кейін  $\Delta t = 8^0\text{C}$ .

Біздің құндылықтарымызды салыстырыңыз  $Q_n = 28,4 \text{ ккал / м}^3 \geq 20 \text{ ккал / м}^3$ , содан кейін  $\Delta t = 8^0\text{C}$ .

Бөлменің кіруі үшін ауаға қажетті жылу мөлшері:

$$L = Q_{журнал} \cdot 860 / C \Delta t \gamma.$$

мұндағы  $C$  - ауаның жылу сыйымдылығы,  $1,005 \text{ ккал / кг}^0\text{C}$ ;

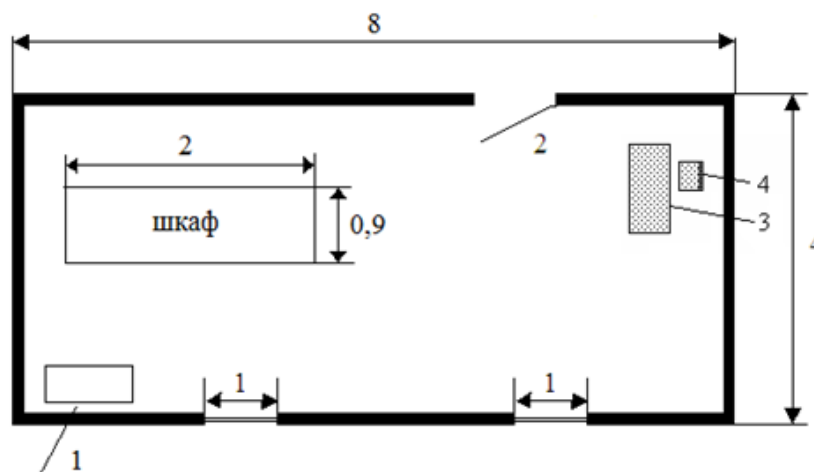
$\Delta t$  - ауаның жылу сыйымдылығына тәуелділікті таңдаңыз  $Q_n$ ;

$\gamma$  – берілетін ауаның үлес салмағы,  $1,204 \text{ кг / м}^3$ .

$$L = 2,26 \cdot 860 / 1,005 \cdot 8 \cdot 1,204 = 2650 \text{ м}^3 / \text{сағ}.$$

Мен қабырғаға орнатылатын кондиционерлерді таңдадым, оның артықшылығы - дизайнның салыстырмалы қарапайымдылығы, тез және оңай орнатылатын өте арзан. Мұндай кондиционерлердің кемшілігі - бөлмеге таза ауа беру мүмкіндігі.  $2650 \text{ м}^3$  сәйкес деп, ауа ағынының  $L$  қамтамасыз ету үшін,

ол 1 пайдалануға болады жайлағыш компания AMICO сериясы сiға аз ауа ағынымен 2950 м<sup>3</sup>/ сағ жоғарғы әуе жабдықтау. Бұл кондиционердің параметрлері: салқындату 17,7 кВт, компрессордың қуаты 4,5 кВт, салмағы 260 кг, өлшемдері биіктігі = 1740 мм, тереңдігі = 1200 мм, ені = 450 мм. Үй-жайларға қатысты, мен оны төменде көрсетілген схемаға сәйкес орналастырамын.



1 - кондиционер, 2 - есік, 3 - үстел, 4 - орындық.

5.5 сурет - Еден жоспары

Қорытынды: есептеулер бойынша кондиционер жүйесінде ауаның қолайлы жағдайларда тез әрі ыңғайлы тазартады. Мұндай кондиционерлердің артықшылығы - дизайнның салыстырмалы қарапайымдылығы, ол кондиционерлерді тез және оңай орнатумен едәуір арзан бағаны алуға мүмкіндік береді.

## 6 Экономикалық бөлім

### 6.1 Кран жабдықтары үшін электр жетегі жүйесін таңдау нұсқаларының техникалық-экономикалық негіздері

Кран құрылғыларына арналған электр жетегінің жүйесін таңдау салыстырмалы сипаттамаларды талдауға негізделген.

Электр жетегі жүйесін таңдаудың экономикалық бағасы бастапқы шығындармен, жөндеу жұмыстарына жұмсалатын шығындармен, сондай-ақ желіден күрделі жөндеу кезінде жұмыс кезінде кран жабдықтарын жабуға және таратуға жұмсалатын шығындармен байланысты минималды шығындар қағидасына негізделуі керек. Күрделі шығындар есептелді және осы жобаның экономикалық тиімділігі анықталды.

Басқару электр жетегі қажет болған жағдайда технологиялық машиналарда технологиялық процестерді (крандар, электр жетегі, экскаватор) жылдам басқаруға мүмкіндік береді. Ол сізге технологиялық режимді орнатуға және қажет болған жағдайда оны дәлірек ұстауға мүмкіндік береді,

бұл барлық технологиялық процестерді дәлірек басқаруға, қажет болған жағдайда технологиялық процестерді реттеуге мүмкіндік береді.

Басқарылатын электр жетегін пайдалану қуатты тұтынуға байланысты технологиялық процестерді оңтайландыру мүмкін болмақ.

Айнымалы жиілікті индукциялық қозғалтқыш жүйесінің мәні мыналарды қамтиды

- АҚ айналу жылдамдығын басқарудың кең спектрінің жоғары тиімділігі, өйткені біріншісі бүкіл басқару аймағында ротордың аз мөлшерде сырғанауымен жұмыс істейді (төмен сырғанау шығынымен);

- жылдамдықты реттеудің және қажетті сипаттамалардың біркелкілігі мүмкіндігін беретін және реттеу заңдарын беретін жақсы басқару қасиеттерінде.

## 6.2 Күрделі салымдарды және пайдалану шығындарын есептеу

Капиталды салымдарда құрылғыны еркін көтру бағасынада байланысты және келесі кестеде көрсетілген тасымалдау және орнату шығындарымен анықталады.

6.1 кестеде салымдар мен пайдалану шығындарын есептеу нәтижелері көрсетілген.

6.1 кесте - салымдар мен пайдалану шығындарын есептеу

Өндірістік активтердің негізгі атаулары	Сандары	Әр тауардың бағалау, мың.тг.	Барлық бағалау мың.тг.	Транспорт-монтаждау шығындыры, мың.тг.	Барлық басты құнды мың.тг.
1.Электр қозғалтқышы	1	750	750	180	930
2.Байланысшылар	7	25	175	65	240
3.Электромагниттік тежегіш	1	150	8	35	185
4. Резисторлар	16	0,5	3	2,5	10,5
5.Уақыт эстафетасы	3	1	3	1	4
6. Аралық эстафета	1	0,75	0,75	0,25	1
7. Кернеу релесі	1	16	16	4	20
Барлығы		943,25	1102,75	287,75	1390,5

Күрделі салымның жалпы мөлшері келесі формула бойынша есептеледі:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ.ж}} + K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б.с}}, \text{ мың. теңге} \quad (6.1)$$

мұндағы:  $K_{\text{ж.с}}$ - жабдық алуға жұмсалатын күрделі салымдар;

$K_{к.ж}$  – құрылыс жұмыстарына салынған капиталды салымдар;  
 $K_M$  – - монтаждау және іске қосу жұмыстарына күрделі салымдар;  
 $K_{б.с.}$ - басқа капиталды салымдар (ең алдымен көлік шығындары).  
 $K_{ж.с}$  – 943,25 мың. тг;  
 $K_{к.ж}$  – 1102,75 мың. тг;  
 $K_M$  – 1390,5 мың. тг;  
 $K_{б.с}$  – 287,75.

$$K_{жалпы} = 1102,75 + 943,25 + 1390,5 + 287,75 = 3724,25 \text{ мың. тг.}$$

Эксплуатационды пайдалану шығындарды анықтаймыз:

$I_a$  – амортизация аударымдары;  
 $I_{ш}$  – тұтынылған электр энергиясының шығыны  
 $I_{жж}$  – электр жабдықтарын жөндеу құны;  
 $I_{ea}$  – қалыпты жұмыс үшін жылдық жалақы;  
 $I_{бш}$  – басқада шығындарға.

$$I = I_a + I_{ш} + I_{жж} + I_{ва} + I_{бш} + I_{жж}. \quad (6.2)$$

1. Амортизациядағы аударым  $I_a$  мына формуламен анықталады:

$$I_a = (H \cdot \Phi) / 100\%, \quad (6.3)$$

мұндағы:  $H$  – амортизацияның жылдық нормасы (12%);  
 $\Phi$  – қондырғылардың бастапқы бағалары, мың.тг.

$$I_a = \frac{12\% \cdot 1390500}{100} \% = 166860 \text{ теңге.}$$

2.  $I_{ш}$  Электр энергиясын тұтыну құны келесі формуламен анықталады:

$$I_{ш} = \Delta \mathcal{E} \cdot T, \quad (6.4)$$

мұндағы:  $\Delta \mathcal{E}$  – электр энергиясының жылдық шығындары, кВт/сағ;  
 $T$  – 1 кВт/сағ электр энергиясының тарифтері (17,81 теңге).  
 $\Delta \mathcal{E}$  электр энергия шығыны келесі формула мен анықтауға болады:

$$\Delta \mathcal{E} = P_2 - \frac{1-\eta}{\eta} K_{ж} - T. \quad (6.5)$$

мұндағы:  $P_2$  – электр энергия білігтеріндегі номиналдық қуаты (55 Вт);  
 $\eta$  – электр жетегі жүйесінің п.э.к. ( $\eta=0,9$ );  
 $K_{ж}$  – қуатың жүктелу коэффициенттері ( $K_{ж}=0,9$ );  
 $T$  – жұмыс ыстеу уақыты ( $T=5000$ сағ).

$$\Delta \mathcal{E} = 55 \cdot \frac{1-0.9}{0.9} \cdot 0.9 \cdot 5000 = 27500 \text{ Вт/сағ.}$$

$$I_{\text{ш}} = 27500 \cdot 17,81 = 489,775 \text{ теңге.}$$

3. Қызметкерлерге еңбекақы төлеу және әлеуметтік салықтарды төленуі:

Еңбек ақысы  $I_{ea}$  уақытша – сыйлық ақылы (премия) жүйесі бойынша анықталады, және келесі формула бойынша анықталады:

$I_{ea}$  жалақы уақытша - бонустық төлемдер (сыйлық) жүйесімен анықтаймыз:

$$I_{\text{ва}} = TC_{\text{орт}} \cdot \Phi \cdot N \cdot PK \cdot K_d, \quad (6.6)$$

мұндағы:  $TC_{\text{орт}}$  – орта сағаттағы жалақылар саны (249 теңге);

$\Phi$  – бір жылдағы жұмыс уақытының тиімділік қоры;

$\Phi = 2120$  адам/сағ;

$N$  – жұмысшы саны (1 адам);

ҚР қосымша шығындарды өтеу және еңбек шығындарын арттыру мақсатында жұмыс істеуге және қолайсыз климаты бар жерлерде тұруға байланысты жалақыны көтерудің аудандық коэффициентінің көрсеткіші болып табылады.  $PK = 1,3$ ;

$K_d$  – еңбек ақы мөлшеріндегі ескерілетін коэффициенттер.

$K_d = 1,4$ .

$$I_{\text{ва}} = 249 \cdot 2120 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,4 = 960741 \text{ теңге.}$$

Зейнетақы қорындағы еңбек ақылары:

$$I_{\text{зқ}} = I_{\text{ва}} - 10\% \cdot I_{\text{ва}}, \quad (6.7)$$

$$I_{\text{зқ}} = 960741 - 10\% \cdot 960741 = 864667 \text{ теңге.}$$

Әлеуметтік салыққа бөлінетін пайыздар:

$$I_{\text{ә}} = 9,5\% \cdot I_{\text{зқ}}, \quad (6.8)$$

$$I_{\text{ә}} = 9,5\% \cdot 864667 = 82143 \text{ теңге.}$$

4. Басқада шығындары  $I_{\text{бш}}$  келесі формуламен анықтаймыз:

$$I_{\text{бш}} = 0,05(I_a + I_{\text{ш}} + I_p + I_{\text{ва}}), \quad (6.9)$$

$$I_{\text{бш}} = 0,05(166860 + 82143 + 4258736 + 960741) = 286924 \text{ теңге.}$$

5. Қызмет көрсету және электр құлағыларын жинақтауға кеткен түзетулерді есепке алудың техникалық мәліметтері:

$$I_{\text{ш}} = I_{\text{обс}} + I_{\text{бэ}} + C_{\text{мат}} + H_{\text{ш}}, \quad (6.10)$$

Осы :  $I_{\text{э}}$  – әлеуметтік салық;

$I_{\text{ж}}$  – қызмет көрсету мен жөндеу жұмыстарына атсалысқан жұмысшылардың еңбекақысы;

$C_{\text{мат}}$  – жөндеуге кететін материалдар құндары;

$H_{\text{ш}}$  – үстемедегі шығындары ( $I_{\text{еа}}$  60%-ы).

$$I_{\text{қос}} = I_{\text{ва}} \cdot K_d. \quad (6.11)$$

Осы :  $I_{\text{қос}}$  – қосыған еңбекақы

$$I_{\text{қос}} = 960741 \cdot 1,4 = 1345037 \text{ теңге.}$$

$$I_{\text{ж}} = I_{\text{қос}} + I_{\text{ва}}, \quad (6.12)$$

$$I_{\text{ж}} = 1345037 + 95113 = 1440150 \text{ теңге.}$$

$C_{\text{мат}}$  құрылғылардың бастапқыдағы бағасы 3-5%-ын құрайды.

$$C_{\text{мат}} = 3 - 5\% \cdot C_{\text{құр}}, \quad (6.13)$$

мұндағы:  $C_{\text{құр}}$  – құрылғылардың бастапқы бағасы.

$$C_{\text{мат}} = 3 - 5\% \cdot 1102750 = 551374 \text{ теңге,}$$

Шығындар жұмысының еңбекақысы 60%-ын құрайды:

$$H_{\text{ш}} = 60\% \cdot I_{\text{ва}}, \quad (6.14)$$

$$H_{\text{ш}} = 60\% \cdot 960741 = 576445 \text{ теңге.}$$

Электр жабдықтарын ұстауға және жөндеуге кететін барлық шығындар:

$$I_{\text{ш}} = 1440150 + 95113 + 551374 + 576445 = 2663082 \text{ теңге.}$$

6. Эксплуатациалық шығындар қосындысы:

$$И = 166860 + 489775 + 960741 + 210365 + 95113 = 20844779 \text{ теңге.}$$

Есеп нәтижелері бойынша біз шығындар туралы болжам жасаймыз.

Болжамдық шығындардың есептелінген мәндері 6.5 кестеде көрсетілген.



6.2 кесте - Болжамдық шығындар

Шығындық элементтер	Шығындық сумма, теңге
1. Амортизация	166860
2. Энергияны тұтыну құны (немесе пайдаланылған энергияның құны)	489775
3. Электр қондырғыларын жөндеу құны	2663082
4. Қызметкердің жалақысы	
5. Әлеуметтік салықтың алынуы	960741
6. Басқада шығындары	95113
	110185
Барлығы	4485756

### 6.3 Күрделі салымдар мен пайдалану шығындарын есептеу (жоба нұсқасы)

Капиталды салымдар құрылғының еркін көтерме бағасына байланысты және келесі кестеде көрсетілген тасымалдау және орнату шығындарымен анықталады

6.3 кесте - Капиталдық салымдар

Өндірістегі қордың негізгі атауы	Санд ары	Тауардың көтерме бағалары, мың.тг	Барлық бағалары мың. тг	Транспорттағы -монтаждың шығындыры, мың.тг	Толықғымен корсетілген құны мың.тг
1.Электрлі қозғалтқыштар	1	650	650	125	775
2.Жиілік түрлендіргіштер	1	520	520	115	635
3.Электромагниттік тежегіштер	1	118	118	20	138
4.Ажыратқыштар	2	3	6	1,5	7,5
Барлығы		1293	1298	261,5	1560

Капиталдағы салымдар барлық бағасы келесі формула бойынша анықталады:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қ.ж}} + K_{\text{ж.с}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б.с}}, \text{ мың. теңге} \quad (6.15)$$

мұндағы:  $K_{\text{ж.с}}$  – жабдықтарды алуға жұмсайтын капиталды салым;

$K_{\text{қ.ж}}$  – құрылыстық жұмыстардың капитал салымдары;

$K_{\text{м}}$  – монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының капиталдық салымдары;

$K_{б.с}$  – басты капиталды салымдар (тасымалдаудағы шығындардын құрайды).

$K_{ж.с}$  – 1298 мың. теңге;

$K_{қ.ж}$  – 1293 мың. теңге;

$K_M$  – 261,5 мың. теңге;

$K_{б.с}$  – 1560 мың. теңге.

$$K_{жалпы} = K_{қ.ж} + K_{ж.с} + K_M + K_{б.с}, \text{ мың. теңге.}$$

Эксплуатационның шығындардарын анықтаймыз:

$$И = И_a + И_{ш} + И_{ea} + И_{бш} + И_{жж}, \quad (6.16)$$

мұндағы:  $И_a$  – амортизацияның аударымы;

$И_{ш}$  – қолданылған энергия шығыны;

$И_{жж}$  – электрлі құрылғылығын жөндеуге кеткен жұмыс;

$И_{ea}$  – эксплуатациялар үшін еңбектік ақы;

$И_{бш}$  – басқада шығындар  $И_{бш}$ .

Амортизациялық аударымдар  $И_a$  осы формуламен анықталады:

$$И_a = (H \cdot \Phi) / 100\%. \quad (6.17)$$

мұндағы:  $H$  – ортаңғы жылдықтың нормалық амортизациясы (12%);

$\Phi$  – қондырғылардың басты бағасы, тг.

$$И_a = (12\% \cdot 1560000) / 100\% = 187200 \text{ теңге.}$$

$И_{ш}$  электр энергиясының шығыны.

$$И_{ш} = \Delta Э \cdot T, \quad (6.18)$$

мұндағы:  $\Delta Э$  – энергияның бір жылдық шығындары, кВт/сағ;

$T$  – 1 кВт/сағ энергиялық тарифтері (17,81 теңге).

$\Delta Э$  энергияның бір жылдық шығынын анықтау.

$$\Delta Э = P_2 - \frac{1-\eta}{\eta} - K_{ж} \cdot T, \quad (6.19)$$

мұндағы:  $P_2$  – энергияның қозғалтқыштық білігін есептеу қуаты (45 Вт);

$\eta$  – электрлік жетегің жүйелік п.э.к. ( $\eta=0,9$ );

$K_{ж}$  – қуаттың жүктік коэффициенті ( $K_{ж}=0,8$ );

$T$  – уақыт қоры ( $T=5000$  сағ).

$$\Delta \mathcal{E} = 45 \cdot \frac{1-0.9}{0.9} \cdot 0,7 \cdot 5000 = 17500 \text{ Вт/сағ.}$$

$$I_{\text{ш}} = 17500 \cdot 17,81 = 311675 \text{ теңге.}$$

Жұмыс берушілердің жалақы мен әлеуметтік салықтарды төлеуі:  
Еңбектік ақы  $I_{ea}$  жалақы уақытша бонустар жүйесімен анықталады және келесі формуламен анықтауға болады:

$$I_{ea} = TC_{\text{орт}} \cdot \Phi \cdot N \cdot PK \cdot K_d. \quad (6.20)$$

мұндағы:  $TC_{\text{орт}}$ —сағаттына орта есеппен (275 теңге);

$\Phi$  – бір жылдақ жұмысшы қоры;

$\Phi = 2120$  адам/сағ;

$N$  – жұмысшы саны (1 адам);

ҚР- қосымша шығындарды өтеу және еңбек шығындарын арттыру мақсатында жұмыс істеуге және қолайсыз климаты бар жерлерде тұруға байланысты жалақыны көтерудің аудандық коэффициентінің көрсеткіші болып табылады.  $PK = 1,3$ ;

$K_d$  – қосылған еңбек ақылық мөлшерлерлер коэффициенті.  $K_d = 1,4$ .

$$I_{\text{ва}} = 275 \cdot 2120 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,4 = 1061451 \text{ теңге.}$$

Зейнетке бөлінген ақшадан калған жалақы саны:

$$I_{\text{зқ}} = I_{\text{ва}} - 10\% \cdot I_{\text{ва}}, \quad (6.21)$$

$$I_{\text{зқ}} = 1061451 - 10\% \cdot 1061451 = 955306 \text{ теңге.}$$

Әлеуметтік салыққа бөлінген:

$$I_{\text{ә}} = 9,5\% \cdot I_{\text{зқ}}, \quad (6.22)$$

$$I_{\text{ә}} = 9,5\% \cdot 955306 = 907540 \text{ теңге.}$$

Бастапқы шығын  $I_{\text{би}}$  осы формулалармен анықтаймыз:

$$I_{\text{би}} = 0,05(I_a + I_{\text{ш}} + I_p + I_{\text{ва}}), \quad (6.23)$$

$$I_{\text{би}} = 0,05(907540 + 311675 + 2256521 + 1061451) = 226859 \text{ теңге.}$$

Электр жабдықтарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу жұмыстарының жалпы шығындарын есептеулер:

$$I_{\text{ш}} = I_{\text{ж}} + I_{\text{бә}} + C_{\text{мат}} + H_p, \quad (6.24)$$

мұндағы:  $I_{ба}$  – әлеуметтік салыққа бөлу;  
 $C_{mat}$  – жөндеудегі қажеттік материалдар бағасы;  
 $H_{ш}$  – үстемеледегі шығын ( $I_{ea}$  60%-ы);  
 $I_{ж}$  – техникалық қызмет көрсетумен және жөндеумен айналысатын қызметкерлердің жалақысы.

Қосылған еңбек ақылар мына теңдеумен анықталады:

$$I_{қос} = I_{ea} \cdot K_d, \quad (6.25)$$

$$I_{қос} = 1061451 \cdot 1,4 = 1486031 \text{ теңге,}$$

$$I_{ж} = I_{қос} + I_{ea}, \quad (6.26)$$

Техникалық қызмет көрсетумен және жөндеумен айналысатын қызметкерлердің жалақысы мына теңдеумен анықталады:

$$I_{ж} = 1486031 + 1061451 = 2547482 \text{ теңге.}$$

$C_{mat}$  бұл құрылғының бастапқы бағасынан 3-5% құрайды.

$$C_{mat} = 3 - 5\% \cdot C_{құр}, \quad (6.27)$$

мұндағы:  $C_{құр}$  – құрылғылардың бастапқы бағасы.

$$C_{mat} = 3 - 5\% \cdot 1061451 = 503725 \text{ теңге,}$$

Үстемелік шығындар қызметкердің жалақысының 60% құрайды, ол мына теңдеумен анықталады :

$$H_{ш} = 60\% \cdot I_{ea}, \quad (6.28)$$

$$H_{ш} = 60\% \cdot 1061451 = 636870 \text{ тг.}$$

Электр жабдықтарын ұстауға және жөндеуге кеткен жалпы шығындары мына теңдеумен анықталады:

$$I_{ш} = 2547482 + 105083 + 530725 + 636870 = 3820160 \text{ теңге.}$$

6. Эксплуатация шығынының қосындысылары мына теңдеумен анықталады:

$$I = 18072 + 311675 + 2256521 + 12787 + 264740 = 3143920 \text{ тг.}$$

Есеп нәтижелері бойынша біз шығындар туралы болжам жасаймыз.

### 6.3 кесте - Болжамдық шығындар

Шығындық элементі	Шығынның бағасы, теңге
1. Амортизация	187200
2. Энергияны тұтыну құны (немесе пайдаланылған энергияның құны)	311675
3. Электр қондырғыларын жөндеу құны	3820160
4. Қызметкердің жалақысы	
5. Әлеуметтік салықты бөлу	1061451
6. Басқа шығындар	105083
Барлығы	190842
	5676411

### 6.4 Экономикалық жұмыс орындарының есептеуі

Ең төменгі келтірілген шығдардар әдесі қолданылады  
Шығындарға мыналар кіреді:

$$KШ_3 = C + E_n \cdot K, \quad (6.29)$$

мұндағы:  $C$  – эксплуатацияның жылдық бағасы(теңге);

$K$  – капиталдық салымдар;

$E_n$  – күрделі салымдардың экономикалық тиімділігін салыстыру стандарты ( $E_n=0,15$ ):

$$KШ_6 = 2084797 + 0,15 \cdot 1390500 = 2293372 \text{ тг,}$$

$$KШ_ж = 2645637 + 0,15 \cdot 1560000 = 2150467 \text{ тг,}$$

Есептеулерді салыстыру бірінші нұсқаның тиімділігін көрсетеді.

Экономикадағы тиімділіктер екі нұсқада салыстыру арқылы анықталады: бастапқы және болжамды нұсқалар:

$$\Delta = KШ_6 - KШ_ж, \quad (6.30)$$

мұндағы:  $KШ_6$  – бастапқы нұсқаның құны, теңге;

$KШ_ж$  – жобалау нұсқасына сәйкес шығындар, теңге.

$$\Delta = 2293372 - 2150467 = 142905 \text{ теңге.}$$

Бірінші нұсқаның экономикалық тиімділігі:

$$\Delta = (I_2 - I_1) + E_n(K_1 - K_2), \quad (6.31)$$

$$\Delta = (208797 - 2645637) + 0,15(1390500 - 1560000) = 162705.$$

Экономикалық тиімділік - бұл орындалған жұмыс пен өндіріс нәтижелерінің арасындағы байланыс арқылы бағаланатын қорытынды. Есептелген нәтижелерге сүйене отырып, мен бастапқы нұсқаның тиімділігін анықтадым. Өнімділік көрсеткіштері зауыттың қаржылық нәтижелерін бағалау және инвестициялық саясатты бағалау үшін қолданылады. Бағалау келтірілген ең төменгі шығын болып саналады.

## Қорытынды

Қазіргі заманда жиілікті реттелетін асинхронды электр жетегі ауқымды қолданылуда. Бұл басқару жүйесі техникалық мақсаттарды ғана шешуді жеңілдетіп қоймай, жұмыс сапасын арттыруға және басқару жүйесін тиімді қолдануға, жетек пен оның барлық механизмдерінің қызмет ету мерзімі мен сенімділігін арттыруға, қызмет көрсету процесін жеңілдетуге, электр энергиясын үнемдеуге көмектеседі.

Сондықтан дипломдық жұмыста көпірлік кранның көтеру механизімі үшін қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқышынан тұратын жиілікті реттелеін электр жетегінің басқару жүйесі зерттеліп, өделген.

Көпірлік кранның көтеру механизімінің, құрылысы, жұмыс істеу режимдері сипатталып, анықтама берілген. Кранның көтеру механизімінің кинематикалық сұлбасына талдау жасалынған.

Есептік қуатқа және жылдамдыққа сәйкес 5АИ280S8 типті асинхронды қозғалтқыш таңдалып, оның параметрлері анықталып, механикалық және электр механикалық сипаттамалары тұрғызылған.

Асинхронды электр жетектің математикалық моделі ЭЕМ арқылы MATLAB бағдарламасында құрастырылған. Көпірлік кранның көтеру механизімінің басқару жүйесінің орнықтылығы анықталған. Айнымалы токты электр жетекті тиімді басқару бағдарламасы өңделген.

Жұмыста өмір тіршілік қауіпсіздік негіздерін еңбек жағдайларында қолдану шаралары қарастырылып, ұсынылған электр жетегінің экономикалық тиімділігі есептелген.

Алынған нәтижелерді талдау барысында кранның электр жетегіне қойылатын талаптарды толық қанағаттандыратынын көрсетті.

## Пайдаланылган әдебиеттер тізімі

1. Колояров В.Г., Гридчин В.С. Применение промежуточных приводов на ленточных конвейерах // Уголь. – 1992. №9.
2. Шахмейстер Л.Г., Солод Г.И. Подземные конвейерные установки. – М.: Недра, 1976. 432с.
3. Дьяков В.А., Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. и др. Ленточные конвейеры в горной промышленности. – М.: Недра, 1982. 349с.
4. Тихонов Н.В. Транспортные машины горнорудных предприятий. – М.: Недра, 1985, 336с.
5. Малыбаев С.К., Сарсембаев Д.Ж., Акпанбетов Д.Б. К вопросу совершенствования методов оптимизации поточно-транспортных средств на стадии их проектирования. // «Вестник Жезказганского университета имени О.А. Байконурова», №1(15), 2008, с.100-105.
6. Светличный П.Л. Электропривод и электроснабжение горных машин. – М.: Недра, 1968, - 312с.
7. Малиновский А.К. Автоматизированный электропривод машин и установок шахт и рудников . М,- Недра, 1987 г., 277 с.
8. Унгру Ф., Иордан И. Системы согласованного вращения асинхронных двигателей. – М-Л.: Энергия, 1971.
9. Кацман М.М. Электрический привод. – М.: Академия, 2005, 384с.
10. Москаленко В.В. Электрический привод. – М.: Академия, 2007, 361с.
11. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1981
12. Иог В.И. Система синхронного вращения асинхронных двигателей с автоматическим регулированием величины синхронизирующего момента. // Электрическая промышленность. Сер. электропривод, 1974, № 7, с.14-15.
13. Клемин-Шаронов В.А., Тищенко В.Н. Раздельный электропривод механизмов передвижения на рельсовом пути с электрической связью асинхронных машин // Инфор. листок. Промышленная энергетика, Харьков, ХЦНТИ, 1974.
14. Клемин-Шаронов В.А., Тищенко В.Н. Многодвигательный электропривод с электрической связью асинхронных машин // Электротехника, 1975, № 7, с.4-7
15. Тергемес К.Т. Регулирование синхронизирующих моментов системы рабочего электрического вала // Сб. «Электропривод и преобразовательная техника». – Алма-Ата: КазПТИ, 1985, с.19-24.
16. Тергемес К.Т. Методика расчета энергетических показателей двигателей системы ЭРВ. Депонирована в КазНИИНТИ 18.08.88г., №2026, 1988.
17. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1976, - 488с.
18. Ляхомский А.В., Фащиленко В.Н. Автоматизированный электропривод горных машин и установок. Учебное пособие / Под ред. А.В.

Ляхомского. – Издательство «Горная книга», 2014.

19. [www.drobilki.com](http://www.drobilki.com) Официальный сайт ОАО «Владимирдоркомплект».

20. Мальцева О.П., Удуг Л.С., Кояин Н.В. Системы управления асинхронных частотно-регулируемых электроприводов. – Томск: Изд. ТПУ, 2011.

21. [www.lipsia.ru](http://www.lipsia.ru) Официальный сайт ЗАО «Липсия».

22. Справочник. Подземный транспорт шахт и рудников. Под общей ред. Г.Я. Пейсаховича, И.П. Ремизова. – М.: Недра, 1985, 565с.

23. Горно-геологический справочник по разработке рудных месторождений. Под ред. А.М. Бейсебаева, М.Ж. Битимбаева, С.Ж. Даукеева, Алматы, Информационно-презентационный центр МСК РК, 1997. В двух томах: I том – 575с.

24. Полунин В.Т., Гуленко Г.Н. Конвейеры для горных предприятий. – М.: Недра, 1978. 311с.

25. Солод Г.И. О целесообразности применения многоприводных конвейеров. Сборник «Вопросы рудничного транспорта». – Киев: 1972. с.202-207.

26. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. – М.: Академия, 2004. – 576с.

27. Кречнев Э.Г., Селищев Ю.А. Об экономической эффективности применения регулируемых приводов в ленточных типажных конвейерах. Сборник «Конвейерный и рельсовый транспорт в горной промышленности» - М.: Недра, 1968. с. 81-87.

28. Новиков Е.Е., Смирнов В.К. Теория ленточных конвейеров для крупнокусковатых горных пород. – Киев: Наука. Думка, 1983. – 184 с.

29. Кост Г.Н., Котов М.А., Полосухин А.Я., Рожденская Л.А., Юшкевич М.М. Экспериментальный многоприводный ленточный конвейер. Сборник «Конвейерный и рельсовый транспорт в горной промышленности» - М.: Недра, 1968. с. 57-61.

30. Тарасов Ю.Д. Тормозные и улавливающие устройства ленточных конвейеров: Учебное пособие для вузов. – СПб.: Политехника, 1999. – 141с.

31. Гуськов П.И. Экспериментальные исследования пусковых режимов ленточных конвейеров КРП-300, оборудованных электродвигателями различных типов. Материалы научно-технического совещания по ленточным конвейерам. Под ред. А.О. Спиваковского и Л.Г. Медведева. – М.: Госгортехиздат, 1961.

32. Галкин В.И., Дмитриев В.Г., Дьяченко В.П., Запенин И.В., Шешко Е.Е. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий. – М.: Издательство Московского государственного университета, 2005. – 543с.: ил.