

«АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Энергетика кафедрасының директоры және асистенттерінің кафедрасы
Мамандығы 6M091800 - Электрэнергетикасы

«Қорғауға жіберілді»
Кафедра меңгерушісі

«__» _____ 20__ ж.

МАГИСТЕРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ
түсіндірме жазбасы

Тақырыбы Салқын сумен қалыптасқан құрылымдардың
ортадан көпкіші құрылым ағылшынстандыру және энергия
үнемдеуін зерттеуі

Магистрант Семенов М.М.
колы (Т.А.Ж.)

Ғылыми жетекшісі М.Ә. Сағитов Ф.И.
колы (Ғ.А.Ж.)

Пікір беруші Сағитов Ф.И.
колы (Т.А.Ж.)



Алматы, 2016 ж.

**«АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Коммерциялық емес акционерлік қоғамы**

факультеті

Мамандағы СМОЭ/ЭОЭ факультеті
Энергия қондырғыларымен жетекшілік және автоматтандырылу кафедрасы

Магистрлік диссертацияны орындауға берілген
ТАПСЫРМА

Магистрант Семенов Игорь Михайлович
(Т.А.Ж.)

Диссертацияның тақырыбы Солтүстік аудан қалыптасуындағы орташа
темір сарқыма автоматтандырылған жетекшілік жүйесін жасау
«28» 10.2014 №104 университеттің Ғылыми кеңесімен бекітілді
Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі «04» 01.2016

Зерттеу мақсаты орташа темір сарқыма қондырғыларымен жетекші
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау. Жетекшілік
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау

Диссертациядағы әзірленуі тиіс мәселелер тізімі немесе диссертацияның
қысқаша мазмұны:

- 1) Дроссельдік темір сарқыма жетекшілік жүйесін жасау
айналу жүйесін жасау арқылы сарқыма жетекшілік жүйесін
жасау
- 2) Солтүстік аудан сарқыма жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
- 3) Солтүстік аудан сарқыма жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
- 4) Солтүстік аудан сарқыма жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
- 5) РЭЭ қалыптасуында жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
- 6) Орташа темір сарқыма жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау
жүйесін жасауға бағытталған жетекшілік жүйесін жасау

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі

1. Қолданған әдістердің түрлерінің сипаттамасы
2. Сорт конфигурациялармен басқару құрамын бекіту
3. MATLAB жүйесінде екі құрылғының ортадан теккіш сорт конфигурациясы құрылуына сұлбасы
4. MATLAB жүйесінде екі құрылғының ортадан теккіш сортпен бір және екі тәуелсіз құрылғының отырғызылуына сұлбасы
5. Құрылғылардың машиналық алгоритмдік құрамының сұлбасы

Негізгі ұсынылған әдебиеттер:

1. Журавль - Журавль С.Г. Коммуникациялық жүйелердің құрылуы және MATLAB, C++ тілдерімен басқару. СПб: "Лант", 2005
2. Бранд В.В. Коммуникациялық жүйелердің құрылуы және MATLAB, Simulink системалары. СПб: "Лант", 2004
3. Кочина М.М. Автоматтық құрылу. Мәскеу, 2005
4. Билалов Д.В. Автоматтық құрылу және MATLAB, C++ тілдерімен басқару. СПб: "Лант", 2006

Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Эксперттік комиссияның құрамын анықтау	3.11.14	
Құрылғының құрамын РЖ енгізу және құрамын анықтау	8.12.14	
Сортпен басқару құрамын құрамын анықтау	19.01.15	
Сортпен басқару құрамын РЖ енгізу және құрамын анықтау	16.02.15	
Сортпен басқару құрамын анықтау және құрамын анықтау	16.03.15	
РЖ құрамында құрылу және құрамын анықтау	20.04.15	
Құрылу құрамында құрылу және құрамын анықтау	18.05.15	
Құрылу құрамында құрылу және құрамын анықтау	15.09.15	
Құрылу құрамында құрылу және құрамын анықтау	11.10.15	
Сортпен басқару құрамын анықтау және құрамын анықтау	30.11.15	

МАТЛАВ тўрқисига еки қарвалқхшшт татма қасқалу жұбашы құрғу	7.12.15	
МАТЛАВ тўрқисига құралқлқдққ сұба құралқдқ	14.12.15	
МАТЛАВ тўрқисига құралқлқдққ сұба құралқдқ	21.12.15.	
Қасқаланқшштқ жұрқшштқ құралқдқдқдқ	4.01.16	

Тапсырманың берілген уақыты _____

Кафедра меңгерушісі _____ (_____)
(қолы) (Т.А.Ж.)

Диссертацияның
ғылыми жетекшісі _____ (_____)
(қолы) (Т.А.Ж.)

Орындалатын тапсырманы
қабылдаған магистрант _____ (_____)
(қолы) (Т.А.Ж.)

Аннотация

Диссертационная работа выполнена на тему разработки автоматизированной системы управления асинхронного электропривода центробежных насосов холодного водоснабжения. Было проведено исследование и разработка энергосберегающих систем и режимов работы асинхронного электропривода центробежных насосов.

Данная работа состоит из сравнительных анализов регулирования как: дросселирование, ступенчатое регулирование и регулирование с помощью преобразователей частоты асинхронного двигателя. Так же исследованы режимы работы насосов при различных методах регулирования. Для определения потерь и экономии энергии использованы расчетные кривые. Рассмотрены несколько методов прогноза определения потерь и экономии энергии при использовании регулируемого электропривода в насосных установках.

Приведены прогнозы экономий воды при использовании регулируемого электропривода в насосных установках центробежного типа. Анализ утечки и непроизводительных расходов воды в насосных установках при разных способах регулирования. Определены методы снижения объемов непроизводительных расходов воды и утечек насосных установок.

В конце диссертационной работы разработаны структурная и виртуальные модели насосных установок с двумя двигателями. Приведен анализ методов установки преобразователя частоты и результаты энергетических показатели электропривода центробежных насосов в переходных режимах, на основе которых были построены модель асинхронного электропривода при постоянном моменте нагрузки и модель асинхронного электропривода с центробежной нагрузкой.

Андатпа

Диссертациялық жұмыс салқын сумен қамтамасыздандыратын ортадан тепкіш сорғы жетектерінің автоматтандырылған басқару жүйесін құру мақсатымен орындалды. Ортадан тепкіш сорғы электржетектерінің энергия үнемдейтін жүйесі мен жұмыс істеу режімі талқыланды және құрастырылды.

Берілген жұмыс дроссельдеу, сатылы реттеу және асинхронды қозғалтқыштың жиілігін түрлендіру көмегімен реттеудің салыстырмалы талдауынан тұрады, Сондай-ақ, реттеудің түрлі тәсілдерімен сорғының жұмыс режімдері зерттелді. Шығындар мен энергияның үнемделуін анықтау үшін есптік қисықтар қолданылды. Сорғы қондырғыларында реттелетін электржетек пайдаланған кездегі шығындар мен энергия үнемдеуді болжауды анықтаудың бірнеше тәсілдері қарастырылды.

Ортадан тепкіш сорғы қондырғыларында реттелетін электржетек пайдаланған кездегі су үнемдеу болжамдары көрсетілді. Сорғы қондырғыларын түрлі тәсілдермен реттеу барысындағы жылысу және өнімсіз шығындар талқыланды. Сорғы қондырғыларында жылысу және өнімсіз шығындар көлемін азайту жолдары анықталды.

Диссертациялық жұмыстың соңғы бөлігінде екі қозғалтқышты сорғы қондырғысының құрылымдық және виртуалды модельдері құрастырылды. Жиіліктік түрлендіргішті орнату жолдарының талдауы және ортадан тепкіш жүктемелі асинхронды электржетек пен тұрақты момент жүктемелі асинхронды электржетек негізінде ортадан тепкіш сорғылардың электржетектерінің энергетикалық көрсеткіштері алынды.

Annotation

The dissertation work has done on the topic of the development of an automated control system of asynchronous electric centrifugal pumps of cold water. There have been research and development of energy-efficient systems and modes of asynchronous electric centrifugal pumps.

This work consists of a comparative analysis of the regulation as throttling, step regulation and regulation by means of frequency converters of the induction motor. Also investigated modes of pumps with different methods of regulation. To determine losses and save energy used by the calculated curves. Considered several methods of determining the forecast losses and save energy when using a regulated electric drive of pump installations.

Forecast of water saving in the use of controlled electric drive centrifugal pump installations. Analysis of leakage and wastage of water in the pump units at different ways of regulation. Defined methods to reduce the volume of water wastage and leakage of pump installations.

At the end of the thesis developed by structural and virtual models of pumping units with two engines. The analysis methods of setting the frequency converter and the results of the energy performance of electric centrifugal pumps in transient conditions, on which were built the model induction motor with constant torque load and model of the asynchronous electric drive with centrifugal load.

Жұмыстың жалпы сипаттамасы

Жұмыстың өзектелігі

Бұл диссертациялық жұмыста ортадан тепкіш сорғы электрқозғалтқыш жетегінің басқару жүйесі құрылды. MATLAB бағдарламасы арқылы асинхронды қозғалтқыштың құрылымдық және виртуалды модельдері құрылды.

Жоба жүзеге асқан уақытта екі қозғалтқышты электржетек 50% қорды қамтамасыз етеді. Екі қозғалтқышты электржетек машиналарының біреуі істен шыққан кезде, жүктемені немесе жылдамдықты төмендету арқылы аз өнімділікпен жұмысты жалғастыруға мүмкіндік береді.

Электр энергиясы шығындарының 70%-і шамасында электрлік қозғалтқыштардың үлесінде. Ресурстардың бағалары жыл сайын өсетіндіктен, өнеркәсіптік кәсіпорындар мен тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық кәсіпорындар энергияны үнемдейтін жаңа жүйелер мен жабдықтарды ендіру мәселесін шешуге мәжбүр. Бұл жұмыстың өзекті болуының себебі – жұмыста жиілікті басқаруы бар ортадан тепкіш қондырғылардың электрлік жетекті сорғы станцияларының жұмыс істеу режимдері зерттеледі.

Жұмыс мақсаты ортадан тепкіш сорғы қондырғыларының жиілікті түрлендіргіш жетектерін құрастыру. Көрсетілген мақсат диссертациялық жұмыстың **негізгі тапсырмаларын** анықтады

Жетілдіруге және жаңғыртуға болатын СҚ электржетектерінің жұмыс режимдерін зерттеу

- Ортадан тепкіш СҚ реттелетін электржетек қондырудың салыстырмалы талдауын көрсету. Ортадан тепкіш СҚ суберім және арын реттеудің ең тиімді жолы ретінде дәлелдеу.

- Ортадан тепкіш сорғы қондырғыларының орынбасу сұлбасын құру

- СҚ механикалық сипаттамаларын есептеудің тәсілін (сорғы қалыбының ішіндегі энергия түрленуін сипаттайтын, математикалық сипаттамаларын дәлдеуге мүмкіндік беретін) құрастыру

- СҚ басқару жүйесіндегі электрқозғалтқыштарындағы жетектерінің құрылымдық және виртуалды модельдерін құру

- Құрылған басқару жүйесіне талдау жасау

Зерттеудің жалпы әдістемесі. Берілген тапсырмалыр автоматтандырылған электржетектің теория негізінде, Matlab бағдарламасында модельдеу, реттелетін энергия үнемдегіш жиілікті түрлендіргіш электржетекті қолдану арқылы басқару және жаңғырту тапсырмаларын қамти отырып, сорғы қондырғыларының жұмысының теоретикалық және практикалық негізінде шешілді.

Өткізілген зерттеулердің ғылыми жаңалығы:

- Жұмыс режиміне байланысты электрқозғалтқыштың жетегінің энергетикалық параметрлерін басқаруға және өзгертуге мүмкіндік беретін жиілікті реттелетін электржетекті басқару жүйесінде қолдану.

- Басқару сұлбасы бір коллекторға жалғанған әрбір екі сорғы қондырғысы бір жиілікті түрлендіргішке қосылады. Сол себепті басқару шкафтарының бағасы төмендейді.

- Сорғы қондырғысының электржетегінің виртуалды моделі құрастырылды. Құрастырылған модельдер бойынша экономикалық тиімді және механикалық сипаттамасы жоғары болған нұсқа талдалды.

Жұмыс апробациясы. Диссертация жазбалары Алматы энергетика және байланыс университетінің (Алматы қ, 2015) «Өнеркәсіп қондырғыларының электржетегі және автоматтандырылуы» кафедрасының жыл сайын өткізілетін конференция және семинарларында талқыланды.

Басылымдар. Зерттеу нәтижелерімен «Автоматизированный энергосберегающий электропривод центробежных насосов холодного водоснабжения» тақырыбы бойынша бір ғылыми мақала жарияланды.

Жұмыстың құрылымы және көлемі. Диссертация үш тілдегі аңдатпадан, алты бөлімнен, 69 беттен тұрады.

Мазмұны

Белгілеулер мен қысқартулар	10
Кіріспе	11
1 Дроссельдеу тәсілін РЭЖ көмегімен айналу жиілігін өзгерту арқылы сорғының энергия үнемдеуін алмастыру	13
1.1 Негізгі ережелер мен ұйғарымдар	13
1.2 Дроссельдеуді сорғының айналу жиілігін өзгерту арқылы ауыстыру	16
2 Сатылы реттеуді сорғының жиілігін РЭЖ көмегімен реттеуге алмасытру арқылы энергия үнемдеу	27
2.1 Сорғының сатылы реттеу жұмыс режимінің ерекшелектері	27
2.2 Сатылы реттеу кезіндегі сорғының тұтынатын энергиясы	31
2.3 Сорғының айналу жиілігін реттеген кездегі энергия тұтынуы	35
2.4 Сатылы реттеуді сорғының айналу жиілігін өзгерту арқылы реттеумен ауыстыру кезіндегі энергия үнемделуі	36
3 Сорғы қондырғыларында РЭЖ қолданғанда энергия үнемделуінің болжамы	37
3.1 Энергия үнемдеудегі салыстырмалы шығынның мәні және оларды анықтаудың есептік қисықтары	37
3.2 Сорғы қондырғыларын реттелетін электржетекпен жабдықтағанда энергия үнемдеуді болжауда есептік қисықтардың қолданылуы	41
3.3 Сорғы қондырғыларында реттелетін электржетек қолданылған жағдайда энергия үнемделуінің есебі	42
3.4 Энергия үнемдеу есептеудің арнайы жағдайлары	44
4 Сорғы қондырғыларында РЭЖ қолданғандағы су үнемдеу болжамы	49
4.1 Негізгі жағдайлар мен анықтамалар	49
4.3 Сорғы қондырғыларын түрлі әдістермен реттеген кездегі жылысулар мен өнімсіз шығындар	50
4.4 Бір сорғымен жұмыс істейтін сорғы қондырғылары үшін судың өнімсіз шығындар мен жылысу көлемін салыстырмалы азайтуды анықтау	52
4.5 Сорғы қондырғыларында (бір сорғымен жұмыс істейтін) судың үнемделуін анықтайтын есептік қисықтарды $\Delta v_{\Sigma i}^* = f(\lambda)$ қолдану мысалы	55
5 РЭЖ қолданғандағы және сорғы қондырғыларының қуатын ұлғайтқан кезде кететін капиталды шығындарды азайту болжамы	56
5.1 Негізгі жағдайлар	56
5.2 Сорғы қондырғыларының жекелеген қуатын бекіту мысалы	59
6 Ортадан тепкіш сорғы электржетегінің компьютерлік моделін MATLAB жүйесінде құру және талдау	61
Қорытынды	68
Әдебиеттер тізімі	69

Белгілер мен қысқартулар

АБЖ– автоматтандырылған басқару жүйелері
АВК – асинхронды вентильді каскад
АҚ – асинхронды қозғалтқыш
АЭЖ – автоматтандырылған электржетек
ВҚ– вентильді қозғалтқыш
ГМС– гидравликалық муфтамен сырғу
ЖТ – жиілікті түрлендіргіш
ЖР – жылдамдық реттегіш
КСС– кәрізді сорғы станциясы
ҚД –қосу деңгейі
ПӘК– пайдалы әсер коэффициенті
РЭЖ– реттелетін электржетек
СББЖ –су беру және бөлу жүйелері
СҚ – сорғы қондырғысы
СД –сөндіру деңгейі
ЭМС– электрмагниттік муфтамен сырғу

Кіріспе

Қазіргі уақытта сумен жабдықтау және ағынды су жүйелерінде қолданылатын сорғылардың басқарылатын электржетектерінің тиімділігін бағалайтын жалпықабылданған әдіс жоқ.

Өткен жүзжылдықтың 80-жылдары жасалынған әдістері ескірді және қазіргі шарттарда сорғы құрылғыларында басқарылатын электржетектің қолданылуын ескере алмайды. Кейінгі әдістер сумен жабдықтау және ағынды суларды жүйелеріне тікелей қатысы жоқ және бұл жүйелердегі сорғы құрылғыларының жұмыс режимінің ерекшелігін ескермейді.

Сумен жабдықтау және ағынды су жүйелерінде қолданылатын сорғыларда басқарылатын электржетектерінің тиімділігін бағалайтын сенімді әдістің болмауы себебінен сорғыларда басқарылатын электржетекті сатып алуға және сорғы құрылғыларының жұмыс режимін, сумен жабдықтау және ағынды суларды басқару жүйелерінің техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартатын құрал ретінде нұқсан келтіретін негізсіз шығындарға әкеліп соғады.

Ұсынылып отырған әдіс ұзақ уақыт бойы ВОДГЕО институтінің автоматизациялау зертханасында және «Ягорба» ЖШС-да сәтті қолданылды. Әдіс 40-тан астам су-кәріз шаруашылығы нысандарында мақұлданған. Бұл нысандарда әр түрлі төменгівольтты (0,4 кВ) и жоғарывольтты (6-10 кВ) қуаты 40-тан 1600 кВт-қа дейін отандық және шетелдік РЭЖ мақұлданған, соның ішінде:

- жиілік түрлендіргіш;
- қозғалтқыш клапанына негізделген;
- схемасы асинхронды клапан каскады;
- электромагнитті муфтмамен сырғу;
- гидравликалық муфтамен сырғу;
- гидравликалық вариатормен.

Бұл тәсіл арқылы жүргізілген көп жылдық эксплуатациялық сынақ есептеу нәтижесі, бұған енгізілген кеңестерге сенуге болатынына көз жеткізеді. Әдістер сорғы құрылғыларында РЭЖ қолданумен энергия және судың үнемделуін $\pm 10\%$ дәлдікпен болжауға мүмкіндік береді.

Сорғы құрылғыларының жұмыс режимінің талдауы өткен жылдың эксплуатациялық көрсеткіштеріне негізделуін ескерсек, ал РЭЖ-ті ендіру болжамдық есептемелер жүргізілгеннен кейінгі келесі жылы болса, мұндай дәлдікті жарамды деп есептеуге болады.

Сумен жабдықтау және ағынды су жүйелерінде РЭЖ-ті енгізбестен бұрын:

- РЭЖ қолданғандағы энергия үнемделуінің шамасы, таза су шығыны шамасының кемуі және ағын судың кәрізге кету шамасының кемуі, эксплуатациялық шығынның азаюы;
- сорғы құрылғыларында РЭЖ қолданғандағы капиталды шығындарды;
- РЭЖ қолданғандағы капиталды шығындардың өтелу уақытын білу керек.

Басқарылатын жетек өз-өзімен сорғы қондырғысының тиімді жұмысын қамтамасыз етпейді. Оның тиімділігі сорғы қондырғылары жұмысының технологиялық режимін суды беру және бөлу жүйелерімен немесе, кәріздік сорғы станциясымен, суды ағызу жүйелері көмегімен болады.

Сорғы қондырғысының технологиялық жұмыс режимі арнайы дайындалған автоматтандырылған басқару жүйесіне кіргендіктен РЭЖ, мағызды болғанымен, басқару жүйесінің бір бөлігі болып қала береді.

Әр түрлі нысандағы сорғы қондырғылары өзара тағайындалу мақсатымен, өнімділігімен, жұмыс режимімен, құрылғы қуатымен, жергілікті мекенде орналасуымен ерекшеленеді. Сондықтан, РЭЖ қолданудың энергетикалық тиімділігін болжау және РЭЖ қолдануды арнайы нысанда қолданудың орындылығы жалпы қарастыру негізінде мүмкін емес.

Арнайы қондырғыларға РЭЖ қолдану орындылығы мен тиімділігі техникалық және экономикалық көрсеткіштерге қарап анықталады.

Сумен жабдықтау және ағынды су жүйелерінде қолданылатын сорғыларда пайдаланылатын РЭЖ-тің орындылығы келесі сындарға қатысты:

Бірінші сын. Қазіргі кездегі қондырғылар мен тариф бағаларының электроэнергия мен суға қатынасы сорғы қондырғыларында энергия үнемделуін, суды беру және бөлу жүйелерінде (СББЖ) судың үнемделуін, суды ағызу жүйелерінде аққан судың азаюын және РЭЖ негізінде энергоүнемдегіш АБЖ-нің белгілі мерзімде қайтарымдылығын қамтамасыз ету керек.

РЭЖ тіркелген АБЖ дайындауға кеткен шығындардың қайтарылым мерзімі $T_{ок}$ АБЖ-дің негізгі элементтерінің қызмет ету уақытынан ұзақ болмаулары тиіс (жиілік түрлендіргіш және басқа жабдықтар), яғни, $T_{ок} < 10 \div 12$ жыл. Кеңес уақытында қайтарылым мерзімі 5-6 жыл болып есептелді. Заманауи экономикалық шарттарда су-кәріз шаруашылығы кәсіпорындарында $T_{ок} \approx 2 \div 4$ жыл болып саналады (арнайы шарттарға байланысты).

Екінші сын. Сорғы қондырғысының АБЖ-де РЭЖ қолданылуы су беру және бөлу, немесе, суды ағызу жүйелерінің жалпы сенімділік көрсеткішін түсірмеуі тиіс.

Үшінші сын. Бірнеше сорғы қондырғыларының біреуінде орнатылған РЭЖ бір аумақтағы СББЖ құятын бүкіл станцияның энергия пайдалануын көбейтеуі керек, сонымен қатар, бір су ағызу жүйесіндегі кәрізді сорғы қондырғылары осы шартқа сәйкес болуы тиіс.

РЭЖ-дың энергоүнемдегіш қондырғыларда қолданылуы энергия мен судың үнемделуімен қатар, жаңа және қолданыстағы нысандардың жаңғырту құрылысы кезінде сорғы станцияларының негізгі агрегаттарының қуатын күшейту және санын азайту есебінен материалдық шығыны мен құнын төмендету мүмкіндік береді.

Таза және ағынды суды айдаудың энергетикалық технологиялық процессінің физикалық табиғатын жақсырақ түсіндіру үшін бұл жұмыста энергия мен суды үнемдеу жолының есептік формулаларымен қатар қорытындылар да берілген.

1 Дроссельдеу тәсілін РЭЖ көмегімен айналу жиілігін өзгерту арқылы сорғының энергия үнемдеуін алмастыру

1.1 Негізгі ережелер мен ұйғарымдар

АБЖ режиміндегі ортадан тепкіш сорғыларда реттелетін жетектің болуы артық қысымның алынуы себебінен энергия шығынын азайтады және, сонымен қатар жетектегі шығынды қайтару үшін қосымша энергия шығынын талап етеді.

Сондықтан:

$$W_{рез} = W_{эк} - W_{пот} \quad (1.1)$$

мұнда $W_{рез}$ - Электр энергия үнемделуінің қорытынды мәні;

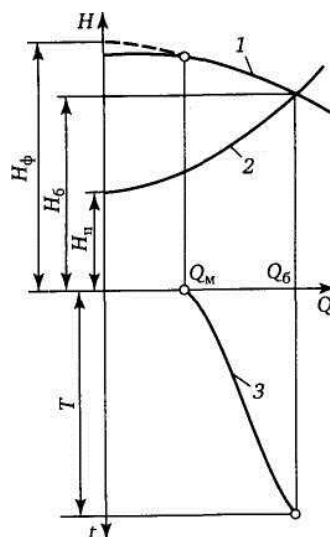
$W_{эк}$ - артық қысым алынуы есебінен энергия шығынының азаюы;

$W_{пот}$ - реттелетін жетектегі энергия шығыны.

$W_{эк}$ мен $W_{пот}$ - ны анықтайтын теңдіктің қорытындысы бойынша келесі жағдайларға рұқсат бар.

1 ұйғарым. Ортадан тепкіш сорғының ағын сипаттамасы (1.1 суретінде 1-қисық) келесідей өрнектеледі:

$$H_n = H_\phi \left(\frac{n}{n_{ном}} \right)^2 - S_\phi Q^2,$$



1—сорғының ағын сипаттамасы; 2— құбырдың сипаттамасы;

3— су өндірудің реттелген диаграммасы

1.1 сурет – Сорғы мен құбырдың бірге жұмыс жасауының сипаттамасы және су өндірудің реттелген диаграммасы

мұнда H_{ϕ} - сорғының нөлдік су беріміндегі су көтерілуінің фиктивті биіктігі;

S_{ϕ} – сорғының фиктивті гидравликалық кедергісі.

Қажет жағдайда фиктивті параметрлерді сорғының тізімдік немесе ағын тәжірибелік Q - H сипаттамалары арқылы білуге болады.

Ол үшін жұмыс орнындағы сорғының тізімдік немесе ағын тәжірибелік Q - H сипаттама координатасында екі нүктені анықтау керек, мысалы 1 және 2. Бұл екі нүктеге H_1 и H_2 арыны мен Q_1 и Q_2 , m^3/c су берім мәндері сәйкес келеді. Осы мәндер арқылы сорғының фиктивті сипаттамалары анықталады.

Сорғының фиктивті гидравликалық кедергісі, c^2/m^5 :

$$S_{\phi} = \frac{H_1 - H_2}{Q_2^2 - Q_1^2}$$

Нөлдік су берміндегі фиктивті ағын, м:

$$H_{\phi} = H_1 + S_{\phi} Q_1^2$$

немесе

$$H_{\phi} = H_2 + S_{\phi} Q_2^2$$

2 ұйғарым. Құбырдың сипаттамасы (1.1-сурет, 2 қисық) келесі теңдікпен сипатталады:

$$H_c = H_n + SQ^2$$

мұнда H_n - су көтерілудің статикалық биіктігі (қарсы қысым);

S - құбырдың гидравликалық кедергісі.

Шындығында құбырлардың тармақты жүйелерінің сипаттамасы параболалық қисықтан айтарлықтай ерекшеленеді. Негізінде ол парабола екі жағына жайғастырылған нүктелердің өрісіменмен бейнеленеді. Алайда бұл ұйғарым ұзақ уақытқа, мысалы жыл, жасалған техника экономикалық есептемелерде тиімді.

3 ұйғарым. Диаграммада келтірілген реттелген су берілімі (3 қисық, 1.1 сурет) түзу сызық теңдеуімен суреттеледі. Бұл ұйғарым ондаған су және кәріз сорғы құрылғыларында су берілім графиктерінің талдау негізінде алынды. Диаграммалардың түзу сызықтармен жуықталуы жүйедегі су берілімінің уақыт бойынша барлық мүмкін болатын біркелкі үлестіруінің мәні орын алатынын көрсетеді. Мұндай болдам реттелетін сорғы электржетектерінің жұмыс режимінің экономикалық талдауына заңды деп есептелінеді.

Бір қатар жағдайларда реттелген диаграмманың өзге бөліктерін түзу сызықпен жуықтауға тура келеді. Сумен жабдықтау және сутөкпе жүйелерінде қолданылатын реттелген диаграмма ретінде ұзақ уақыт (мысалы,

жыл) бойы су берімінің тәуләктік графигіндегі өсу (немесе кему) бойынша орналасқан ординаталарды байланыстыратын қисық түсініледі.

4 ұйғарым. Сумен жабдықтау және сутөкпе жүйелерінде қолданылатын сорғының пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК) η_n сорғының айналу жиілігі өзгеріс ауқымында (1:2-1:3), реттеу процессінде өзгермейді.

Бұл ұйғарым тізімде келтірілген ортадан тепкіш сорғылардың жұмыс сипаттамаларын талдау және зерттеу нәтижесі негізінде алынды. Талдау мен зерттеулердің нәтижесі $\eta=f(Q)$ сипаттамасының өрлемелі тармағы айналу жиілігі кеміген кезде солға жылжитындығын көрсетеді. Осыған орай, айналу жиілігінің әдеттегі өзгерісінде (30- 50%), реттеу процессінде сорғының ПӘК-і номиналды мәнінен 5- 10% артық өзгермейді.

5 ұйғарым. Жетектегі сырғумен жұмыс істейтін (гидромуфта, электромагнитті муфта тағы сол сияқтылар) қорытынды шығындар сырғу шығынымен тең деп алыналы. Өзге шығындар қорытынды тендеулерде назарға алынбайды, тек қуаттың қорытынды үнемделуін 1- 3% кемуімен есепке алынады.

6 ұйғарым. Энергия үнемделуінің есептік мәнін түсіретін (шамамен 1- 2%) судың артық қысым есебінен ағып кету шығынын алып тастау себебінен болатын электрэнергия үнемделуі есепке алынбайды.

7 ұйғарым. Сорғының айналу жиілігі сорғыда артық қысым өндірмейтіндей реттеледі деп жорамалданады, яғни, сорғыда пайда болған қысым су-құбыр жүйесіндегі қысымға сәйкес келеді: $H_H = H_C$.

7 ұйғарым келесі пікірлерден қабылданған. Реттелетін электржетектің сумен жабдықтау және сутөкпе жүйелеріндегі басты мақсаты сорғы жұмысның экономикалық режимін тудыруы.

Бұл жұмыс режимі судың пайдалануы аз кезінде жүйедегі артық қысымның алынуын қамтамасыз етеді. Жұмыстың экономикалық режимі АБЖ арқылы іске асырылады. АБЖ реттеу параметр ретінде келесі мәндер қолданылады: су-құбыр жүйесіндегі белгіленген нүктедегі қысым немесе кәріздік сорғы станциялардың қабылдау резервуарларындағы ағын су деңгейі. Егер су-құбыр станциясындағы АБЖ қандай да бір себептермен су-құбыр жүйесіндегі белгіленген нүктедегі қысымды тұрақтандырмай, сорғы коллекторындағы қысымды тұрақтандырса, онда ол түгелімен емес, жартылай алынады. Бұл жағдайда осы тәсіл бойынша есептеулер кезінде салыстырмалы қарсықысымды H_H^* бірге тең деп қабылдануы тиіс.

Қысым өлшеуіш құрылғысының орнатылатын жерін (арынды коллектор немесе белгіленетін нүкте), яғни, реттеу параметрін келесі жағдайларға қарап таңдайды: егер энергия үнемделуі белгіленген нүктеде орнатылған өлшеуіш құрылғы (датчик) есебінен болып, жүйедегі қысымды хабарлайтын байланыс каналдарының құрылғысына кеткен шығынды ақтаса, құрылғыны (датчик) белгіленген нүктеде орнатуы тиіс.

Қарсы жағдайда, құрылғыны (датчик) су қолдану режиміне (түнгі, күндізгі, т.с.с) тәуелді пайдалану процессі кезінде реттеп, арын коллекторында орнату тиіс.

8 ұйғарым. Сорғының номиналды су берісі қондырғыдағы су берісінің ең үлкен мәніне сәйкес деп жобаланады, яғни, сорғылар дұрыс таңдалған және олардың сипаттамалары су берім жүйесінің режиміне сәйкес келеді.

9 ұйғарым. Сорғы қондырғысы жұмысының бастапқы (негізгі) тәртібі ретінде сол қондырғыны реттеу су ағынының қысымын қысымды желіде дроссель арқылы төмендетуімен тиек, ысырма және су ағынына қосымша гидравликалық кедергі туғызатын басқа құрылғы көмегімен іске асырылады деген жағдай қабылданады. Бұл режимге «өздігінен реттеу» де сәйкес келеді.

«Өздігінен реттеу» астарында тұтынушының су тарату құрылғыларымен туылатын арынды сужүргідегі қосымша кедергі болатын жұмыс режимін айтады. Өздігінен реттеу процесі мен дроссельдеу процесі энергетикалық көрсеткіш бойынша бір-біріне сай. Олардың айырмашылығы; дроссельдеу кезінде гидравликалық кедергі сужүргіде бір құрылғы (тиек, ысырма), арқылы енгізіледі, ал, өздігінен реттелуде кедергі таратушы жүйенің соңында көптеген крандармен, вентильдермен пайда болады.

Бірінші жағдайда артық қысым арынды коммуникацияның-сорғыдан дроссельдеуші органға дейінгі аралығында болады. Өздігінен реттеуде қысым бүкіл сужүргіде және тарату жүйесінде таралады.

Келтірілген ұйғарымдардан тыс жағдайларда төменде келесідей резервті шешім қарастырылған. Мысалы 8 ұйғарым орындалмады делік, шығындарды есептеуге және энергияны үнемдеуді есептеудің басқа тәсілі қолданылады, 3.4.2. б көрсетілген.

РЭЖ жоқ болған жағдайда ортадан теркі сорғылардың жұмыс режимін реттеудің негізгі үш түрі бар.

- сорғының арынды желісін ысырма және сужапқы арқылы дроссельдеу
- сорғыны қабылдау резервуары толған кезде қосу, босаған кезде өшіру арқылы (сорғыны сатылы реттеу)
- сорғының арынды желісіндегі суды сорғыш желіге немесе қабылдау резервуарына жіберу арқылы (сорғының арынды және босату желілеріне ысырмалармен басқару).

Энергетикалық көрсеткіштерге сәйкес реттеудің соңғы тәсілі сорғының аз су берімінде Q_6 қарсықысымды H_n арынына H_6 тең дроссельдеуге ұқсайды, яғни $H_n = H_6$. Сондықтан реттеудің бұл түрі бөлек қарастырылмайды.

1.2 Дроссельдеуді сорғының айналу жиілігін өзгерту арқылы ауыстыру

1.2.1 Сорғы қондырғыларында энергияны үнемдеу.

Сорғылардың арын желілерін сужапқы және ысырма арқылы дроссельдеу кезінде сорғының электр желісі есебінен алынатын энергия кейін дроссельдеу кезінде жоғалады.

4 және 6 ұйғарымдарға сәйкес артық қысымда алған кезде сорғының қолданаты қуаты азаяды

$$\Delta N = \frac{\gamma Q \Delta H}{102 \eta} \quad (1.2)$$

мұнда Q - су берімі, м³/с;

ΔH - артық қысым, м су. баған.;

η - сорғы ПӘК;

$\gamma=1000$ кг/м³ - су тығыздығы.

Артық қысым 1 мен 2 ұйғарым бойынша сорғының номиналды айналу жиілігі ($n=n_{ном}$)

$$\Delta H = H_{\phi} - S_{\phi} Q^2 - H_n - S Q^2 = H_{\phi} - H_n - (S_{\phi} + S) Q^2 \quad (1.3)$$

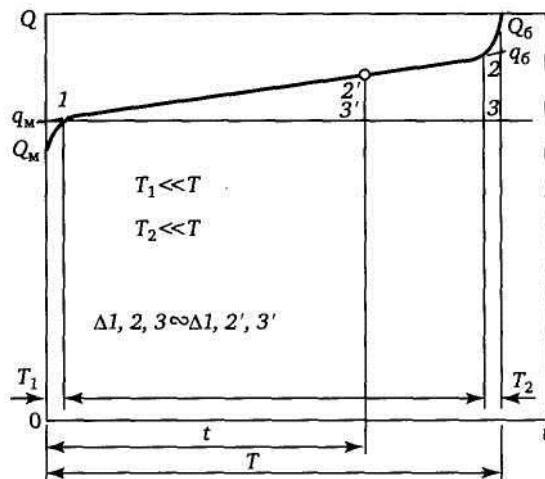
Белгілейміз $\Delta H_{\phi} = H_{\phi} - H_n$.

Сорғының және құбырдың гидравликалық кедергісінің қосындысын сорғыдағы су көтерілімінің фиктивті биіктігі және бұл қондырғыдағы ең үлкен су берімі арқылы өрнектейміз:

$$S_{\phi} + S = \frac{H_{\phi} - H_{\sigma}}{Q_{\sigma}^2} + \frac{H_{\sigma} - H_n}{Q_{\sigma}^2} = \frac{\Delta H_{\phi}}{Q_{\sigma}^2}$$

Ол кезде

$$\Delta H = \Delta H_{\phi} \left(1 - \frac{Q^2}{Q_{\sigma}^2} \right) \quad (1.4)$$



Сурет 1.2 – Сорғы қондырғысының су берімінің реттелген диаграммасы

3 ұйғарым негізінде сорғы су берімінің уақытқа тәуелділігін көрсетеміз. 1,2,3, және 1',2',3' (сурет 1.2) үшбұрыштарынан келесі мәнді аламыз:

$$\frac{Q - q_m}{t} = \frac{q_0 - q_m}{T}$$

Бұл қатынастан су берімін анықтаймыз:

$$Q = (q_0 - q_m) \frac{t}{T} + q_m, \quad (1.5)$$

$$a = \frac{q_0}{Q_0}; b = \frac{q_m}{Q_m}; \lambda = \frac{Q_m}{Q_0}$$

деп белгілеп келесі тәуелділікті аламыз

$$Q = Q_0 \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right] \quad (1.6)$$

Су берім мәнін (1.6)-дан (1.2) мен (1.4)-ке қойсақ, артық қысым мәнін (1.4)-тен (1.2)-ге қойсақ, келесі тәуелділікті аламыз:

$$\Delta N = \frac{\gamma Q_0 \Delta H_\phi}{102\eta} \left\{ \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right] - \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right]^3 \right\} \quad (1.7)$$

Кейбір алгебралық өзгертулерді орындап келесі өрнекті аламыз:

$$\Delta N = \frac{\gamma Q_0 \Delta H_\phi}{102\eta} \left[b\lambda(1 - b^2\lambda^2) + (a - b\lambda)(1 - 3b^2\lambda^2) \frac{t}{T} - 3(a - b\lambda)^2 b\lambda \frac{t}{T^2} - (a - b\lambda)^3 \frac{t}{T^3} \right] \quad (1.8)$$

Алынған өрнектің оң және сол жағын dt көбейткеннен соң 0 мен T аралығында интегралдаймыз.

Шыққан теңдік егер сорғы артық қысыммен жұмыс істесе T уақытындағы энергия шығынын анықтайды, керісінше, артық қысымсыз жұмыс істесе T уақытындағы шығын азаяды:

$$W_{\text{эк}} = \int_0^T \Delta N dt = \frac{\gamma Q_0 \Delta H_\phi}{102\eta} T - \frac{1}{4} \{ (a + b\lambda) [2 - (a^2 + b^2\lambda^2)] \} \quad (1.9)$$

Түрлендірулерден кейін:

$$W_{\text{эк}} = \frac{\gamma Q_{\sigma} \Delta H_{\phi}}{102\eta} T \frac{H_n}{H_{\sigma}} \left(\frac{1}{\frac{H_n}{H_{\phi}}} - 1 \right) \frac{1}{4} \{ (a + b\lambda) [2 - (a^2 + b^2 \lambda^2)] \} \quad (1.10)$$

немесе

$$W_{\text{эк}} = N_{\sigma} T \left\{ H_n^* \left(\frac{H_{\phi}^*}{H_n^* - 1} \right) \frac{1}{4} (a + b\lambda) [2 - (a^2 + b^2 \lambda^2)] \right\} \quad (1.11)$$

мұнда N_{σ} - сорғының ең үлкен су берімінде Q_{σ} қолданатын қуат;

H_{ϕ} - су көтерілімнің салыстырмалы фиктивті биіктігі.

(1.11) теңдігіндегі өрнек жақшаны $w_{\text{эк}}^*$ арқылы белгілесек келесі мәнді аламыз:

$$W_{\text{эк}} = N_{\sigma} T w_{\text{эк}}^* \quad (1.12)$$

мұнда $w_{\text{эк}}^*$ – энергия үнемдеудің салыстырмалы параметрлер арқылы анықталатын λ , H_n^* , H_{ϕ}^* , a , b салыстырмалы мәні.

(1.11) и (1.12) теңдіктерін сорғы тұрақты жиілікпен айналып, яғни артық қысым тудырғанда энергия шығынын анықтауға қолданады.

1.2.2. РЭЖ энергия шығыны

Сорғының айналу жиілігінің өзгеруі негізіне РЭЖ қолдану арқылы жүзеге асырылады. Барлық реттелетін электжетектері энергетикалық көзқарас бойынша басты үш түрге бөлінеді:

- Сырғуда болатын энергия шығынымен істейтін. Оларға электрқозғалтқыш роторының тізбегінде реостаты бар жетектер;

- Сырғу энергиясын қалпына келтіретін жетектер. Оларға: каскадтар, электрлік, электромеханикалық, асинхронды-вентильдік және т.б жатады;

- Сырғу энергия шығынысыз істейтін жетектер. Оларға жиілік реттегіш жетектер, вентильді қозғалтқыш жүйесіндегі жетектер, көпжылдамдықты электрқозғалтқыштар жатады.

Сырғу энергия шығынымен жұмыс істейтін жетектердегі энергия шығыны негізінен сырғу шығынымен $W_{\text{ск}}$ анықталады. Басқа шығындар (желдетуге кететін, мойынтіректегі үйкеліс, және т.с.с.) қорытынды шығындардың небәрі 1- 3% құрайды, сондықтан оларды шамалап аламыз.

$$W_{\text{ном}} = W_{\text{ск}} + (0,01 \div 0,03) W_{\text{ном}}, \quad (1.13)$$

$$W_{\text{ном}} \approx 1,02 W_{\text{ск}} \quad (1.14)$$

Реттелетін электржетектегі сырғу энергиясы шығындары. Егер сорғы қондырғысы сырғу энергия шығыны арқылы жұмыс істейтін реттелетін жетек пайдаланатын болса, мысалы ЭМС немесе ГМС шығындарыды бағалауға қажеттілік туылады. Осындай қажеттілік сырғу энергиясын электр желісінде қалыптастыратын, мысалы АВК сұлбасындағы жетектерде, реттелетін жетек жұмыс режимін талдауда туындалады. Сырғу қуаты келесі формуламен анықталады:

$$P_{ск} = sP_1 \quad (1.15)$$

мұнда P_1 - муфтаның кіріс білігіндегі қуат;
 s - муфтаның сырғуы, келесі теңдікпен табылады

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (1.16)$$

n_1 - электрқозғалтқыштың айналу жиілігі (муфтаның кіріс білігінде);
 n_2 - сорғының айналу жиілігі (муфтаның кіріс білігінде).
 5 ұйғарым негізінде жазамыз:

$$P_1 = N + P_{ск} \quad (1.17)$$

мұнда N - сорғы қолданатын қуат.
 (1.15) мәніне (1.17) P_1 мәнін қойып, ал (1.16) s мәнін келесі теңдіктен аламыз:

$$P_{ск} = (N + P_{ск}) \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (1.18)$$

Соңғы теңдіктен сырғудың қуатын аламыз, $n_1 = n_{ном}$, а $n_2 = n$ тең деп болжаймыз да келесі теңдікті аламыз

$$P_{ск} = \left(\frac{n_{ном}}{n} - 1 \right) N \quad (1.19)$$

мұнда $n_{ном}$ - сорғының номиналды айналу жиілігі;
 n - сорғының айнымалы айналу жиілігі.

Сорғының айналу жиідігін оның су берімі арқылы анықтаймыз. Из допущения 7 ұйғарымнан сорғының алатын қысымыследует H_n жүйе талап ететін қысымына тең H_c , яғни, $H_n = H_c$.

Бұл жағдайда:

$$H_\phi = \frac{n^2}{n_{ном}^2} - S_\phi Q^2 = H_n + SQ^2 \quad (1.20)$$

$S+S_{\phi}=(H_{\phi}-H_n)/Q_{\phi}^2$, ескерсек, келесі өрнекті аламыз:

$$n = n_{\text{ю.м}} \sqrt{\frac{H_n}{H_{\phi}} - \left(1 - \frac{H_n}{H_{\phi}}\right) \frac{Q^2}{Q_{\phi}^2}} \quad (1.21)$$

Сорғының керек ететін қуатын оның су беремі арқылы өрнектейміз. Бұған сорғының қолданатын қуат өрнегінде $N=\gamma QH/(102\eta)$ H орнына құбыр сипаттама теңдеуіндегі H_c мәнін қоямыз. $S=(H_{\phi}-H_n)/Q_{\phi}^2$, ескерсек келесі мәнді аламыз:

$$N = \frac{\gamma Q}{102\eta} \left[H_n + (H_{\phi} - H_n) \frac{Q^2}{Q_{\phi}^2} \right] \quad (1.22)$$

(1.19) орнына (1.21) айналу жиілігінің мәнін қойып, а значение мощности из (1.22) қуат мәнінің орнына (1.6) су берімінің мәнін қойсақ, келесі тәуелділікті аламыз:

$$P_{ck} = \frac{\gamma Q H_{\phi}}{102\eta} \frac{1 - H_n/H_{\phi}}{\sqrt{1 - H_n/H_{\phi}}} \left\{ \frac{H_n}{H_{\phi}} \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right] + \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right]^3 \right\} \times$$

$$\times \left\{ \frac{1}{\sqrt{\frac{H_n/H_{\phi}}{1 - H_n/H_{\phi}} + \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right]^2}} - \sqrt{1 - \frac{H_n}{H_{\phi}}} \right\} \quad (1.23)$$

(1.23) теңдігінде оң және сол жағын dt -ға көбейтіп, екі жағын 0 мен T аралығында интегралдар, келесі теңдікті аламыз:

$$W_{ck} = \int_0^1 P_{ck} dt = \frac{\gamma Q \Delta H_{\phi}}{102\eta} T \frac{1 - H_n/H_{\phi}}{3(a - b\lambda) \sqrt{1 - H_n/H_{\phi}}} \left[\left(3 \frac{H_n/H_{\phi}}{1 - H_n/H_{\phi}} - 2 \frac{H_n/H_{\phi}}{1 - H_n/H_{\phi}} + a^2 \right) \right] \times$$

$$\begin{aligned} & \times \sqrt{a^2 + \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi} - \left(3 \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi} - 2 \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi} + b\lambda^2 \right)} \sqrt{b^2\lambda^2 + \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi} - \frac{3}{4}(a^2 - b^2\lambda^2)} \times \\ & \times \sqrt{1 - \frac{H_n}{H_\phi} \left(a^2 + b^2\lambda^2 + 2 \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi} \right)} \end{aligned} \quad (1.24)$$

Соңғы теңдіктің көмегімен T уақытында жетектегі сырғу шығынын қайтаратын электроэнергия мөлшерін анықтауға болады. (1.11) теңдігіне сәйкес N_ϕ, H_n^*, H_ϕ^* мәндерін қойып келесі теңдікті аламыз:

$$\begin{aligned} W_{ck} = N_\phi T & \left\{ \frac{1 - H_n^*}{3(a - b\lambda) \sqrt{1 - H_n^*/H_\phi^*}} \left[3 \frac{H_n^*/H_\phi^*}{1 - H_n^*} - 2 \frac{H_n^*/H_\phi^*}{1 - H_n^*/H_\phi^*} \right] \times \right. \\ & \times a^2 \sqrt{a^2 + \frac{H_n^*/H_\phi^*}{1 - H_n^*/H_\phi^*} - \left(3 \frac{H_n^*/H_\phi^*}{1 - H_n^*} - 2 \frac{H_n^*/H_\phi^*}{1 - H_n^*/H_\phi^*} + b^2\lambda^2 \right)} \times \\ & \left. \times \sqrt{b^2\lambda^2 + \frac{H_n^*/H_\phi^*}{1 - H_n^*/H_\phi^*} - \frac{3}{4}(a^2 - b^2\lambda^2)} \sqrt{1 - \frac{H_n^*}{H_\phi^*} \left(a^2 + b^2\lambda^2 + 2 \frac{H_n^*}{1 - H_n^*} \right)} \right\} \end{aligned} \quad (1.25)$$

(1.25)-тегі өрнектелген жақшаны w_{ck}^* арқылы жазып, келесі мәнді аламыз:

$$W_{ck} = N_\phi T w_{ck}^*, \quad (1.26)$$

мұнда w_{ck}^* - сырғу шығынының салыстырмалы мәні, $\lambda, H_n^*, H_\phi^*, a, b$ параметрлеріне тәуелді.

Сырғу энергиясын қайтаратын жетектердегі энергия шығыны сырғуға тәуелді.

Сырғуға тәуелді каскадты сұлбалардағы энергия шығыны:

$$W_{номек} = W_{ck} (1 - \eta_k) \quad (1.27)$$

мұнда η_k - каскадты түрлендіру сұлбасының ПӘКі.

Каскады сұлбалардың қолданылуы жетектегі тұрақты шығындарды арттырады, ал ол, өз кезегінде, қолданылатын қуаттың шамамен 3% құрайды. Сондықтан:

$$W_{nom} = W_{ck} (1 - \eta_k) + 0,03 \cdot 1,05 N_\sigma T \quad (1.28)$$

$\eta_k \approx 0,9 \div 0,95$, $w_{эк}^* \approx (0,27 \div 0,32) w_{эк}^*$ ескерсек, ал $w_{эк}^*$ 0 мен 0,4 аралығында өзгерсе, $W_{пот} \approx (0,025 \div 0,05) W_{эк}$ деп санауға болады.

Сырғу энергия шығынысыз жұмыс істейтін жетектердегі энергия шығыны. Жиілікті түрлендіргіш құрылғыларындағы қосымша шығындар электрқозғалтқыштың ПӘК түрленген токтың синусойда болмауы себебінен $\eta_{эд}$ азаюымен туындаған.

$$W_{nom} = N_\sigma T (1 - \eta_{np}) + N_\sigma T \left(\frac{1}{0,97 \eta_{эд}} - \frac{1}{\eta_{эд}} \right) = N_\sigma T \left[(1 - \eta_{эд}) + \frac{0,03}{\eta_{эд}} \right] \quad (1.29)$$

мұнда η_{np} - түрлендіргіш ПӘКі.

$$\eta_{np} = 0,8 \div 0,92 \text{ ескерсек}$$

$$W_{nom} = (0,02 \div 0,03) N_\sigma T \quad (1.30)$$

немесе

$$W_{nom} = \zeta N_\sigma T \quad (1.30a)$$

мұнда $\zeta = 0,02 \div 0,03$ - РЭЖ қосымша шығындарды ескеретін коэффициент.

1.2.3 Энергия үнемделуін нәтижелееу (РЭЖ шығынымен бірге)

$W_{эк}$ мен $W_{пот}$ біле отырып, энергия үнемделуін нәтижелееуге болады. Ол үшін $W_{эк}$ мен $W_{пот}$ мәндерін (1.1) теңдеуіне қоямыз.

Сырғу энергия шығынымен жұмыс істейтін жетектер. Подставив в (1.1) мәніне (1.10)-дағы $W_{эк}$ мәнін қойсақ және (1.24)-тегі W_{ck} мәнін қойып 5 ұйғарымды назарға ала отырып ($W_{эк} = W_{ck}$), және (1.27) мәнін ескере отырып $N_\sigma = \gamma Q_\sigma H_\sigma / (102\eta)$, алсақ электр энергиясын үнемдеу тендігін анықтаймыз.

$$W_{рез} = (0,97 \div 0,99) N_\sigma T \left\{ \frac{H_n}{H_\sigma} \left(\frac{1}{H_n/H_\phi} - 1 \right) \frac{1}{4} (a + b\lambda) (2 - a^2 - b^2 \lambda^2) - \frac{1 - H_n/H_\sigma}{3(a - b\lambda) \sqrt{1 - H_n/H_\phi}} \right\} \times$$

$$\times \left[\left(3 \frac{H_n/H_\sigma}{1 - H_n/H_\sigma} - 2 \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi} + b^2 \lambda^2 \right) \sqrt{b^2 \lambda^2 + \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi}} - \frac{3}{4} (a^2 - b^2 \lambda^2) \sqrt{1 - \frac{H_n}{H_\phi}} \right] \times$$

$$\times \left(a^2 + b^2 \lambda^2 + 2 \right) \frac{H_n/H_\sigma}{1 - H_n/H_\sigma} \left. \right\} \quad (1.31)$$

Жоғарыда алынған H_n^* , H_ϕ^* мәндерін енгізу арқылы келесі теңдікке келеміз:

$$\begin{aligned}
 W_{рез} = & (0,98)N_\varepsilon T \left\{ \left[H_n^* \left(\frac{H_\phi^*}{H_n^*} - 1 \right) \frac{1}{4} (a + b\lambda)(2 - a^2 - b^2\lambda^2) \right] - \frac{1 - H_n^*}{3(a - b\lambda)\sqrt{1 - H_n^*/H_\phi^*}} \times \right. \\
 & \times \left[\left(3 \frac{H_n^*}{1 - H_n^*} - 2 \frac{H_n^*/H_\phi^*}{1 - H_n^*/H_\phi^*} + a^2 \right) \sqrt{a^2 + \frac{H_n^*/H_\phi^*}{1 - H_n^*/H_\phi^*}} - \left(3 \frac{H_n^*}{1 - H_n^*} - 2 \frac{H_n^*/H_\phi^*}{1 - H_n^*/H_\phi^*} + b^2\lambda^2 \right) \times \right. \\
 & \left. \left. \times \sqrt{1 - \frac{H_n^*}{H_\phi^*} \left(a^2 + b^2\lambda^2 + 2 \frac{H_n^*}{1 - H_n^*} \right)} \right] \right\} \quad (1.32)
 \end{aligned}$$

(1.32) өрнек жақшаны $w_{рез}^*$ алсақ, келесі теңдікті аламыз:

$$W_{рез} = 0,98N_\varepsilon T w_{рез}^* \quad (1.33)$$

мұнда $w_{рез}^*$ - сырғу энергия шығынымен жұмыс істейтін жетектің нәтижелелеуші энергия үнемдеуінің салыстырмалы мәні. $w_{рез}^*$ мәні λ , H_n^* , H_ϕ^* , a , b параметрлеріне тәуелді.

Реттеу тереңдігінің аз шамаларында ($\lambda=0,8 \div 0,9$), сонымен бірге сумен жабдықтаудың үлкен жүйелерінде a және b мәндерін бірге тең деп қабылдайды. Егер $a=1$ және $b=1$, (1.31) теңдігі біраз ықшамдалады:

$$\begin{aligned}
 W_{рез} = & (0,97 \div 0,99)N_\varepsilon T \left\{ \left[\frac{H_n}{H_\varepsilon} \left(\frac{1}{H_n/H_\phi} - 1 \right) \frac{1}{4} (a + \lambda)^2 (a - \lambda) \right] - \frac{1 - H_n/H_\varepsilon}{3(a - b\lambda)\sqrt{1 - H_n/H_\phi}} \times \right. \\
 & \times \left[\left(3 \frac{H_n/H_\varepsilon}{1 - H_n/H_\varepsilon} - 2 \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi} + 1 \right) \sqrt{1 + \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi}} - \left(3 \frac{H_n/H_\varepsilon}{1 - H_n/H_\varepsilon} - 2 \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi} + \lambda^2 \right) \right. \\
 & \left. \left. \times \left(3 \frac{H_n/H_\varepsilon}{1 - H_n/H_\varepsilon} - 2 \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi} + b^2\lambda^2 \right) \sqrt{\lambda^2 + \frac{H_n/H_\phi}{1 - H_n/H_\phi}} - \frac{3}{4} (1 - \lambda^2) \sqrt{1 - \frac{H_n}{H_\varepsilon} \left(1 + \lambda^2 + 2 \frac{H_n/H_\varepsilon}{1 - H_n/H_\varepsilon} \right)} \right] \right\} \quad (1.34)
 \end{aligned}$$

H_n^* , H_ϕ^* енгізу арқылы, (1.34) теңдігін өрнектейміз:

$$\begin{aligned}
W_{рез} = & (0,97 \div 0,99)N_{\sigma}T \left\{ \left[H_n^* \left(\frac{H_{\phi}^*}{H_n^*} - 1 \right) \frac{1}{4} (1 + \lambda)^2 (1 - \lambda) \right] - \frac{1 - H_n^*}{3(1 - \lambda) \sqrt{1 - H_n^*/H_{\phi}^*}} \times \right. \\
& \times \left[\left(3 \frac{H_{\phi}^*}{1 - H_n^*} - 2 \frac{H_n^*/H_{\phi}^*}{1 - H_n^*/H_{\phi}^*} + 1 \right) \sqrt{1 + \frac{H_n^*/H_{\phi}^*}{1 - H_n^*/H_{\phi}^*}} - \left(3 \frac{H_{\phi}^*}{1 - H_n^*} - 2 \frac{H_n^*/H_{\phi}^*}{1 - H_n^*/H_{\phi}^*} + \lambda^2 \right) \right. \\
& \left. \left. \times \sqrt{\lambda^2 + \frac{H_n^*/H_{\phi}^*}{1 - H_n^*/H_{\phi}^*}} - \frac{3}{4} (1 - \lambda^2) \sqrt{1 - \frac{H_n^*}{H_{\phi}^*} \left(1 + \lambda^2 + 2 \frac{H_n^*}{1 - H_n^*} \right)} \right] \right\} \quad (1.35)
\end{aligned}$$

(1.35) теңдігін (1.33) теңдігі сияқты ықшамдауға болады.

Қайтарылатын сырғу энергия жетектері. Сырғу энергиясын қайтаратын жетектер үшін (АВК сұлбадағы және басқа каскадты жетектер) нәтижелетуші энергия үнемделуі келесі формуламен есептеледі:

$$W_{рез} = W_{эк} - \zeta W_{ск} = (1 - \zeta) W_{эк} \quad (1.36)$$

мұнда $\zeta = 0,02 \div 0,05$ - төмендетуші коэффициент.

Сырғу энергия шығыны болмайтын жетектер. Статорлық тізбек түрлендіргіші арқылы реттелетін жетектер үшін (жиіліктік, вентильді қозғалтқыш жүйесі бойынша және т.б.).

$$W_{рез} = W_{эк} - N_{\sigma} T (1 + \zeta - \eta_{пр}) \quad (1.37)$$

мұнда $\eta_{пр}$ - түрлендіргіш ПӘКі;

$\zeta = 0,02 \div 0,05$ - жетектегі қосымша шығынды ескеретін коэффициент.

Көпжылдамдықты қозғалтқыш жетектерінде қосымша шығындар болады, сондықтан олардың ПӘКі біржылдамдықты қозғалтқыш жетектеріне қарағанда 2-3% аз:

$$W_{рез} = (0,97 \div 0,98) W_{эк} \quad (1.38)$$

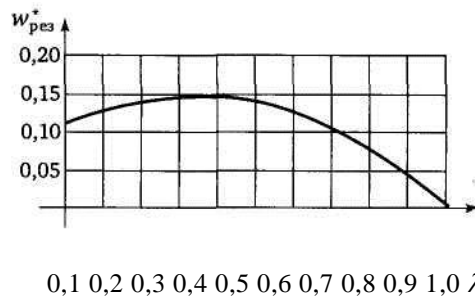
Жоғарыда көрсетілген теңдеулер графикте бейнеленген. 1.3 суретте энергияның қорытынды салыстырмалы үнемдеуін таныстырылған тәуелділік $W_{рез}^*$ λ -дан при $a = 0,9$; $b = 1,1$; $H_n/H_{\sigma} = 0,5$; $H_n/H_{\phi} = 0,4$.

Ұқсас тәуелділіктер сорғы қондырғысының технологиялы режимін сипаттайтын түрлі параметрлерге құрыла алады.

$W_{рез}^* = f(\lambda)$ тәуелділігін қолданып T уақытындағы қорытынды энергия үнемделуін анықтауға болады.

Мысалы. Ең үлкен су беріміндегі Q_6 , сорғының қолданатын қуаты 1000 кВт болғандағы жылдық энергия үнемделуін анықтау керек. Сорғы қондырғысының жұмыс режимін сипаттайтын параметрлер: $a = 0,9$; $b = 1,1$;

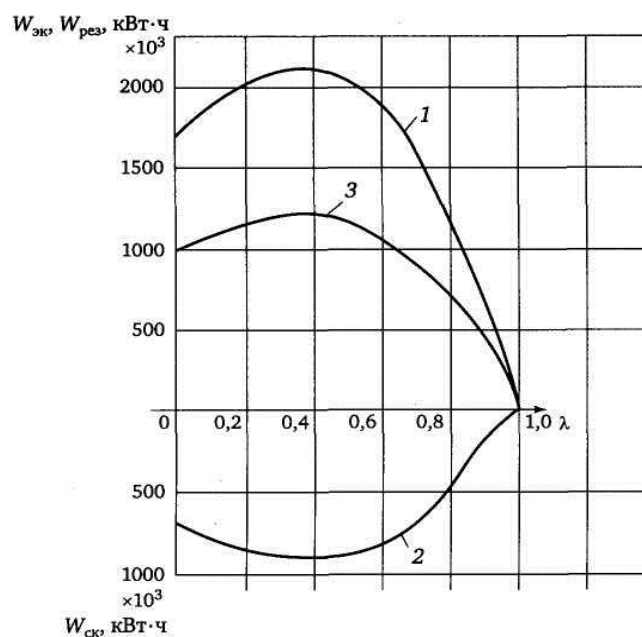
$H_n/H_{\sigma} = 0,5$; $H_n/H_{\phi} = 0,4$; $\lambda = 0,7$. 1.3 суретте көрсетілген тәуелділікті қолдана отырып, $w_{рез}^* = 0,1$ анықтаймыз.



1.3 сурет– Нәтижелуші салыстырмалы энергия үнемделуінің өзгеріс графигі.

$w_{рез}^*$ салыстырмалы минималды су берім мәнінен $a = 0,9$; $b = 1,1$ кезінде λ ;

$$H_n/H_{\sigma} = 0,5; H_n/H_{\phi} = 0,4$$



$W_{эк}$ (1 қисық), сырғу энергия шығыны $W_{ск}$ (2 қисық) нәтижелуші энергия үнемделуі $W_{рез}$ (3 қисық) салыстырмалы минималды су берімінен $a = 0,9$; $b = 1,1$ кезіндегі λ ;

4.1 сурет– Үнемделген энергияның тәуелділігі

$$w_{рез}^* = 0,98 \cdot 1000 \cdot 8760 \cdot 0,1 = 860000 \text{ кВт*сағ,}$$

мұнда 8760- техникалық жылдың ұзақтығы, сағ.

Жоғарыда келтірілген теңдеулерді қолдана отырып λ және $H_{п}^* = H_{п}/H_6$ үшін $W_{эк}$, $W_{ск}$, $W_{рез}$ бөлек мәндерін анықтауға және сәйкесінше сорғы қондырғысындағы энергия үнемделуінің тәуелділік графигін тұрғызуға болады. (сурет 1.4): сорғы қондырғысындағы энергия үнемделуі (1 қисық), жетектегі энергия шығыны (2 қисық) және нәтижелеші энергия үнемделуі (3 қисық).

Бірінші бөлім бойынша қорытынды

Автоматтандырылған басқару жүйесінің режиміндегі ортадан тепкіш сорғыларда реттелетін жетектің болуы құбыр-кәріз жүйелеріндегі артық қысымның алынуы себебінен энергия шығынын азайтады.

Жоғарыда келтірілген ұйғарымдарға сәйкес жұмыс режимі судың пайдалануы аз кезінде жүйедегі артық қысымның алынуын қамтамасыз етеді. Жұмыстың экономикалық режимі АБЖ арқылы іске асырылады. Егер су-құбыр станциясындағы АБЖ қандай да бір себептермен су-құбыр жүйесіндегі белгіленген нүктедегі қысымды тұрақтандырмай, сорғы коллекторындағы қысымды тұрақтандырса, онда ол түгелімен емес, жартылай алынады.

Көптеген математикалық түрлендіруден кейін сорғының айналу жиілігін РЭЖ арқылы ауытырғанда болатын энергия шығынын анықтауға болатын теңдеулер алынды.

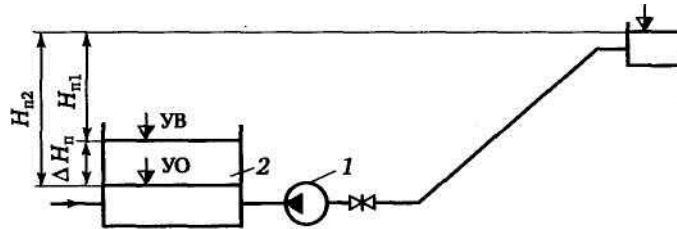
2 Сатылы реттеуді сорғының жиілігін РЭЖ көмегімен реттеуге алмасытру арқылы энергия үнемдеу

2.1 Сорғының сатылы реттеу жұмыс режимінің ерекшелектері

Көптеген сорғы қондырғыларында динамикалық өзгерістер емес, арынның статикалық құрылымдары орын алады. Ол сорғы қондырғысының қабылдау немесе арында резервуарындағы деңгейдің тербелуі есебінен болып, сонымен бірге сорғы станциясының су алатын тоғанындағы су деңгейінің өзгеруінен болады.

Сатылы жұмыс режимі су бөлу жүйесіндегі сорғы қондырғыларына тән (кәріз, дренажа және т.б). Бұл қондырғылар әдетте циклді түрде жұмыс істейді. Резервуар толғанда сорғылар қосылады да, босағанда сөнеді. Бұндай қондырғының сұлбасы 2.1 суретінде ұсынылған, ал графигі, сорғының, құбырдың және резервуардың бірлескен жұмысы 2.2 суретінде. Циклді жұмыс режимі кезінде сорғыны қосқандағы статикалық арын $H_{п1}$ -ге тең, ал сөндіргендегі, тиісінше, $H_{п2}$ -ге тең. Арынның статикалық өзгерісі қосу деңгейі (ҚД) мен сөндіру деңгейі (СД) бағанасының айырмашылығы арқылы анықталады.

Осыған байланысты құбыр сипаттамасы босатудың бастапқы кезінде 1 жағдайда, ал соңында 2-інші жағдайда. Соған қарамастан тұрақты айналыммен жұмыс істейтін сорғының жұмыс нүктесі сорғының арындық сипаттамасы бойынша а нүктесінен б нүктесіне жылжиды, яғни, сорғы H_a -дан H_b -на айнымалы арынмен жұмыс істейді.



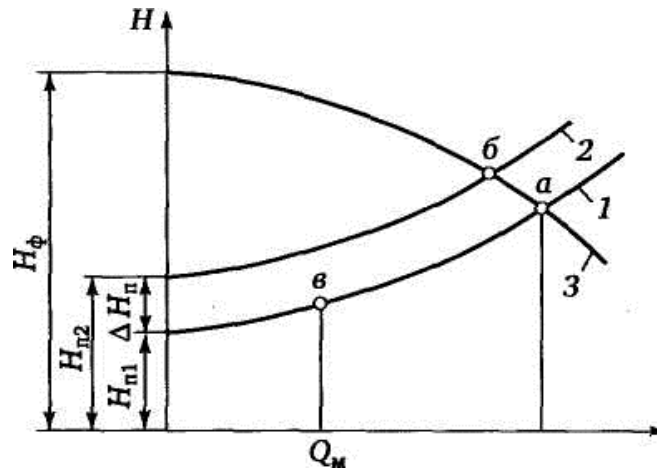
1- сорғы; 2- қабылдау резервуары

2.1 сурет – Айнымалы статикалық арынды сорғы қондырғысының сұлбасы

Бұндай жұмыс режимі сорғы қондырғысының көп рет қосылып-сөндірілуіне байланысты (тәулігіне 30-40 қосылып-сөну, кей жағдайларда тәулігіне 100 қосылып-сөну). Ол өз кезегінде, арынды құбырларда гидравликалық соққылардың пайда болуына, кері клапандардың және электротехникалық іске қосқыш құрылғылардың (контактор, магнитті іске қосқыш) зақымдануына себеп болады.

Резервуарға түсетін сұйықтықтың бәрін сорып алғанда, резервуардағы деңгей берілген жағдайда тұрақтанады, мысалы ҚД жоғарғы бағанасында.

Сұйықтықтың жоғары деңгейден төменгі деңгейге айдалуы, төменнен жоғарыға айдағаннан қарағанда аз энергияны талап етеді. Осыған орай сорғы қондырғы жұмысының үнемді режимі туылады. Мұндай режим сорғының айналу жиілігі өзгертуі арқылы қамтамасызданады. РЭЖ қолданғанда сорғының жұмыс нүктесі құбыр сипаттамасы бойынша а нүктесінен в нүктесіне ауысады (2.2 сурет), яғни, сорғы H_a -дан H_b -ге дейінгі айнымалы арынмен жұмыс істейді. Мұндай жұмыс режимінде сорғының жетілдіретін арыны алдыңғыға қарағанда аз болады. Демек, есептік периодта (мысалы, жыл) бір көлемдегі сұйықтыққа аударылуға кететін электроэнергия шығыны, циклдік режим жұмысына қарағанда, резервуардың жоғары ҚД белгісіндегі тұрақты деңгей кезінде, аз болады.



1- жоғарғы деңгейдегі құбырдың; 2- төменгі деңгейдегі құбыр сипаттамасы; 3 - сорғы сипаттамасы

2.2 сурет – Айнымалы статикалық арынды сорғының, құбырдың және резервуардың бірлескен жұмысының сипаттамасы

Сол әдістерді қолдану арқылы сорғыны дроссельдеу кезіндегі энергия шығынын анықтайтын теңдеулер шығарылған, сонымен қатар артық статикалық қысым кезіндегі шығынды анықтау шығарылған (немесе артық қысымсыз сорғы жұмысындағы энергияның үнемделуі). КСС немесе сол сияқты нысандарының қабылдау резервуарларындағы су ағымының сатылы реттелуі өзінің мәні бойынша сорғының жұмыс уақытын өзгерту арқылы реттеу болып саналады.

Практикада реттелу қабылдау резервуарындағы ағын сұйықтықтың шектік деңгейге жеткенде сорғы қондырғысының қосылып сөнуі арқылы автоматты түрде орындалады. Ағынды сұйықтық көп болған сайын сорғы жиі қосылады, сондықтан жұмыс уақыты t_p ұзағырақ. Сұйықтықтың келуі аз болған сайын қосылу сирек болады, сондықтан қосылу сирегірек болады және үзілістің ұзақтығы t_0 сирек.

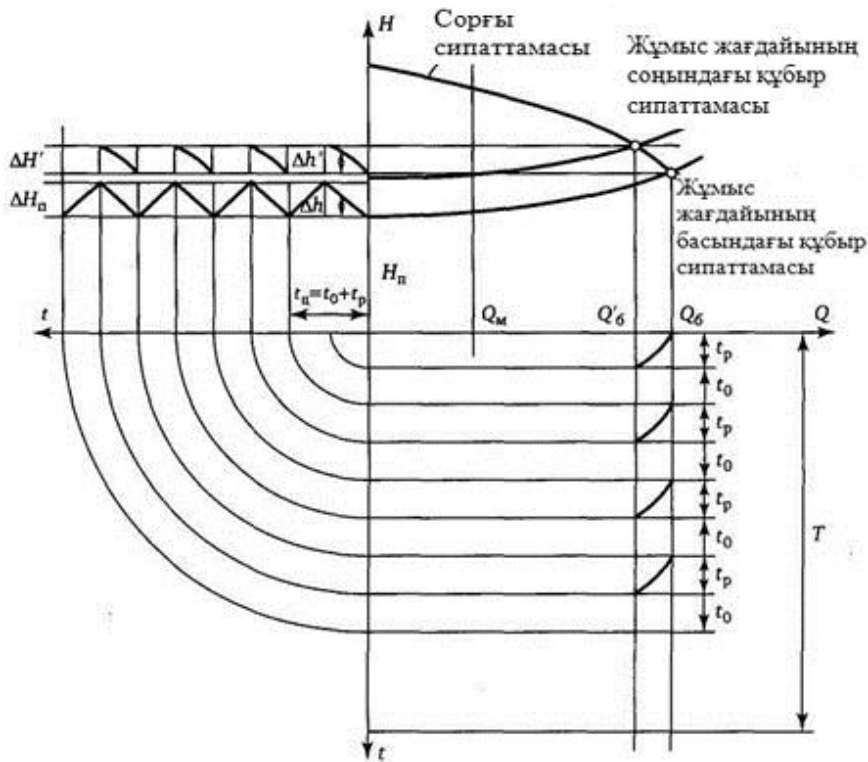
Резервуардағы деңгей өзгергенде құбырдағы сипаттама (сурет 2.3) өзінің орнын ауыстырады. Жоғары деңгейге жеткен кезде, яғни, жұмыс периодының басында құбырдың сипаттамасы төменгі орынды алады. Резервуардан сұйықтықты сорып алған сайын қарсықысым (статикалық биіктік) ұлғаяды және сорғының төменгі деңгей датчигімен сөну мезетінде құбырдың сипаттамасы жоғарғы орынды алады. Сорғыны сөндірген уақытта үзіліс орнайды және үзіліс кезінде ағынды сұйықтық резервуарды қайтадан толтырады. Содан кейін цикл қайта қайталанады. Осылайша цикл ұзақтығы

$$t_u = t_p + t_0 \quad (2.1)$$

мұнда t_p - сорғы қондырғысының жұмыс уақыты;
 t_0 - үзіліс уақыты.

Есептік периодтағы циклдер саны:

$$i_u = T/t_u \quad (2.2)$$



$\Delta H_{\text{п}}$ - резервуардағы ағынды сұйықтық деңгейінің бастапқы және соңғы жұмыс периодындағы айырмашылығы ; $\Delta H'$ - сорғының циклдің басында және соңында жетілдіретін қысым айырмашылығы

2.3 сурет – Сорғы мен құбырдың сатылы реттеу кезіндегі бірлескен жұмыс сипаттамасы

Қондырғының T есептік периодындағы қорытынды жұмыс уақыты T_p

$$T_p = t_u t_p \quad (2.3)$$

T есептік периодындағы үзілістің қорытынды ұзақтығы T_0

$$T_0 = t_u t_0 \quad (2.4)$$

2.3 суретте сорғы мен құбырдың бірлескен жұмысының графигі ұсынылған (бірінші квадрат), циклдік режимде жұмыс істейтін сорғының уақытқа тәуелділігі $Q=f(t)$ (екінші шаршы), статикалық қарсықысымның жұмыс жасау уақытына $H_{\text{п}}=f(t)$ тәуелділігі көрсетілген (төртінші шаршы).

Сорғының сатылы реттелуін айналу жиілігін өзгерту арқылы алмастыру кезіндегі энергияның үнемделуін ΔW , жұмыс уақытын реттеу кезіндегі сорғының қолданатын қуат энергиясы W_t мен жұмыстық доңғалақтың айналу

жиілігін реттеу кезіндегі сорғының қолданатын қуат арасындағы айырмашылықты айтады:

$$\Delta W = W_t - W_n \quad (2.5)$$

2.2 Сатылы реттеу кезіндегі сорғының тұтынатын энергиясы

$\Delta H'$ -ның ΔH_n -дан тәуелділігін анықтайық. Ол үшін $n = n_{\text{ном}}$ кезіндегі сорғы сипаттамасының теңдеуін шешеміз:

$$H_n = H_\phi - S_\phi Q^2 \quad (2.6)$$

Жұмыс периодының соңына сәйкес келетін сужүргі сипаттамасының теңдеуі:

$$H_c = H_n + S Q^2 \quad (2.7)$$

(2.7) ден (2.6) шегеріп, келесі анықталады:

$$H_n - H_c = \Delta H_\phi - (S_\phi + S) Q^2 \quad (2.8)$$

мұнда $\Delta H_\phi = H_\phi - H_n$ - су көтерілудің фиктивті биіктігі мен қарсықысым айырмашылығы.

$S_\phi + S = \Delta H_\phi / Q_\phi^2$ болғандықтан, жұмыс периодының соңында (Q'_ϕ кезінде) $H_n - H_c = \Delta H_n$ (сурет 2.3), кей түрлендірулерден кейін келесі тәуелділікті аламыз:

$$Q'_\phi = Q_\phi \sqrt{1 - \frac{\Delta H_n}{\Delta H_\phi}} \quad (2.9)$$

мұнда Q_ϕ - жұмыс периодының басындағы қондырғының максималды су берімі;

Q'_ϕ - жұмыс периодының соңында;

Q'_ϕ мәнін (2.7)-ге қойып және келесі түрлендірулерге жол берсек, келесі өрнекті:

$$\Delta H' = H'_\phi - H_\phi = \frac{H_\phi - 1}{\Delta H_\phi^*} \quad (2.10)$$

мұнда $H'_\phi = H_\phi / H_\phi$; $\Delta H'_\phi = \Delta H_\phi / H_\phi$.

Тұтынылатын қуаттың уақыттан тәуелділігін орнатайық (сорғының тұрақты айналу жиілігімен жұмыс істеген кезінде).

Резервуардағы сорылып алынған ағынды сұйықтық деңгейінің өзгеруі сорғының жұмыс уақытына пропорционалды деп есептейміз. Осы ұйғарымды негізге ала отырып келесі байланысты жазамыз:

$$\Delta h / \Delta H = t / t_p \quad (2.11)$$

(2.11) тәуелділігін ескере отырып

$$\Delta h' = \Delta H_n \frac{H_\phi - H_\sigma t}{\Delta H_\phi t_p} \quad (2.12)$$

мұнда $\Delta h'$ - резервуардағы ағынды сұйықтықтың деңгейі өзгерген кездегі сорғы қысымының өзгерісі (қазіргі ордината).

Сондықтан, сорғының жетілдіретін қысымның тәуелділігі келесідей:

$$H = H_\sigma + \Delta h' = H_\sigma + \Delta H_n \frac{H_\phi - H_\sigma t}{\Delta H_\phi t_p} \quad (2.13)$$

(2.6) теңдігін қолданып, S_ϕ мәнін H_ϕ , H_σ , Q_σ арқылы жазайық:

$$S_\phi = \frac{H_\phi - H_\sigma}{Q_\sigma^2} \quad (2.14)$$

Сол кезде (2.9) бен (2.14) ескере отырып суберімнің уақыттан тәуелділігін аламыз:

$$Q = Q_\sigma \sqrt{1 - \frac{\Delta H_n t}{\Delta H_\phi t_p}} \quad (2.15)$$

$Q=f(t)$ и $H=f(t)$ тәуелділіктерін сорғының тұтынатын қуат теңдеуіне қойсақ, қуаттың уақытқа тәуелділігін аламыз

$$N = \frac{9,81}{\eta} QH = \frac{9,81}{\eta} Q_\sigma \sqrt{1 - \frac{\Delta H_n t}{\Delta H_\phi t_p}} \left[H_\sigma + \frac{\Delta H_n}{\Delta H_\phi} (H_\phi - H_n) \frac{t}{t_p} \right] \quad (2.16)$$

(2.16) өрнегінің екі жағын да dt -ға көбейтіп, шыққан тәуелділікті 0 мен t_p арасында интегралдаймыз, және t_p уақытында, яғни бір циклде, тұтынылатын энергияны анықтайтын теңдікті аламыз:

$$W_u = \frac{9,81}{\eta} Q_{\delta} H_{\delta} t_p 2 \frac{\Delta H_{\phi}}{\Delta H_n} \frac{1 - \sqrt{1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n}}{3} \left[H_{\phi}^* - \frac{3}{5} (H_{\phi}^* - 1) \frac{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^5}}{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^3}} \right] \quad (2.17)$$

(9,81/ η) Q_δ H_δ өрнегін N_δ арқылы белгілеп және (2.17)-ні цикл санына көбейтсек бүкіл есептік периодқа кететін энергия шығынын анықтайтын теңдікті аламыз.

$$W_p = i_u W_u = N_{\delta} T_p 2 \frac{\Delta H_{\phi}}{\Delta H_n} \frac{1 - \sqrt{(1 + \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^3}}{3} \left[H_{\phi}^* - \frac{3}{5} (H_{\phi}^* - 1) \frac{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^5}}{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^3}} \right] \quad (2.18)$$

Сорғының толық жұмыс істеу уақытын T_p есептік периодтың ұзақтығы арқылы жазатын болмақ, су айдау көлемі мен ағымның келу көлемін теңестіреміз. Айдаудың бір циклдегі көлемін (2.15) өрнегімен табамыз:

$$V_u = \int_0^{t_p} Q dt = \int_0^{t_p} Q_{\delta} \sqrt{1 - \frac{\Delta H_n t}{\Delta H_{\phi} t_p}} dt = \frac{2}{3} Q_{\delta} \frac{\Delta H_{\phi}}{\Delta H_n} t_p \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{\Delta H_{\phi}}{\Delta H_n}\right)^3} \right] \quad (2.19)$$

Бүкіл есептік периодтағы T су айдаудың көлемі:

$$V_{\text{перекач}} = i_u V_u = \frac{2}{3} Q_{\delta} \frac{\Delta H_{\phi}}{\Delta H_n} T_p \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{\Delta H_{\phi}}{\Delta H_n}\right)^3} \right] \quad (2.20)$$

Сол уақыт периодында келетін су ағымының көлемін ағынды сулардың реттелген диаграммасы, яғни Q=f(t) тәуелділігі арқылы анықтаймыз. 3 ұйғарымға сәйкес реттелген диаграмма түзу сызық теңдеуімен кескінделеді:

$$Q = Q_{\delta} \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right] \quad (2.21)$$

(2.21) теңдеуін 0 мен T арасында интегралдап, келесі теңдікті аламыз:

$$V_{\text{приток}} = \int_0^T Q_{\delta} \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right] dt = \frac{Q_{\delta} T}{2} (a + b\lambda). \quad (2.22)$$

Айдау мен келу ағымының көлемін теңестіреміз: V_{перекач} = V_{приток}.

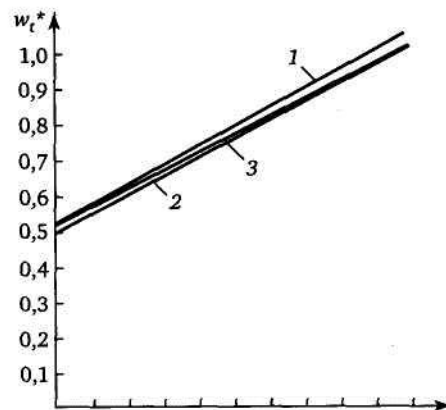
(2.20)-дағы V_{перекач} және (2.22)-дегі V_{приток} теңдіктерін T_p-ге қатысты шешсек келесі өрнекті аламыз:

$$V_{перекач} = i_{\psi} V_{\psi} = \frac{2}{3} Q_{\sigma} \frac{\Delta H_{\phi}}{\Delta H_n} T_p = \frac{T}{4} (a + b\lambda) \frac{3}{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^3}} \frac{\Delta H_{\phi}}{\Delta H_n} \quad (2.23)$$

T_p мәнін (2,18)-ге қойсақ, есептік периодтағы T энергия тұтынуды W_t анықтайтын теңдікті аламыз егер сорғы жұмыс уақытының өзгерісі арқылы реттеу арқылы болса.

$$W_t = N_{\sigma} T \frac{a + b\lambda}{2} \left[H_{\phi}^* - \frac{3}{5} (H_{\phi}^* - 1) \frac{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^5}}{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^3}} \right] \quad (2.24)$$

Нәжісті сорғыларға $H_{\phi}^* = 1,44$ және жиі кездесетін параметрлер $a = 1$ және $b = 1$ болса, λ мен $\Delta H_{\pi} / \Delta H_{\phi}$ үшін салыстырмалы энергия тұтынылуын анықтаймыз. Есептеудің нәтижесі 2.4 суретте график ретінде келтірілген.



- 1 - $\Delta H_{\pi} / \Delta H_{\phi} = 0,2$ кезінде $w_t^* = f(\lambda)$; 2 - $\Delta H_{\pi} / \Delta H_{\phi} = 0,2$ кезінде $\Delta H_{\pi} / \Delta H_{\phi} = 0$;
3 - орташаланған тәуелділік $w_t^* = f(\lambda)$

2.4 сурет – Салыстырмалы бірлікте сорғы тұтынатын энергияның келетін ағымға тәуелділігі

Графиктен көретініміздей, энергия шығыны λ реттеу тереңдігіне тура пропорционалды және $\Delta H_{\pi} / \Delta H_{\phi}$ қатынасына қатысы аз. Сондықтан, $w_t^* = f(\lambda)$ тәуелділігі түзу сызық теңдеуіне жуықтап алынады:

$$w_t^* = 0,524 + 0,479\lambda \quad (2.25)$$

2.3 Сорғының айналу жиілігін реттеген кездегі энергия тұтынуы

Сорғының тұтынатын қуаты келесі берілген формуламен анықталады:

$$N \approx 9,81 QH/\eta \quad (2.26)$$

мұнда H - сорғының қысымы, м.

Жұмыстық доңғалақтың айналу жиілігін өзгерткен кезде сорғының жұмыстық нүктесі сорғы сипаттамасымен емес, сужүргі сипаттамасы арқылы орын ауыстырады. Сужүргі сипаттамасы 2 ұйғарымға сәйкес келесі теңдікпен бейнеленеді:

$$H_c = H_n + SQ^2 \quad (2.27)$$

(2.27) өрнегіне (2.21)-дегі Q мәнін қойсақ, келесі тәуелділікті аламыз:

$$H_c = H_n + SQ^2 \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right]^2 \quad (2.28)$$

Подставив в (2.26) өрнегіне (2.27) H_c мәнін және (2.21) Q мәнін қойып түрлендірсек, сорғының жұмыстық доңғалағының айналу жиілігін өзгерту арқылы реттеу кезіндегі тәуелділікті аламыз:

$$N = \frac{9,81}{\eta} Q \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right] H_n + \frac{9,81}{\eta} SQ^3 \left[(a - b\lambda) \frac{t}{T} + b\lambda \right]^3 \quad (2.29)$$

мұнда 1-ші доғар-статикалық қарсықысымды еңсеруге кететін қуат шығыны; 2-ші доғар – арынның динамикалы құраушысын еңсеруге кететін қуат шығыны.

Яғни, $N = N_{ст} + N_{дин}$.

(2.29) теңдіктің 1-ші қосылғышын dt көбейтіп және $N_{ст}dt = f(t)$ тәуелділігін 0 мен T аралығында интегралдасақ, статикалық қарсықысымды еңсеруге кететін энергия шығынын анықтайтын өрнекті аламыз:

$$W_{n.cm} = \int_0^T N_{ст} dt = N_6 \frac{T}{2} (a + b\lambda) H_n^* \quad (2.30)$$

(2.29) теңдігінің 2-ші доғарында құбырдың гидравликалық кедергісін S , H_n , H_6 , Q_6 параметрлері арқылы жазып, түрлендіреміз:

$$S = \frac{H_6 - H_n}{Q_6^2} \quad (2.31)$$

Сонда

$$N_{\text{дин}} = \frac{9,81}{\eta} Q_{\delta} H_{\delta} \left(1 - \frac{H_n}{H_{\delta}} \right) \left[(a - b\lambda) \frac{t^3}{T^3} + 3(a - b\lambda)^2 \frac{t^2}{T^2} b\lambda + 3(a - b\lambda) \frac{t}{T} \lambda^2 + b^3 \lambda^3 \right] \quad (2.32)$$

(2.32) теңдігінің екі жағын да dt көбейтіп, шыққан теңдікті 0 мен T аралығында интегралдасақ, арынның динамикалық құраушысын предке кететін энергия шығынын анықтаймыз:

$$W_{n.\text{дин}} = N_{\delta} T (1 - H_n^*) \frac{1}{4} (a + b\lambda) (a^2 - b^2 \lambda^2) \quad (2.33)$$

Статикалық қарсықысым мен арынның динамикалық құраушысын еңсеруге кететін энергияның қорытынды шығыны:

$$W_t = W_{n.cm} + W_{n.\text{дин}} = \frac{1}{2} N_{\delta} T (a + b\lambda) \left[H_n^* + \frac{1}{2} (1 - H_n^*) (a^2 - b^2 \lambda^2) \right] \quad (2.34)$$

2.4 Сатылы реттеуді сорғының айналу жиілігін өзгерту арқылы реттеумен ауыстыру кезіндегі энергия үнемделуі

(2.24) теңдік пен (2.34) теңдікті есептеп, сатылы (циклдік) реттеуді сорғының айналу жиілігін ауыстыру арқылы реттеумен ауыстыру кезінде энергия шығынының айырымын аламыз, яғни, энергия ΔW :

$$\Delta W = W_t + W_n = \frac{1}{2} N_{\delta} T (a + b\lambda) \left[H_{\phi}^* - \frac{3}{5} (H_{\phi}^* - 1) \frac{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^5}}{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^3}} \right] - \frac{1}{2} N_{\delta} T (a + b\lambda) \times \left[H_n^* + \frac{1}{2} (1 - H_n^*) (a^2 - b^2 \lambda^2) \right] \quad (2.35)$$

Егер $a = 1$ және $b = 1$, (2.35) теңдігі түрленеді:

$$\Delta W = N_{\delta} T \frac{1 - \lambda}{2} \left\{ H_{\phi}^* - \frac{3}{5} (H_{\phi}^* - 1) \frac{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^5}}{1 - \sqrt{(1 - \Delta H_{\phi} / \Delta H_n)^3}} - \left[H_n^* + \frac{1}{2} (1 - H_n^*) (1 + \lambda^2) \right] \right\} \quad (2.36)$$

мұнда $\Delta H_{\phi} = H_{\phi} - H_n$; $\Delta H_n = H_{n2} - H_{n1}$ (2.1 сурет); қалған мәндер алдыңғы теңдеулердегідей алынған.

Нәлдік суберімдегі нәжісті сорғылардың су көтерілуінің фиктивті биіктігінің орташаланған мәнін $H_{\phi}^* = 1,44$ деп алып, және сужүргі жүйелеріне әдеттегі мәні $\Delta H_n / \Delta H_{\phi} = 0,2$ алсақ, (2.35) өрнегін ықшамдап, келесі түрге келтіреміз.:

$$\Delta W = N_{\delta} T \frac{1}{2} (a + b\lambda) \left\{ 0,042 + (1 - H_n^*) \left[1 - \frac{1}{2} (a^2 - b^2 \lambda^2) \right] \right\} \quad (2.37)$$

a=1 және b=1 кезінде

$$\Delta W = N_0 T \frac{1}{2} (1 + \lambda) \{0,042 + (1 - H_n^*) [1 - \frac{1}{2} (1 - \lambda^2)]\}. \quad (2.38)$$

Егер (2.38) есептеулер нәтижесі «+» таңбасы болса, қарастырылып отырған қондырғыда РЭЖ қолданылуы энергияның үнемделуін береді, яғни $\Delta W = W_{\text{эк}}$. Егер жауабы «-» болса, энергия үнемделуінің орнына артық шығындар болады, яғни $\Delta W = W_{\text{пот}}$.

Екінші бөлім бойынша қорытынды

Екінші бөлімде су бөлу және тарату құрылғыларында қолданылатын сорғы қондырғыларының сатылы жұмыс режимі талқыланылды. Саталы жұмыс режимінде болатын жиі қосылу және өшірілуге байланысты құбырда орын алатын гидравликалық соққылардың пайда болуына әкеліп соғады, кері клапандардың және электротехникалық іске қосқыш құрылғылардың зақымдануына себеп болады. Сұйықтықтың жоғары деңгейден төменгі деңгейге айдалуы, төменнен жоғарыға айдағаннан қарағанда аз энергияны талап етеді. Осыған орай сорғы қондырғы жұмысының үнемді режимі туылады. Мұндай режим сорғының айналу жиілігі өзгертуі арқылы қамтамасызданады.

Сонымен қатар, бұл бөлімде сатылы реттеу режимін РЭЖ арқылы реттеу нәтижесінде алынатын энергия шығындары мен үнемделуі анықталды.

3 Сорғы қондырғыларында РЭЖ қолданғанда энергия үнемделуінің болжамы

3.1 Энергия үнемдеудегі салыстырмалы шығынның мәні және оларды анықтаудың есептік қисықтары

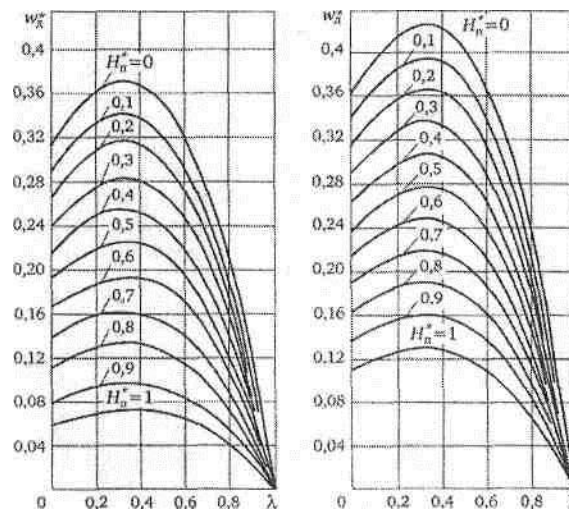
Жоғарыда келтірілген теңдеулер жобалау, эксплуатация және сол сияқты бөлімдерде практикалық есептеулерді жүргізуге тым ыңғайсыз. Сондықтан олар практикалық есептеулер жүргізуге ыңғайластырылған түрге келтірілген. Осыған байланысты келесі түсініктер:

- салыстырмалы шығындар: сорғыны дроселдеу кезіндегі энергия w_d^* ;
- сорғының циклдік (сатылы) реттеу кезіндегі салыстырмалы энергия шығыны $w_{\text{ц}}^*$;
- сырғумен жұмыс істейтін реттелетін электржетектегі салыстырмалы сырғу шығындары $w_{\text{к}}^*$;
- сырғумен жұмыс істейтін реттелетін электржетектегі нәтижелеуші энергия үнемделуі $w_{\text{рез}}^*$.

Дросселдеу кезіндегі энергияның салыстырмалы шығындары w_d^* (1.11) өрнегіндегі өрнектелген жақша ішінде көрсетілген. w_d^* мәні (1.11) қолданысымен λ , H_n^* , H_ϕ^* , a , b , c параметрлеріне тән алынған.

Есептеулер нәтижесі бойынша $H_\phi^* = 1,25$ $a = 1$ және $b = 1$ кезінде (таза су айдауға арналған көптеген сорғылар үшін) $w_d^* = f(\lambda, H_n^*)$ тәуелділігі тұрғызылды (сурет 3.1,а).

Сәйкес есептеулер $H_n^* = 1,44$ кезінде (лас су айдауға арналған сорғылардың басым көпшілігіне тән) келтірілген. $w_d^* = f(\lambda, H_n^*)$ графикалық тәуелділігі 3.1,б суретінде көрсетілген.



$a - H_\phi^* = 1,25$ сорғылар үшін; б - $H_\phi^* = 1,44$ сорғылар үшін
3.1 сурет – Сорғыларды дросселдеу кезіндегі салыстырмалы шығындардың λ және H_n^* параметрлеріне тәуелділігі

Сорғының циклдік (сатылы) реттеу кезіндегі энергияның салыстырмалы шығындары w_π^* (2.35)- (2.38) қолдануымен λ , H_n^* , H_ϕ^* , a , b , c параметрлерінің салыстырмалы мәніне тән есептелген. Бұл теңдеулер инженерлік есептеулерге ыңғайсыз, сондықтан олар келесі түрге келтірілген:

$$W_{\text{эк}} = N_\phi T_{W \pi}^* \quad (3.1)$$

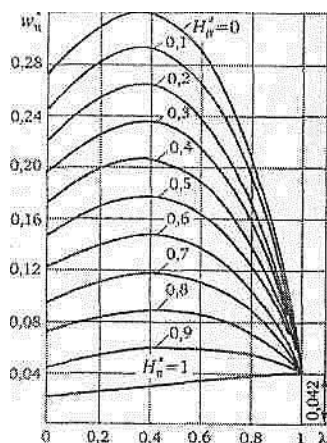
мұнда

$$w_\pi^* = \frac{1}{2} (a + b\lambda) \{0,042 + (1 - H_n^*) [1 - \frac{1}{2} (a^2 - b^2 \lambda^2)]\}.$$

w_π^* шамасы, сатылы (циклды) реттеуді сорғының айналу жиілігін ауыстыру арқылы реттеумен өзгерткен кездегі салыстырмалы энергия үнемделуі. w_π^* шамасы, $a = 1$ және $b = 1$ кезінде H_n^* , пен λ мәндеріне әр түрлі есептелген. Есептеулер нәтижесі бойынша $H_n^* = 1,44$ (лас су айдайтын сорғылардың басым

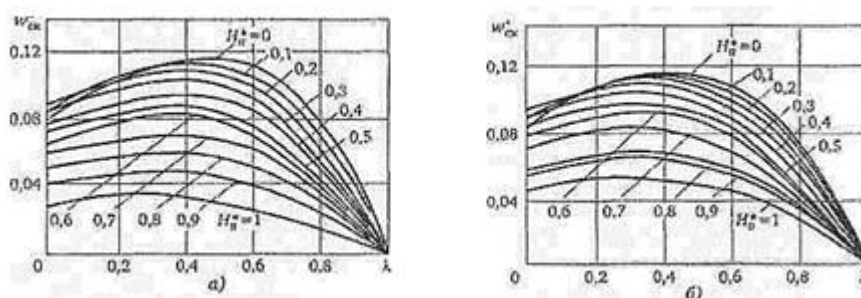
көпшілігіне тән) және $a=1; b=1$ кезіндегі $w_{\text{ц}}^* = f(\lambda, H_{\text{п}}^*)$ тәуелділігі тұрғызылды. $w_{\text{д}}^* = f(\lambda, H_{\text{п}}^*)$ графикалық тәуелділігі 3.2-суретінде көрсетілген.

РЭЖ-тегі $w_{\text{ск}}^*$ сырғудың салыстырмалы шығындары (1.23) теңдігін қолдану көмегімен $\lambda, H_{\text{п}}^*, H_{\text{ф}}^*, a, b$ параметрлерінің салыстырмалы мәндеріне тән етіп есептелген. Есептеулер нәтижесі бойынша $H_{\text{п}}^*=1,2$ (таза су айдайтын сорғылардың басым көпшілігіне тән) және $a=1; b=1$ кезіндегі $w_{\text{ск}}^* = f(\lambda, H_{\text{п}}^*)$ тәуелділігі тұрғызылды. $w_{\text{ск}}^* = f(\lambda, H_{\text{п}}^*)$ графикалық тәуелділігі 3.3, а -суретінде көрсетілген.



3.2 сурет – Сорғының сатылы реттеу кезіндегі электр энергиясының салыстырмалы шығынының λ және $H_{\text{п}}^*$ параметрлерінен тәуелділігі

Ұқсас есептеулер $H_{\text{ф}}^*=1,44$ (лас су айдайтын сорғылардың басым көпшілігіне тән) кезінде жасалынды. $w_{\text{ск}}^* = f(\lambda, H_{\text{п}}^*)$ графикалық тәуелділігі 3.3, б-суретінде ұсынылған.

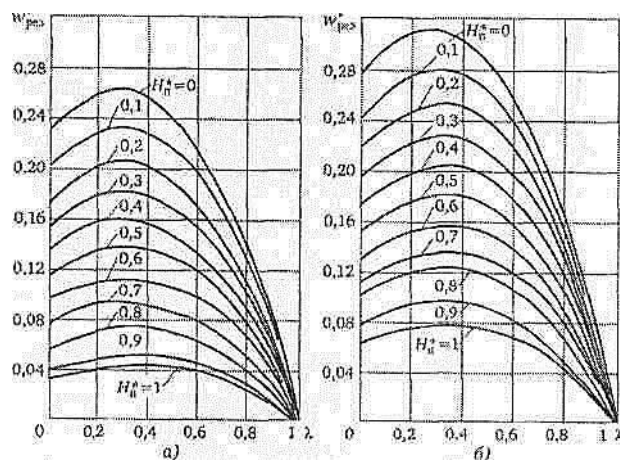


а - $H_{\text{ф}}^* = 1,25$ кезіндегі сорғылар үшін; б - $H_{\text{ф}}^* = 1,44$ кезіндегі сорғылар үшін

3.3 сурет – Сырғу шығынының λ мен $H_{\text{п}}^*$ параметрлеріне тәуелді өзгеруі

Сырғумен жұмыс істейтін реттелетін жетектерді қолданған кездегі салыстырмалы нәтижелі энергия үнемделуі ($w_{\text{рез}}^*$), $\lambda, H_{\text{п}}^*, H_{\text{ф}}^*, a, b$ параметрлерінің салыстырмалы мәндеріне сәйкес есептелген. Есептеулер (1.35) формуласымен шығарылған.

Есептеулер нәтижесі бойынша, $H_{\phi}^* = 1,25$ (таза су айдайтын сорғылардың басым көпшілігіне тән) кезіндегі $w_{ск}^* = f(\lambda, H_{\Pi}^*)$ тәуелділігі тұрғызылды. $w_{рез}^* = f(\lambda, H_{\Pi}^*)$ графикалық тәуелділігі 3.4, а-суретінде ұсынылған.



а- $H_{\phi}^* = 1,25$ кезіндегі сорғылар үшін; б- $H_{\phi}^* = 1,44$ кезіндегі сорғылар үшін
3.4 сурет – Дросселдеуді сорғының айналу жиілігін реттеу арқылы ауыстырғандағы салыстырмалы нәтижелі энергия үнемделуінің λ, H_{Π}^* параметрлеріне тәуелді өзгеруі

Ұқсас есептеулер $H_{\phi}^* = 1,44$ (лас су айдайтын сорғылардың басым көпшілігіне тән) кезінде жасалынды. $w_{рез}^* = f(\lambda, H_{\Pi}^*)$ графикалық тәуелділігі 3.4, б-суретінде ұсынылған.

Есептік қиықтар (3.1-3.4- суреттер) РЭЖпен және РЭЖсіз жұмыс істейтін сорғы қондырғыларының жұмыс режимдерінде энергия шығынының салыстырмалы мәнін оңай есептеуге және РЭЖпен жұмыс істегендегі энергия үнемделуінің салыстырмалы мәнін алуға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта сорғы қондырғыларында көбінесе сырғу шығыны болмайтын РЭЖ қолданылады. Соның ішінде: жиілік-реттегіш жетектері (ЖРЖ) және вентильді қозғалтқыш (ВҚ) жүйесіндегі жетектер.

Жиілік реттегіш жетектер көбіне асинхронды қысқатұйықталған электрқозғалтқыштармен (250-400 кВт дейін) жабдықталған төменвольтты қондырғылармен (380 и 660 В) қолданылады.

ВҚ жүйесіндегі жетек көбіне синхронды электрқозғалтқыштармен (қуаты 630-800 кВт және жоғары) жабдықталған жоғарывольтты қондырғыларда (6 и 10 кВ) қолданылады.

Егер сорғыны РЭЖ-пен жабдықтағанға дейін оның жұмыс режимі дроссельдеу арқылы іске асырылған болса, онда ЖРЖ және ВҚ жүйесі арқылы жабдықталған қондырғылар үшін 3.1 суретінде ұсынылған есептік қиықтар қолданылады. Осы қиықтарды РЭЖпен жабдықталған, сырғу энергиясын электр дүйесіне қайтаратын (асинхронды вентильді каскад жүйесі бойынша жетектер) құрылғыларды қолдануға болады.

Егер сорғыны РЭЖ-пен жабдықтағанға дейін оның жұмыс режимі сатылы реттеу (циклды) арқылы іске асырылған болса, ал жабдықталғаннан кейін

сорғының айналу жиілігін байсалды өзгерту арқылы болса, онда 3.2 суретінде көрсетілген есептік қисықтар қолданылады.

Сырғу шығынымен жұмыс істейтін гидравликалық сырғу муфттарымен, Twin-Disk типті гидравликалық вариаторларымен, электромагниттік сырғу муфттарымен (ЭМС) және сол сияқты РЭЖ жабдықталған құрылғыларда 3.3 және 3.4 суреттерінде көрсетілген есептік қисықтар қолданылады.

3.2 Сорғы қондырғыларын реттелетін электржетекпен жабдықтағанда энергия үнемдеуді болжауда есептік қисықтардың қолданылуы

Статор тізбегіндегі түрлендіргіш арқылы реттелетін жетектер (жиіліктік, вентильді қозғалтқыш жүйесі бойынша) үшін нәтижелі энергия үнемделуі (1.37) келесі теңдеу бойынша анықталады:

$$W_{рез} = W_{эк} - N_{\delta} T (1 + \zeta - \eta_{пр})$$

мұнда $\eta_{пр}$ - түрлендіргіш ПӘКі;
 $\zeta = 0,02 \div 0,05$ – жетектегі қосымша шығындарды ескеретін коэффициент.

Өз кезегінде артық динамикалық қысымды алған кездегі энергия үнемделуі (РЭЖ шығынысыз) (1.12) сәйкес анықталады

$$W_{эк} - N_{\delta} T w_{эк}^*$$

мұнда $w_{эк}^* = w_{д}^*$ (сурет 3.1)

$W_{эк}$ из (1.12) өрнегіндегі $W_{эк}$ мәнін (1.37) қойып, нәтижелі энергия үнемделуін анықтайтын өрнек аламыз (электрқозғалтқышқа түсетін жүктемені ескермейміз:

$$W_{рез} = N_{\delta} T [w_{\delta}^* - (1 + \zeta - \eta_{пр})] \quad (3.2)$$

Сорғы білігіндегі тұтынатын қуаттың кемуі электрқозғалтқыштың жүктемесінің кемуіне әкеліп соқтырады. Сәйкесінше Электрқозғалтқышта оның пайдалы әсер коэффициентін анықтайтын шығындар азаяды. Электрқозғалтқыштың жүктемесінің өзгеруі оның пайдалы әсер коэффициентінің елеусіз өзгерісіне алып келеді. Сол кезде электрқозғалтқыштың пайдалы әсер коэффициенті реттеу процессінде номиналды мәніне тең тұрақты ($\eta_{эд} \approx const$) болып қалады.

(3.2) теңдеуіне электрқозғалтқыштың ПӘКнің номиналды мәнін қойсақ $\eta_{эд}$, нәтижелі энергия үнемделуін беретін теңдікті шығарамыз (электрқозғалтқыштағы жүктемені кемуін ескере отырып:

$$W_{рез} = \frac{1}{\eta_{эд}} N_{\sigma} T [w_{д}^* - (1 + \zeta - \eta_{np})] \quad (3.3)$$

мұнда $w_{д}^*$ – дроссельдеу кезіндегі есептік қисықтармен анықталатын энергияның салыстырмалы шығындары, 3.1 суретте ұсынылған.

Егер сорғы қондырғысында қабылдау резервуарында су деңгейі бойынша сатылы реттеу орнына РЭЖ қолданылса, онда теңдікте $w_{д}^*$ параметрінің орнына вводится $w_{ц}^*$ параметрі, яғни 3.2-суретінде ұсынылған есептік қисық арқылы анықталатын циклді реттеу кезіндегі энергияның салыстырмалы шығыны.

Егер сырғу шығынымен жұмыс істейтін жетек (1.33), мұнда $w_{рез}^*$ график арқылы анықталады (сурет 3.4) электрқозғалтқыштың ПӘК ескере отырып:

$$W_{рез} = \frac{1}{\eta_{эд}} 0,98 N_{\sigma} T w_{рез}^* \quad (3.3a)$$

3.3 Сорғы қондырғыларында реттелетін электржетек қолданылған жағдайда энергия үнемделуінің есебі

Энергия үнемделуінің есебі келесі реттілікпен орындалады:

1. Эксплуатациялық байқау нәтижесінде есептік уақыт (мысалы, жыл немесе жылу беру маусымы және т.б.) аралығында тұтынушыға кететін су берімінің реттелген диаграммасы тұрғызылады. Осы диаграмманы қолдану арқылы есептік уақыттағы су берімінің ең үлкен $Q_{б}$ және ең аз $Q_{м}$ мәндері анықталады.

Егер эксплуатация шарты бойынша суберімнің реттелген диаграммасын тұрғызу мүмкін болмаса (мысалы, суберім мәнін тұрақсыз бақылау), реттелген диаграмманың орнына суберімнің максималды және минималды болатын күндері анықталады. Бұл екі күнге суберімнің тәуліктік графигі тұрғызылады. Тәуләктәк график бойынша суберімнің максималды күніндегі ең көп суберім $Q_{б}$ деп алынады, ал суберімнің минималды күніндегі ең аз суберімі $Q_{м}$ деп алынады.

Шыққан мәндерден салыстырмалы минималды суберім анықталады:

$$\lambda = Q_{м} / Q_{б} \quad (3.4)$$

2. Эксплуатациялық бақылау бойынша есептік периодта келесі мәндер анықталады:

- $Q_{б}$ суберіміне сай сорғы станциясының шығысындағы $H_{б}$ қысым;

- $Q_{м}$ суберіміне сай сорғы станциясының шығысындағы $H_{м}$ қысым;

Табылған суберім мен қысым мәндерінен құбыр жүйесінің параметрлері анықталады:

құбыр жүйесінің гидравликалық кедергісі, c^2/m^3 :

$$S = \frac{H_{\delta} - H_{\mathcal{M}}}{Q_{\delta}^2 - Q_{\mathcal{M}}^2} \quad (3.5)$$

статикалық қарсықысым, м:

$$H_n = H_{\delta} - SQ_{\delta}^2 \quad (3.6)$$

немесе

$$H_n = H_{\mathcal{M}} - SQ_{\mathcal{M}}^2 \quad (3.6 \text{ a})$$

Статикалық қарсықысымды H_{Π} резервуардағы судың геодезиялық деңгейі $\Gamma_{\text{в}}$ мен жер бетінде тұтынушы орналасқан деңгей $\Gamma_{\text{з}}$ айырымы, және, оған қосылатын жоғарғы қабаттағы тұтынушыларды сумен қамтамасыз етуге керек еркін арынмен $H_{\text{св}}$ анықтаға болады. м:

$$H_n = (\Gamma_{\text{з}} - \Gamma_{\text{в}}) + H_{\text{св}} \quad (3.7)$$

Еркін арын келесі жолмен анықталады, м:

$$H_{\text{св}} = hn + 10, \quad (3.8)$$

мұнда n – сорғы станциясынан қоректенетін аудандағы ең биік геодезиялық белгіде $\Gamma_{\text{з}}$ орналасқан ғимараттың қабат саны;

h - ғимараттағы қабаттың биіктігі (2,5-3,5м),

H_{Π} және H_{δ} , мәндерін білсек, сорғы қондырғысының су көтерілуінің салыстырмалы биіктігін анықтауға болады:

$$H_n^* = H_n / H_{\delta} \quad . \quad (3.9)$$

λ және H_{Π}^* белгілі мәндерімен есептік қисықтарды қолдану көмегімен (сурет 3.1) дроссельдеу кезіндегі $w_{\text{д}}^*$ салыстырмалы энергия шығыны анықталады. Егер жұмыс режімі сатылы реттелетін болса (сорғының циклды қосылуы-сөнуі арқылы), $w_{\text{ц}}^*$ салыстырмалышығыны есептік қисықтар пайдалануы арқылы анықталады (сурет 3.2).

3. Сорғы тұтынатын ең үлкен қуат анықталады, кВт:

$$N_{\delta} = 9,81 Q_{\delta} N_{\delta} / \eta_n \quad (3.10)$$

мұнда Q_{δ} – ең үлкен суберім, m^3/c ;

η_n - сорғы ПӘК номиналды мәні;

H_{δ} – Q_{δ} суберіміне сай қысым.

4. Дроссельдеуді сорғының айналу жиілігін реттеу арқылы ауыстырғанда және құбыр жүйесінің бақылаушы нүктесінде берілген қысымды ұстап тұрғанда есептік периодта (мысалы, жыл) үнемдеуге болатын энергия мөлшері анықталады, кВт-ч:

$$W_{рез} = \frac{1}{\eta_{эд}} N_{\sigma} T [w_{\sigma}^* - (1 + \zeta - \eta_{np})] \quad (3.11)$$

мұнда T – есептік периодтың, сағ (сумен жабдықтау жүйесіндегі сорғы қондырғыларына, негізі T - 8760 сағ, оның ішінде циклдік режимде жұмыс істейтін станциялар үшін. Маусымдық жұмыс істейтін сорғылар үшін (жылыту,суару) $T \approx 4000 \div 5000$ сағ

w_{σ}^* - дроссельдеуді сорғының айналу жиілігін реттеу арқылы ауыстырғандағы энергияның салыстырмалы үнемделуі ;

$\zeta = 0,02 \div 0,03$ - жетектегі қосымша шығындарды ескеретін коэффициент;

$\eta_{эд}$ - электржетек ПЭК номиналды мәні (шамамен $\eta_{эд} = 0,88 \div 0,92$).

Егер сорғының циклді жұмыс режимі оның айналу жиілігін реттеумен ауыстырылса, онда үнемделетін энергия мөлшері (3.11) теңдігімен анықталады, бірақ, энергияның салыстырмалы үнемделуінің w_{σ}^* орнына w_{σ} мәні қойылады. Сырғу шығынымен жұмыс істейтін РЭЖ өолданған уақытта (3.3а) теңдігі қолданылады.

3.4 Энергия үнемдеу есептеудің арнайы жағдайлары

3.4.1. Сорғы қондырғылар тобына энергия үнемделуін есептеу

Жоғарыда бір сорғы қондырғысы үшін энергия үнемдеу есебі келтірілген. Кей жағдайларда, жеткіліксіз тұтынуда немесе ағын сулардың келуіне байланысты, жұмыста 1-ден 12-ге дейін сорғы қондырғылары жұмыс істейді. Бұл жағдайда реттеу аралас түрде болады: қондырғылардың бір бөлігі (үштен бірінен жартысына дейін) айнымалы айналыммен жиілігімен жұмыс істейді, ал, қалғандары тұрақты айналым жиілігімен болады. Бірнеше сорғы жұмыс істеген кезде, жұмыс істейтін сорғы сандарының өзгерісіне байланысты, арынның артуы азаяды, жеке жағдайларда болмайды. Бұл, өз кезегінде, энергия үнемделуін есептеген кезде төмендету коэффициентін енгізу арқылы ескеріледі.

Бұл кезде есептеу реті өзгермейді, бірақ, нәтижелеуші энергия үнемделуі төмендету коэффициентіне ϕ көбейтіледі. Төмендету коэффициентінің мәні аз болған сайын жұмыс режимін реттеу процессінде көп сорғы қондырғысы қатысады.

Сорғы қондырғысының суберімін реттеу процессіне қаншалықты көп сорғы қатысатын болса, соншалықты артық қысым мәні төмендейді. Алайда, параллельді жұмыс істейтін сорғы қондырғыларының санын арттыру пайдасыз болатын шек бар.

Сорғылар мен сужүргілер сипаттамасының параболалық түріне байланысты суберімнің артуы параллельды жұмыс істеп тұрған сорғы санына пропорционалды емес. Әдетте, параллельді жұмыс істейтін сорғы саны 6- 8 қондырғылармен шектеледі.

Төменде суберім өзгеріс ауқымына қарай төмендету коэффициентінің φ параллельді жұмыс істейтін сорғы санына қатысты мәндері келтірілген. Коэффициент мәні φ сорғы қондырғысының жалпы арынының динамикалық және статикалық құраушыларының орта мәніне есептелген. ($N_{II}^* \approx 0,5 \div 0,6$):

3.1 кесте– Сорғы санына қатысты төмендету коэффициенті

T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
φ	1	0,75	0,66	0,56	0,5	0,47	0,44	0,42	0,40	0,38

Ескерту. –Егер ең аз сібeрiм Q_m екі сорғымен қамтамасыздандырылса, ал ең үлкен бес сорғымен қамтамасыздандырылса, онда реттеу процесіне қатысатын сорғы саны $m = 5 - 2 = 3$.

Осылайша, сорғылар тобының жылдық энергия үнемделуі анықтайтын теңдеу келесі түрде болады, кВт·сағ:

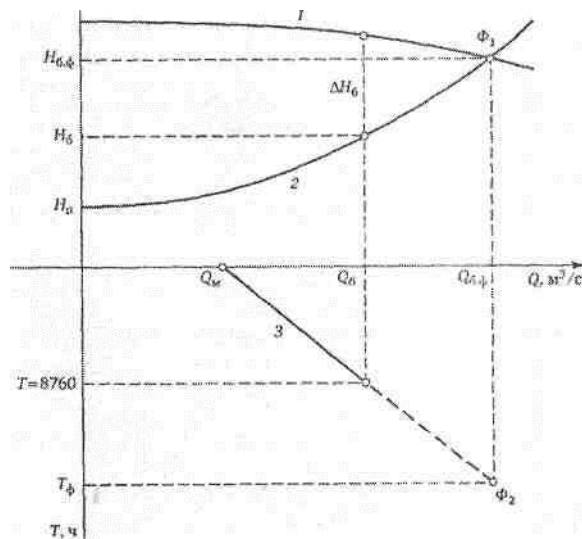
$$W_{рез} = \frac{1}{\eta_{эд}} N_6 T [w_{\delta}^* - (1 + \zeta - \eta_{np})] \varphi \quad (3.12)$$

3.4.2 Ең үлкен суберім режимінде сорғылардың дроссельдеу кезіндегі шығындарды және энергия үнемделуін есептеу

Жоғарыда келтірілген есептеу әдістері сорғының номиналды суберімі қарастырылып отырған қондырғыдағы ең үлкен суберімге тең деп әзірленген. (8 ұйғарым).

Құбыр жүйесі толық дамығамандықтан, ең үлкен суберім кезінде сорғыларды дроссельдейтін жағдайлар болады. (сурет 3.5). Онда сорғы қондырғысы ең үлкен суберім Q_6 кезінде де артық арынмен ΔN_6 жұмыс істейтін болады.

Бұл жағдайда РЭЖ қолданылғанда энергия шығыны мен энергия үнемделуін есептеуге сол теңдеулер мен есептік қисықтарды пайдалануға болады. Бірақ, ол үшін «фиктивті жұмыс режимі» ұғымын жасанды кіргізуге тура келеді .



1- сорғының арын сипаттамасы; 2-сужүргі сипаттамасы;
3-суберімнің реттелген диаграммасы

3.5 сурет – Фиктивті параметрлер бойынша энергия шығынын есептеу сипаттамасы

Фиктивті жұмыс режимі астарында сорғының номиналды суберіммен және номиналды арынмен жұмыс істеуін, ал су тұтынылуы жүйедегі номиналды суберімге сәйкес келуін айтамыз. Сондықтан мұнда дроссельдеу жоқ.

Фиктивті жұмыс режиміне $Q_{6,ф}$ суберімі, $H_{6,ф}$ арыны сәйкес келеді, ал есептік периодтың ұзақтығы $T_{ф}$ құрайды (сурет 3.5). 3.5 суретінде келтірілген графмк бойынша есептік периодтың ұзақтығы $T_{ф} > T_6 = 8760$ сағ, яғни, $T_{ф}$ жылдыағы сағат санынан көп. Сондықтан бұл режимді фиктивті деп атайды, яғни, шынайы өмірде бола алмайды.

Бірақ, фиктивті параметрлерді қолдана отырып ($T_{ф}$, $Q_{6,ф}$, $H_{6,ф}$) дроссельдеу процессіндегі ең үлкен суберім (Q_6) режимінде болатын сорғы қондырғысындағы шынайы энергия шығынын анықтауға болады. Бұны келесідей анықтайды.

1. Сорғы мен сужүргінің бірлескен жұмысының графигін тұрғызады, сонымен қатар суберімнің реттелген диаграммасын $Q = f(t)$ (сурет 3.5).

2. Суберімнің реттелген диаграммасы түзу сызықпен жуықталады деген болжаммен, оны Φ_1 (фиктивті режимнің жұмыс нүктесі) нүктесінен түсетін перпендикулярға қиылысқанға дейін жалғастырады.

3. Φ_2 нүктесінен (реттелген диаграмманың Φ_1 нүктесінен түскен перпендикулярмен қиылысуы) $T_{ф}$ мәні қиылатын t осіне горизонтальды сызық жүргізіледі.

4. Салыстырмалы минималды суберімніе фиктивті мәнін анықтайды:

$$\lambda_{фI} = Q_M / Q_{6,ф}$$

5. Қарсықсымға қатысты фиктивті мәнін анықтайды:

$$H_{n.\phi 1}^* = H_n / H_{\phi}.$$

6. Табылған $\lambda_{\phi 1}$ және $H_{n.\phi 1}^*$ мәндері үшін есептік қисықтар (сурет 3.1) бойынша фиктивті уақыттағы T_{ϕ} энергияның салыстырмалы шығынының фиктивті мәнін анықтайды:

$$w_{\phi 1}^* = f(\lambda_{\phi 1}; H_{n.\phi 1}^*)$$

7. Ең үлкен тұтынылатын қуаттың фиктивті мәнін анықтайды, кВт:

$$N_{\phi} = 9,81 Q_{\phi} \cdot H_{\phi} / \eta$$

8. T_{ϕ} фиктивті уақыттағы энергия шығынының фиктивті мәні есептеледі, кВт·сағ:

$$\Delta W_{\phi 1} = N_{\phi} \cdot T_{\phi} \cdot w_{\phi 1}^*$$

9. T_{ϕ} - T_{ϕ} уақыттарына сәйкес келетін салыстырмалы минималды суберімнің фиктивті мәні анықталады:

$$\eta_{\phi 2} = Q_{\phi} / Q_{\phi}$$

10. $\lambda_{\phi 2}$ және $H_{n.\phi}^*$ ($H_{n.\phi 1}^* = H_{n.\phi 2}^*$) мәндері үшін есептік қисықтар бойынша (сурет 3.1) T_{ϕ} - T_{ϕ} уақытындағы энергияның салыстырмалы шығынының фиктивті мәні анықталады:

$$w_{\phi 2}^* = f(\lambda_{\phi 2}; H_{n.\phi}^*)$$

11. T_{ϕ} - T_{ϕ} уақытындағы энергия шығынының фиктивті мәні анықталады, кВт*сағ:

$$\Delta W_{\phi 2} = N_{\phi} \cdot (T_{\phi} - T_{\phi}) \cdot w_{\phi 2}^*$$

12. T_{ϕ} уақытындағы энергия шығыны анықталады, кВт*сағ:

$$\Delta W = \Delta W_{\phi 1} - \Delta W_{\phi 2}$$

РЭЖ қолданған кездегі энергия үнемделуі қарастырылып отырған жағдай үшін §3.3 секілді есептеледі, яғни, жетектегі шығындар, жұмыс істейтін қондырғы саны, электрқозғалтқыш ПӘК және т.б. ескеріледі.

3.4.3. Номиналдыдан тыс режимде жұмыс істейтін сорғылардың энергия шығынын есептеу

Сорғылардың шектеулі аталымы, сорғы қондырғылары мен жүйелерді жобалауда нақты бастапқы деректердің жоқтығы, эксплуатация шарттарының

жиі өзгеруі және басқа да себептер сорғы қондырғысында болатын режимдердің есептік режимнен айтарлықтай ерекшеленетінін көрсетеді. Осымен, келесі нұсқалар болуы мүмкін.

Нұсқа 1. Сорғының суберімі есептік нұсқадан аз, ал арыны есептік нұсқадан көп.

Нұсқа 2. Сорғының суберімі есептік нұсқадан көп, ал арыны есептік нұсқадан аз.

Екі жағдайда да сорғының случае нақты ПӘК оның номиналды мәнінен кем $\eta_{\text{факт}} < \eta_{\text{ном}}$.

Сорғының ПӘК номиналдыдан мәнінен аз күйде жұмыс істеуі тұтынылатын қуаттың артуын және соған байланысты сұйықтық тасымалдауға кететін энергия шығынының артуына алып келеді.

Сорғы қондырғысының $\eta_{\text{факт}} \neq \eta_{\text{ном}}$ мәнімен жұмыс істеу кезіндегі энергия шығынының көлемі келесі формуламен анықталады, кВт* сағ:

$$\Delta W = 9,81 \frac{QH}{\eta_{\text{ном}}} t \left(\frac{\eta_{\text{ном}}}{\eta_{\text{факт}}} - 1 \right) \quad (3.13)$$

мұнда t - номиналды режимнен ерекшеленетін соғының жұмыс істеу уақыты.

Жетектік электрқозғалтқы сорғы қондырғысына таңдалған кезде, электрқозғалтқыштың номиналды параметрлері сорғының номиналды параметрлеріне сай алынатынын айта кеткен жөн. Демек, егер сорғы номиналды режимде жұмыс істемесе, электрқозғалтқыш та номиналды режимде жұмыс істемейді.

Номиналдыдан тыс режимдегі электрқозғалтқыш режимі оның ПӘКінің төмендеу мен қуат коэффициентінің азаюына байланысты. Осылайша, сорғының номиналды режимде жұмыс істемеуі электрқозғалтқыштағы электр энергиясындағы және электрмен жабдықтау жүйелеріндегі қосымша шығындарғы алып келеді.

Алынған теңдіктер, графикалық тәуелділіктер, шығындар мен энергия үнемдеудің есептеу реті сумен жабдықтау жүйелеріндегі сорғы қондырғыларында РЭЖ қолданудың энергетикалық тиімділігін болжауға мүмкіндік береді.

Үшінші бөлім бойынша қорытынды

Үшінші бөлімге сәйкес энергия үнемдеу есептері ықшамдалған, практикалық тұрғыдан ыңғайластырылған қолдануға түрге келтірілді. Дроссельдеу, сатылы реттеу кезіндегі тәуелділіктер алынды. Есептік қисықтарды қолдану көмегімен реттелетін электржетегінсіз және реттелетін электржетек жұмыс істейтін сорғы қондырғыларының шығындары салыстырылы. Арнайы реттелген диаграмма болмаған жағдайда шығынды

анықтау тәсілдері қарастырылды. Сондай-ақ сорғы қондырғылар тобына есептеулер және «фиктивті жұмыс режим» ұғымына анықтама берілді.

4 Сорғы қондырғыларында РЭЖ қолданғандағы су үнемдеу болжамы

4.1 Негізгі жағдайлар мен анықтамалар

Реттелетін электржетек негізінде энергия үнемдегіш АБЖ құру энергия үнемдеуімен қатар судың жылыстауы мен өнімсіз шығындарды кемітеді.

Жылысу деп құбырдың зақымдану салдарынан немесе құбырдағы арматура мен сантарлық-техникалық аспаптарда және олардың арасында пайда болған тесіктер нәтижесінен болатын судың шығынын айтады.

Өнімсіз шығындар деп су-құбыр жүйесіндегі жоғары қысым салдарынан болатын су бөлетін арматурадағы судың шығынын айтады.

Жылысу көлемі мен өнімсіз шығындар, негізінен, құбырлардың, құбыр арматурасының, тұтынушылардың санитарлық-техникалық аспаптарынан (су бөлгіш крандар, дәретхана шайғыш бағы, және т.б.) тәуелді, сондықтан РЭЖ қолданысы жағдайды айтарлықтай өзгерте алмайды. Бірақ, жоғары қысым садарынан болатын арынды азайту арқылы жылысу мен өнімсіз шығындарды төмендете алады. Алайда, жүйедегі артық арынды алу мүмкін еместігін, себебі, қысымды тұрақтандыру жеке бақылау нүктелерінде орындалатынын ескерген жөн.

Бақылау нүктелері, ереже бойынша, сорғы станциясынан ең ұзақ орналасқан аудандарда немесе су-құбыр жүйесіндегі геодезиялық белгінің ең биік нүктесінде орналасады. Ал төмен белдеудегі сумен қамтылатын қалған аудандар немесе сорғы қондырғысына жақын аудандар артық арын әсеріне ұшырайтыны заңдылық. Сондықтан, РЭЖ көмегімен жылысулар мен өнімсіз шығындарды жоюға болмайды, бірақ төмендетуге болады.

Бақылау нүктелері, ереже бойынша, сорғы станциясынан ең ұзақ орналасқан аудандарда немесе су-құбыр жүйесіндегі геодезиялық белгінің ең биік нүктесінде орналасады.

Қолданылып отырған әдіс пайдалану арқылы сорғы қондырғысынла реттелеті электржетек көмегімен судың үнемделуін есептеуге болады.

Саңылаудан ағып кететін су шығыны келесі формуламен анықталады:

$$q = \mu \omega \sqrt{2gH} \quad (4.1)$$

мұнда μ – шығын коэффициенті (саңылау конфигурациясына тәуелді);

ω – саңылау қимасы, м²;

g – еркін құлау үдеуі, м/с²;

H^* – арын (қысым), м.

Сорғы қондырғысының арын коллекторына керек қысым құбыр сипаттамасымен анықталады (2-қисық 1.1 сурет). Құбыр сипаттамасы келесі теңдікпен өрнектеледі:

$$H_c = H_n + SQ^2 \quad (4.2)$$

мұнда H_n - статикалық қарсықысым, м;

S -кұбырдың гидравликалық кедергісі, c^2/m^5 ;

Q - сужүргідегі су шығыны (сорғы станциясының суберімі), m^3/c

Егер сорғы станциясында РЭЖ қолданылмасы сорғы станциясының арын коллекторындағы нақты қысым келесі теңдікте анықталады:

$$H_n = H_\phi - S_\phi Q^2 \quad (4.3)$$

Егер сорғы дроссельденбесе, арын коллекторындағы қысым сорғы қысымына сәйкес келеді. Сол қысымда су-кұбыр жүйесі де болады. Артық қысым сорғы сипаттамасының (1 қисық 1.1 сурет) ординатасы мен құбыр сипаттамасының (2 қисық 1.1 сурет) айырымы арқылы анықталады. (4.2)-ден (4.3)-ті алсақ, аламыз

$$\Delta H = H_\phi - S_\phi Q^2 - H_n - SQ^2 = H_\phi - H_n - (S_\phi + S) Q^2 \quad (4.4)$$

Артық қысым үш факторға тәуелді:

- суберімді реттеу тереңдігінен

$$\lambda = Q/Q_0$$

- сорғы сипаттамасының тұнықтығы

$$H_\phi^* = H_\phi / H_0$$

- құбыр сипаттамасының тұнықтығы

$$H_n^* = H_n / H_0$$

Егер сорғы қондырғысы РЭЖ жабдықталса, алғ автоматтандырылған басқару жүйесі желідегі бақылаушы нүктедегі қысымды тұрақтандырса, сорғыдағы жұмыс нүктесі құбыр сипаттамасы бойынша орын ауыстырады (2 қисық 1.1 сурет). Бұл жағдайда сорғы қондырғысы арқылы туатын қысым қажет ұысымға сәйкес, ал артық қысым болмайды: $\Delta H = 0$.

4.2 Сорғы қондырғыларын түрлі әдістермен реттеген кездегі жылысулар мен өнімсіз шығындар

Дроссельдеу негізінен ірі сорғы қондырғыларында қолданылады, бірақ үнемі емес. Өйткені, қарапайым ысырмалар мен сужапқылар реттегіш емес бітеу

рөлін атқарады. Қарапайым ысырмалар мен су жапқыларды реттегіш құрылғы ретінде пайдалансақ, олар тез істен шығады және қайта жөндейді қажет етеді.

Сонымен қатар дроссельдеу оперативтік персонал арқылы қолмен іске асырылады. Ысырмаларды жабу операциялар арасы бірнеше сағатқа жетуі мүмкін. Қолмен дроссельдеу кезінде сорғы қондырғысындағы сукұбыр желісінің бақылаушы нүктелерінде қысым тұрақтандыруын қамтамасыз ететін бақылаушы режим практикалық тұрғыда мүмкін емес. Кіші және орта қондырғылар дроссельденбейді. Осылайша, сумен қамту жүйесіндегі көптеген сорғылар өздігінен реттелу режимінде жұмыс істейді. Бұл режимде барлық су құбыр желісі жоғары қысыда жұмыс істейді, соның салдарынан жылысу және өнімсіз шығындар айтарлықтай ұлғаяды. Төменде өздігінен реттелу кезіндегі және сорғы қондырғыларын РЭЖ қолдану арқылы реттеу кезіндегі жылысу мен өнімсіз шығындар салыстырылады.

Өздігінен реттелу кезінде суберімнің қорытынды мәні, соның ішінде: жылысу мен өнімсіз шығынды q_1 тұтынушыға керек су Q_0 тең болады:

$$Q_0 + q_1 = \mu \omega \sqrt{2g(H_{\text{тр}} + \Delta H)} \quad (4.5)$$

мұнда ΔH - артық арын, м.

РЭЖ қолданғанда артық арын болмайды, сондықтан, суберім, соның ішінде тұтынушығы керек су Q_0 жылысу мен өнімсіз шығынмен q_2 қоса тең болады:

$$Q_0 + q_2 = \mu \omega \sqrt{2gH_{\text{тр}}} \quad (4.6)$$

(4.6)дан (4.5) шегерсек, РЭЖ қолдану есебінен суберімнің азаюын аламыз:

$$\Delta q = q_1 - q_2 = \mu \omega \sqrt{2g} (\sqrt{H_{\text{тр}} + \Delta H} - \sqrt{H_{\text{тр}}}) \quad (4.7)$$

(4.7)ні (4.5)ке бөлсек, РЭЖ қолданға дейінгі $(Q_0 + q_1)$ қорытнды шығынға қарағанда су шығындарының салыстырмалы төмендеуін аламыз:

$$\Delta q^* = \frac{\Delta q}{Q_0 + q_1} = \frac{\sqrt{H_{\text{тр}} + \Delta H} - \sqrt{H_{\text{тр}}}}{\sqrt{H_{\text{тр}} + \Delta H}} \quad (4.8)$$

Кейінгі талдау салыстырмалы бірліктерді қолдані арқылы жүргізіледі. Ол сорғы қондырғысының белгілі бір түріне қарамастан су үнемделуінің жалпы түрде бағалануына мүмкіндік береді.

Салыстырмалы бірліктер жүйесіндегі негізгі параметрлер ретінде алынады: ең үлкен суберім- Q_6 және соған сәйкес арын - H_6 :

$Q_6^* = Q_6 / Q_6 = 1$ – салыстырмалы ең үлкен суберім относительная наибольшая подача;

$H_6^* = H_6 / H_6 - Q_6^*$ суберіміне сәйкес келетін арын

Суберім мен арынның аралық салыстырмалы мәні әрқашан бірден аз ($Q_i^* < 1; H_i^* < 1$).

(4.8) өрнегін түрлендіреміз, алымы мен бөлімін $\sqrt{H_6}$ бөлеміз.

Сонда

$$\Delta q^* = 1 - \frac{\sqrt{H_{mp}^*}}{\sqrt{H_{mp} + \Delta H^*}} \quad (4.9)$$

мұнда Δq^* - РЭЖ қолданғанға дейінгі судың толық шығынына қатысты жылысудың салыстырмалы азаюы, яғни, қондырғының РЭЖ-сіз жұмыс істеу ретіміне сай.

Қажетті қысым, жоғарыда айтылғандай, (1.2) теңдеуімен анықталады. Салыстырмалы бірлікті қолданғанда келесідей түрленеді:

$$H_{mp}^* = H^* + S^* Q^{2*} \quad (4.10)$$

Сорғы станциясының коллекторындағы нақты қысым сорғы сипаттамасының теңдеуімен (4.3) анықталады. Салыстырмалы бірліктер жүйесінде:

$$H_n^* = H_{mp}^* + \Delta H^* = H_\phi^* + S_\phi^* Q^{*2} \quad (4.11)$$

4.4 Бір сорғымен жұмыс істейтін сорғы қондырғылары үшін судың өнімсіз шығындар мен жылысу көлемін салыстырмалы азайтуды анықтау

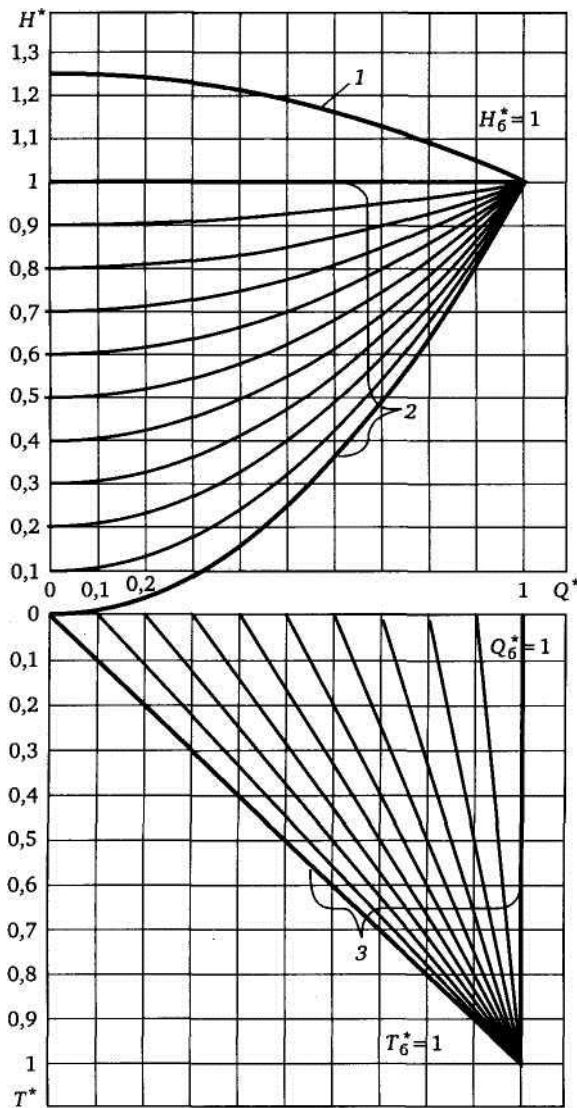
Жоғарыда көрсетілгендей РЭЖ қолданған кездегі өнімсіз шығындар көлемінің азаюы λ , H_n^* , H_ϕ^* параметрлеріне.

Отандық ортадан тепкіш су-құбыр сорғыларының көпшілігі үшін арынның орташа мәні $H_\phi^* \approx 1,25$. Сондықтан өнімсіз шығындардың салыстырмалы төмендеуін $H_\phi^* \approx 1,25$ сорғылары үшін есептейміз және H_n түрлі мәндері үшін $\Delta v_{\Sigma i}^* = f(\lambda)$ тәуелділігін тұрғызамыз (4.2 сурет).

4.1 суретінде сорғы мен сужүргінің H_n^* -нің түрлі мәнінде бірлескен жұмысын түсіндіретін графмк көрсетілген. Сол суретте λ -ның түрлі мәндеріндегі суберімнің реттелген диаграммасы ұсынылған ($Q^* = f(t^*)$). Судың реттелген диаграммасы келесі теңдікте:

$$Q^* = (1 - \lambda)t^* + \lambda \quad (4.12)$$

T^* = 1есептік периодының ұзақтығы 10 тең интервалға бөлінген.



1- сорғы сипаттамасы; 2 - H_{Π}^* -тың түрлі мәндеріндегі сужүргі сипаттамасы; 3 - λ -ның түрлі мәндеріндегі суберімнің реттелген диаграммалары

4.1 сурет– H_{Π}^* -тың түрлі мәндеріндегі сорғы мен сужүргінің бірлескен жұмысының графигі. λ -ның түрлі мәндеріндегі суберімнің реттелген диаграммалары

Әр интервалдың ұзақтығы $t_i^* = 0,1$, мұнда i - интервал номері. Есептеулер t_i^* уақытының әрбір интервалына жүргізілген. t_i^* уақыт интервалындағы жылысу көлемінің кемуі тең болады:

$$\Delta v_i^* = \frac{1}{2} (\Delta q_i^* + \Delta q_{i-1}^*) t_i^* = \Delta q_{cpi}^* V_i^* \quad (4.13)$$

Δq_i^* мен Δq_{i-1}^* мәндері Q^* және λ мәндеріне сәйкес (4.13) теңдігімен анықталды, мұнда V_i^* судың көлемі (t_i^* уақыт интервалына түседі):

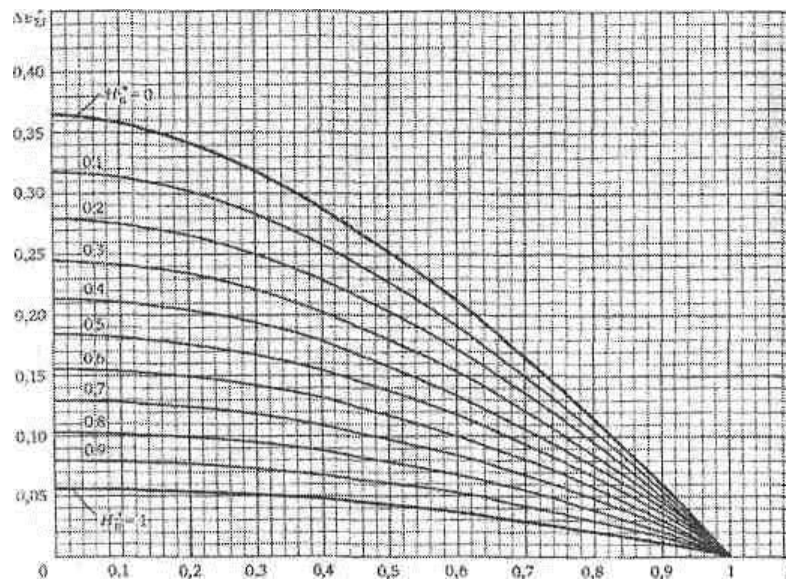
$$V_{i=1}^* = \frac{1}{2} (Q_i^* + Q_{i-1}^*) t_i^* \quad (4.14)$$

$T^* = 1$ есептік уақыт периодындағы жылысу көлемінің азаюы t_i^* уақытының 10 интервалының қорытынды көлеміне сай келеді:

$$\Delta v_{\Sigma i}^* = \sum_{i=1}^{i=10} v^* \cdot i \quad (4.15)$$

$T^* = 1$ есептік уақыт периодына түскен уақыт көлемі, t_i^* уақытының 10 интервалында түскен су көлеміне тең:

$$V_{\Sigma i}^* = \sum_{i=1}^{i=10} V^* \cdot i \quad (4.16)$$



4.2 сурет – $H_{п}^* = 1,25$ сорғылары үшін λ және $H_{п}^*$ мәндерінен салыстырмалы су үнемделуінің тәуелділігі

(4.15) бойынша есептелген $H_{п}^*$ және λ түрлі мәндері үшін жылысу көлемінің қорытынды төмендеуін $T^* = 1$ (4.15 бойынша табылған) уақыт периодында түсетін судың жалпы түсуін бөлсек судың салыстырмалы үнемделуін $\Delta v_{\Sigma i}^*$ табымыз. $\Delta v_{\Sigma i}^*$ табылған мәндерді 4.1 кестесіне енгіземіз.

Есептеулер нәтижесі бойынша 4.2 суретінде $H_{п}^*$ әр түрлі мәндері үшін $\Delta v_{\Sigma i}^* = f(\lambda)$ графигі тұрғызылған.

Алынған тәуелділіктер бір агрегаттан тұратын сорғы қондырғысының автоматтандырылған басқару жүйесінде РЭЖ қолданған кезде жылысу мен өнімсіз шығындар көлемін азаюын болжауға мүмкіндік береді.

Жылына су үнемделуінің болжамы, $m^3/\text{жыл}$:

$$V_{\text{эж. год}} = \Delta v_{\Sigma i}^* V_{\text{год}} \quad (4.17)$$

Кесте 4.1- Нақты суберім биіктігі $H_{\phi}^* = 1,25$ болған сорғылар үшін есептік период ішінде судың минималды шығын λ мен H_{Π}^* қарсықысымға қатысты салыстырмалы үнемделуі $\Delta v_{\gamma i}^*$.

Қарсықысым. H_{Π}^*	Минималды шығын λ										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
0,0	0,365	0,359	0,343	0,320	0,288	0,252	0,211	0,116	0,115	0,060	0
0,1	0,318	0,313	0,302	0,283	0,258	0,227	0,191	0,150	0,105	0,055	0
0,2	0,279	0,276	0,266	0,251	0,230	0,203	0,172	0,136	0,095	0,050	0
0,3	0,245	0,240	0,234	0,221	0,203	0,180	0,153	0,122	0,086	0,045	0
0,4	0,213	0,211	0,204	0,193	0,178	0,159	0,135	0,108	0,076	0,040	0
0,5	0,184	0,182	0,176	0,167	0,154	0,138	0,118	0,94	0,067	0,035	0
0,6	0,156	0,154	0,145	0,142	0,131	0,118	0,101	0,81	0,057	0,031	0
0,7	0,129	0,128	0,124	0,118	0,109	0,098	0,084	0,067	0,048	0,026	0
0,8	0,104	0,103	0,100	0,095	0,088	0,079	0,068	0,055	0,039	0,021	0
0,9	0,079	0,078	0,076	0,073	0,068	0,061	0,052	0,042	0,030	0,016	0
1,0	0,056	0,055	0,54	0,051	0,048	0,043	0,037	0,030	0,022	0,012	0

Ағын сулардың кәрізге ағып кетуін азайтуды бағалау

Бақшаны суару, жол жайылмасун жуу және соған ұқсас қажеттіліктерге кететін судан басқа жылысулар мен өнімсіз шығындардың үлкен бөлігі су кету жүйесіне түсетін болғандықтан, жоғарыда келтірілген әдістеме ағын судың кәрізге түсуін азаюын бағалауға көмектеседі.

Бақшаны суару, жол жайылмасун жуу және соған ұқсас қажеттіліктерге кететін судан басқа жылысулар мен өнімсіз шығындардың үлкен бөлігі су кету жүйесіне түсетін болғандықтан, жоғарыда келтірілген әдістеме ағын судың кәрізге түсуін азаюын бағалауға көмектеседі. Бақшан суару мен соған ұқсас қажеттіліктерге СББЖ арқылы берілетін судың 15- 20% кетеді деп есептесек, кәрізге кететін ағын су көлемінің азаюы тең болады:

$$V_{ум.сбр} = (0,80 \div 0,85) V_{эк. год}. \quad (4.18)$$

4.5 Сорғы қондырғыларында (бір сорғымен жұмыс істейтін) судың үнемделуін анықтайтын есептік қисықтарды $\Delta v_{\gamma i}^* = f(\lambda)$ қолдану мысалы

Бастапқы берілгендер:

Сорғы станциясында орналасқан екі сорғының біреуі Д1250-63 ($Q_{ном} = 1250 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_{ном} = 63 \text{ м}$) үздіксіз (жылына 8760сағ) жұмыс істейді. Жыл бойына суберімнің өзгеріс аймағы $Q_6 = 416 \cdot 1250 \text{ м}^3/\text{сағ}$. Сукөтерілімнің статикалық құраушысы $H_{\Pi} = 31 \text{ м}$. Жылыныа берілетін су көлемі:

$$V_{год} = 730000 \text{ м}^3/\text{жыл}.$$

Шешімі,

1. Салыстырмалы минималды суберімді анықтаймыз:

$$\lambda = Q_M / Q_6 = 416 / 1250 = 0,3.$$

2. Суберу жүйесіндегі салыстырмалы қарсықсымды анықтаймыз:

$$H_n^* = \frac{H_n}{H_6} = \frac{31}{63} = 0,492$$

3. 4.1 кесесі бойынша немесе есептік қисықтар бойынша (4.2 сурет) жылысу мен өнімсіз шығындар көлемінің салыстырмалы азаюын анықтаймыз. $H_n^* = 0,492$ және $\lambda = 0,3$ үшін жылысу мен судың өнімсіз шығындар көлемінің салыстырмалы азаюы $\Delta v_{\Sigma i}^* = 0,167$.

Сондықтан, жылына болжамдалған су үнемделуі:

$$V_{эк.год} = \Delta v_{\Sigma i}^* V_{год} = 0,167 * 7300000 = 1\ 219\ 100\ м^3/жыл,$$

яғни, сорғы қондырғысының энергоүнемдегіш АБЖ-де РЭЖ қолдану есебінен, жүйедегі бақылаушы нүктеде қысымды тұрақтандырған шартта, судың үнемделуі 16,7% құрайды.

Төртінші бөлім бойынша қорытынды

Жылысу мен өнімсіз шығындардың салдарынан болатын шығындарын анықтаудағы негізгі формулалар және тәуелділіктер талқыланды. Сорғы қондырғыларын түрлі әдістермен реттегендегі жылысу мен өнімсіз шығындар арасындағы салыстырмалы талдау жүргізілді. Сонымен қатар жылысу және өнімсіз шығындардан мәнін азайту тәсілдерін анықтау жолдары зерттелді. Сорғы қондырғыларында (бір сорғымен жұмыс істейтін) судың үнемделуін анықтайтын есептік қисықтарды қолдану мысалы жүргізілді.

5. РЭЖ қолданғандағы және сорғы қондырғыларының қуатын ұлғайтқан кезде кететін капиталды шығындарды азайту болжамы

5.1 Негізгі жағдайлар

Реттелетін электржетек қолданғандағы капиталды салымдардың ұлғаюы, оның тек қолданыстағы сорғы қондырғысында орналасқан сәтте ғана тиімді.

Жаңа қондырғының құрылысы кезінде немесе қолданыстағы қондырғыны қайта құру кезінде реттелетін электржетекті пайдалану капиталды салымдарды сорғы қондырғыларының қуатын үлкейту және қондырғы санын азайту себебінен төмендетуге мүмкіндік береді. Реттелетін электржетек болмаған жағдайда станцияларда слаыстырмалы аз қуаттағы бірнеше (10- 12) қондырғы орнатылады. Кейбір жағдайларда түрлі типтегі сорғыларды алады немесе бір

типті бірақ, түрлі диаметрлі жұмыс дөңгелегі болған сорғыларыды алады. Мұндай шешімдер қондырғыны орналастыру үшін өте үлкен өндірістік алаңдарды талап етеді, сорғы станцияларының гидравликалық сұлбасын қиындатады және гидромеханикалық құрылғылардың (ысырма, сужапқы) көп мөлшерде орналастырылуына байланысты.

Сорғы құрылғыларында реттелетін электржетектің қолданылуы үлкен сорғы қондырғыларын аз суберім режимінде қолдануға мүмкіндік береді, сәйкесінше олардың жалпы санын азайтады. Бұл жерде, неғұрлым құрылғы қуаттырақ болса, соғұрлым оның техникалық сипаттамалары үлкен болады, соның ішінде үлкен ПӘК(5.1-кесте).

5.1 кесте – Д сериалы сорғылардың техникалық-экономикалық көрсеткіштері

Параметр	Д320-70	Д1250-65	Д2500-62	Д3200-75	Д4000-95	Д6300-80
Қуат, кВт	100	320	630	800	1250	1600
Сорғы ПӘКі	0,78	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88
Қозғалтқыш ПӘКі	0,92	0,922	0,935	0,953	0,962	0,962
Құрылғы ПӘКі	0,716	0,79	0,816	0,83	0,846	0,846
Масса, кг	1130	4245	8730	11660	12780	18666
Меншікті масса, кг/кВт	11,3	13,3	13,9	14,6	10,3	11,7

Көрсетілгендей, сорғы агрегаттардың сызықтық көлемдері олардың қуаты мен суберіміне қарағанда жайырақ болады. Бәріне белгілі болғандай, машиналардың(электрқозғалтқыш, сорғы және т.б) көлемі олардың айнымалы моментінің номиналды мәндеріне пропорционалды:

$$V = \kappa M, \quad (5.1)$$

мұнда M – айнымалы момент;

κ - пропорционалдау коэффициенті.

Моментті сорғы қондырғысының жұмыстық параметрлері арқылы білдірсек және теңдіктің (5.1) екі жағында үшінші дәрежелі түбірастына алсақ қондырғының негізгі параметрлерінен сызықтық өлшемдеріне тәуелділігін аламыз:

$$L = \sqrt[3]{\kappa M} \sqrt[3]{\frac{QH}{\eta n}} \quad (5.2)$$

мұнда Q -сорғы қондырғысының суберімі;

H - сорғы қондырғысының арыны;

n - сорғы қондырғысының айналу жиілігі;

η – қондырғы ПӘКі.

Қарастырылып отырған қондырғы үшін салыстырылып отырған құрылғылардың арын мәндері шамамен бірдей. Салыстырылып отырған қондырғылардың параметрлері аз болғанын базалық мән ретінде аламыз. Бұл шарттар үшін, бірнеше түрлендірілулерден кейін салыстырылған құрылғылардың салыстырмалы сызықтық өлшемдерін анықтайтын өрнек аламыз:

$$L^* = \sqrt[3]{\frac{Q_k / \eta_k n_k}{Q_b / \eta_b n_b}} \quad (5.3)$$

мұнда Q_k, η_k, n_k – бекітілген қондырғының номиналды параметрлері;

Q_b, η_b, n_b – базалық қондырғының номиналды параметрлері.

(5.3) өрнегінен бекітілген қондырғының сызықтық өлшемдері және суберімі базалық қондырғымен салыстырғанда үлкейеді. Бұл заңдылықтар кең танымал Д сериялы сорғы қондырғыларында тексерілген.

Анықтама бойынша алынған Д сериялы қондырғылардың нақты өлшемдері бойынша келісі теңдік бойынша алты сорғының салыстырмалы сызықтық өлшемдері алынды:

$$L^*_{факт} = \sqrt[3]{\frac{l_k b_k h_k}{l_b b_b h_b}} \quad (5.4)$$

мұнда l_k, b_k, h_k – бекітілген қондырғының өлшемдері (ұзындығы, ені, биіктігі);

l_b, b_b, h_b – базалық қондырғының өлшемдері (ұзындығы, ені, биіктігі).

Базалық қондырғы ретінде Д320-70 сорғысымен жинақталған қондырғы алынды. Есептеудің нәтижесі 5.2–кестесінде көрсетілген.

Сорғы қондырғыларының сызықтық өлшемдері суберімге қарағанда баяу ұлғаятынына байланысты қондырғының жекелеген қуатын ұлғайту олардың санын азайтуға және ғимараттардың көлемін кішірейтуге, станцияның гидравликалық сұлбасын оңайлатуға, тарату құрылғыларындағы құбыр санын азайтуға мүмкіндік береді.

5.2 кесте– Д сериялы сорғылардың салыстырмалы параметрлері

Сорғы түрі	Арын, м	Қондырғының номиналды қуаты, кВт	Салыстырмалы суберімі	Есеп бойынша салыстырмалы сызықты өлшемі (5.3)	Анықтама бойынша салыстырмалы сызықты өлшемі (5.4)
Д320-70	70	100	1	1	1
Д1250-65	65	320	3,9	1,93	1,62
Д2500-62	62	630	7,8	2,73	2,32

Д3200-75	75	800	10	2,94	2,71
Д4000-95	95	1250	12,5	3,15	2,78
Д6300-80	80	1600	19,7	4,0	3,6

Сорғы қондырғыларын реттелетін электржетекпен қамтамасыздандыру себебінен, сорғы станциясындағы қондырғы санының азаюы су тұтыну өзгерісі арқылы келетін жұмыс режимінің өзгерісімен болатын оперативті қабілеттерін төмендетпейді.

Осылайша, реттелетін электржетекті қолдану капиталды салымды арттырып қана қоймай, сонымен бірге төмендетеді (dK мәніне).

Есептеулер нәтижесі бойынша, реттелетін электржетекті бекітілген жекелеген қуатпен бірге қолданғанда келтірілген шығындарды 26- 50% азайтуға мүмкіндік береді.

5.2 Сорғы қондырғыларының жекелеген қуатын бекіту мысалы

Жобаланған сорғы станциясының мысалында РЭЖтің қондырғының жекелеген қуатын бекітумен бірге қандай экономикалық әсер беретіні көрсетілген.

5.1-суретте екі сорғы станциясының қондырғыларының орналасқан сұлбасы мен гидравликалық сұлбасы көрсетілген. Станцияның номиналды суберімі 260- 270 мың. м³/тәулік, номиналды арыны 70- 75 м. Есептік реттеу ауқымы суберім бойынша 1,5- 5,0 м³/с және арын бойынша 44- 73 м.

Базалық нұсқада синхронды электрқозғалтқыштардан реттелмейтін электржетек арқылы қуаты 800 кВт Д3200-75 типті сегіз сорғы орнату қарастырылуда.

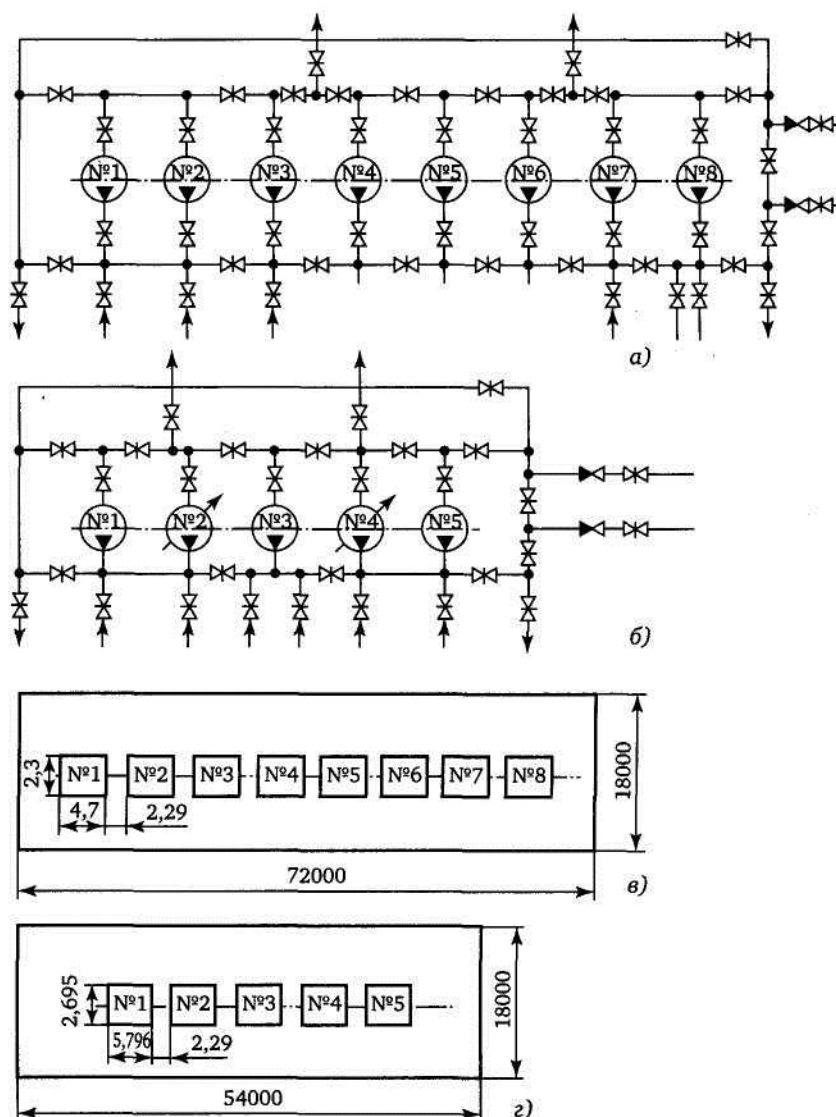
Жаңа нұсқада бекітілген қуатпен (1600 кВт) Д6300-80 типті бес сорғы қондырғысын орнату, соның ішінде екеуі реттелеті электржетекпен қамтамасыздандырылған, қарастырылуда. Екі нұсқаны салыстыра келгенде, жаңа нұсқадағы станция ғимараты базалық нұсқаға қарағанда 15% аз.

Базалық нұсқа бойынша станция өлшемі (ұзындығы х ені) 72x18 м, ал жаңа нұсқа бойынша 54x18 м. Сонымен қатар гидравликалық сұлба айтарлықтай ықшамдалды. Базалық нұсқа бойынша гидравликалық сұлба 58 бірлік су-құбыр арматурасымен қамтамасыздандырылған, ал жаңа нұсқа бойынша 42 бірлікті құрайды.

Есептеулер нәтижесі реттелген электржетекті пайдаланғаннан электрмен жабдықтауға кететін салым 1,7- 1,8 есеге өскенін, гидромеханикалық бөлігі өзгеріссіз қалғанын, құрылыс саласы бойынша 20% төмендегенін көруге болады. Жаңа нұсқа бойынша келтірілген шығындар электрэнергияны, суды және салымдарды үнемдегенде 41,9%. төмендеді.

Есептік нәтижесі бойынша сорғы қондырғыларында реттелетін электржетектің қолданылуы энергия және суды үнемделуімен бірге сорғы санын азайтып, гидравликалық сұлбаны ықшамдатады, сорғы станция ғимаратының құрылыс көлемін азайтады. Осыған орай екінші ретті экономикалық әсер

туындалады: жылуға, жарыққа және қайта өңдей жұмыстарына шығындар кемиді.



а – қуаты 800 кВт сегіз сорғы қондырғысының гидравликалық сұлбасы;
 б - қуаты 1600 кВт бес сорғы қондырғысының гидравликалық сұлбасы;
 в - қуаты 800 кВт сегіз сорғы қондырғыларын орналастыру; г- қуаты 1600 кВт
 бес сорғы қондырғыларын орналастыру

5.1 сурет– Сорғы қондырғыларының жекелеген қуатын бекіту

Бесінші бөлім бойынша қорытынды

Реттелетін электржетек қолданғандағы капиталды салымдардың ұлғаюы, оның тек қолданыстағы сорғы қондырғысында орналасқан сәтте ғана тиімді.

Жаңа қондырғының құрылысы кезінде немесе қолданыстағы қондырғыны қайта құру кезінде реттелетін электржетекті пайдалану капиталды салымдарды сорғы қондырғыларының қуатын үлкейту және қондырғы санын азайту себебінен төмендетуге мүмкіндік береді. Мұндай шешімдер қондырғыны

орналастыру үшін өте үлкен өндірістік алаңдарды талап етеді, сорғы станцияларының гидравликалық сұлбасын қиындатады және гидромеханикалық құрылғылардың (ысырма, сужапқы) көп мөлшерде орналастырылуына байланысты. Сорғы қондырғыларын реттелетін электржетекпен қамтамасыздандыру себебінен, сорғы станциясындағы қондырғы санының азаюы су тұтыну өзгерісі арқылы келетін жұмыс режимінің өзгерісімен болатын оперативті қабілеттерін төмендетпейді.

Осылайша, реттелетін электржетекті қолдану капиталды салымды арттырып қана қоймай, сонымен бірге төмендетеді

6 Ортадан тепкіш сорғы электржетегінің компьютерлік моделін MATLAB жүйесінде құру және талдау

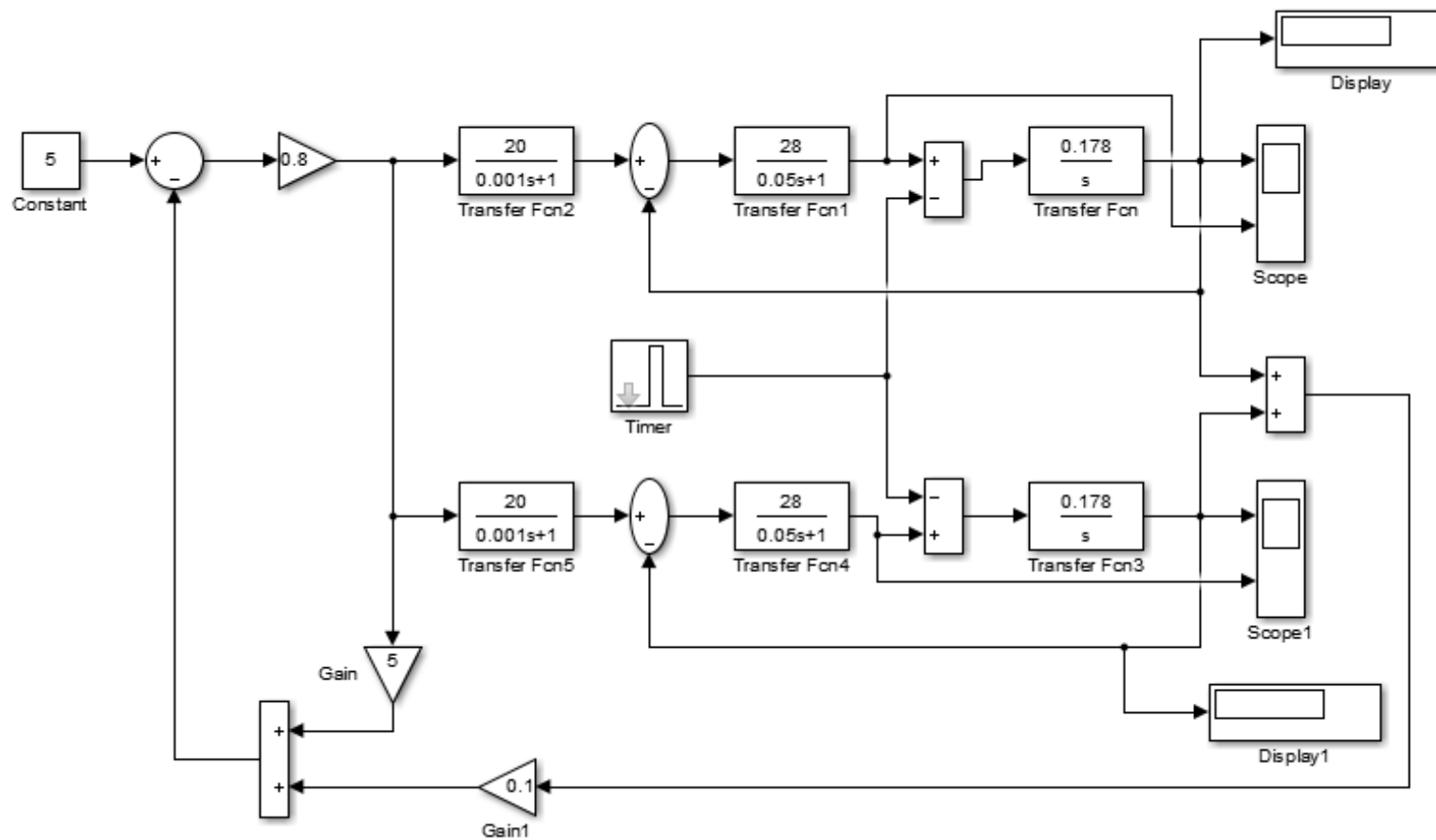
Сорғының сипаттамаларын зерртеу мақсатымен 15кВт электрқозғалтқыш алынды. Электрқозғалтқыштың сипаттамасы төмендегі кестеде көрсетілген.

3.1 кесте– Электрқозғалтқыш сипаттамасы

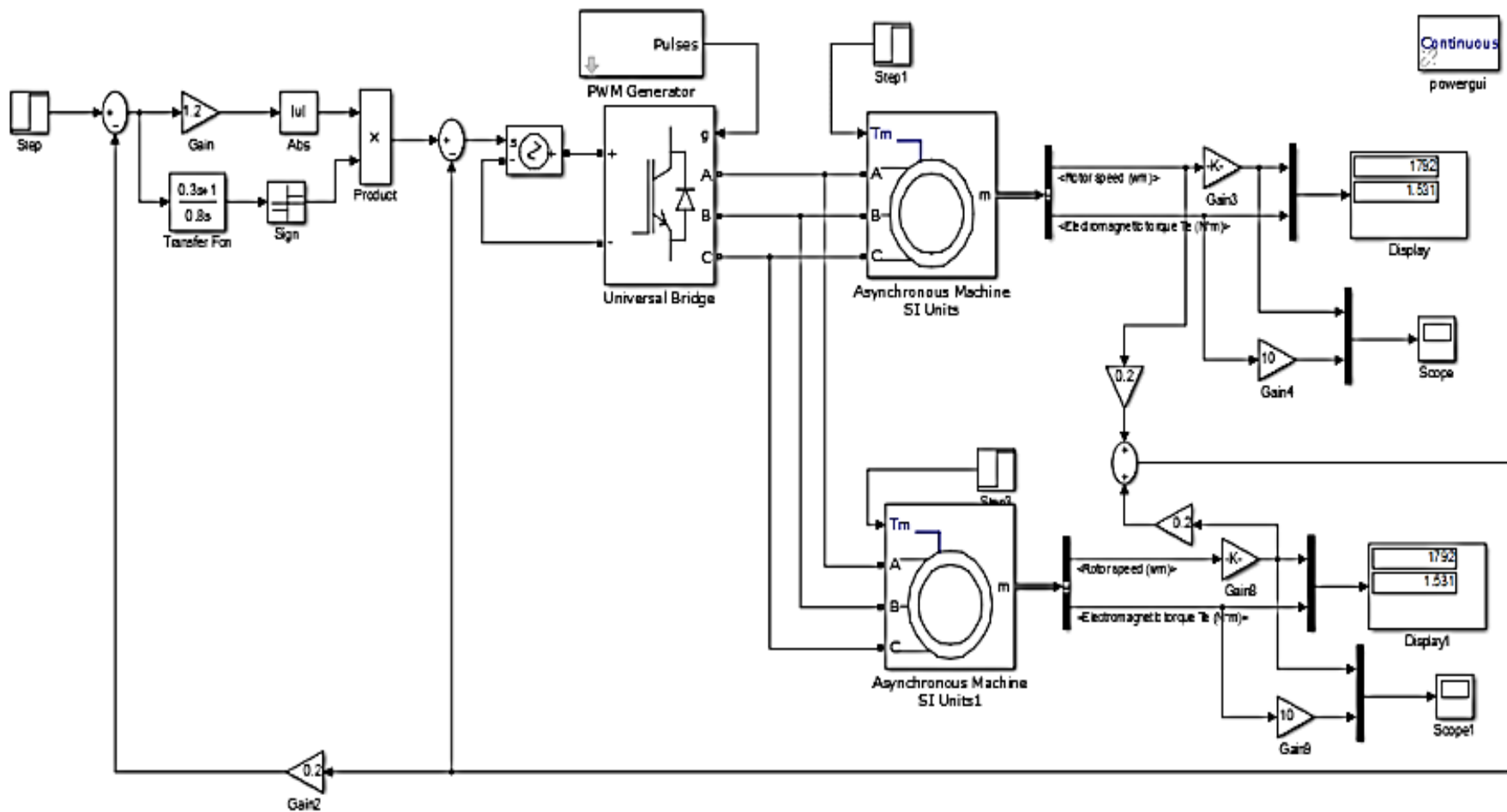
Электрқозғалтқыш атауы	Қуаты	айн/мин.	ПӘК, %	Қуат коэф	Инерция моменті
АИР160S4	15 кВт	3000	89,0	0,85	0,0600

Зерттеудің мақсаты екі электрқозғалтқышты сорғыны басқарудың тиімді жолын анықтау. Талдау процессінде бір және екі жиіліктік түрлендіргішпен құрастырылған басқару әдістерінің нұсқалары қарастырылды. Сонымен қатар, модельдің құрылымдық және виртуалды сұлбаларын MATLAB жүйесінде құрастыру.

Зерттеуге бір құбырға жұмыс жасайтын екі бірдей асинхронды қозғалтқышты сорғы қондырғылары берілген. Құрылымдық сұлба әрбірі қысқатұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш екі динамикалық байланыстан тұрады: интегралдаушы және инерционды құрамдас бөліктері. Бұл бөлімде екі қозғалтқышты ортадан тепкіш сорғы электржетегінің бір және екі айналым түрлендіргішпен жұмыс істеу нұсқалары қарастырылды. Сәйкесінше, әр нұсқаға байланысты қозғалтқыштардың механикалық сипаттамалары талқыланды..

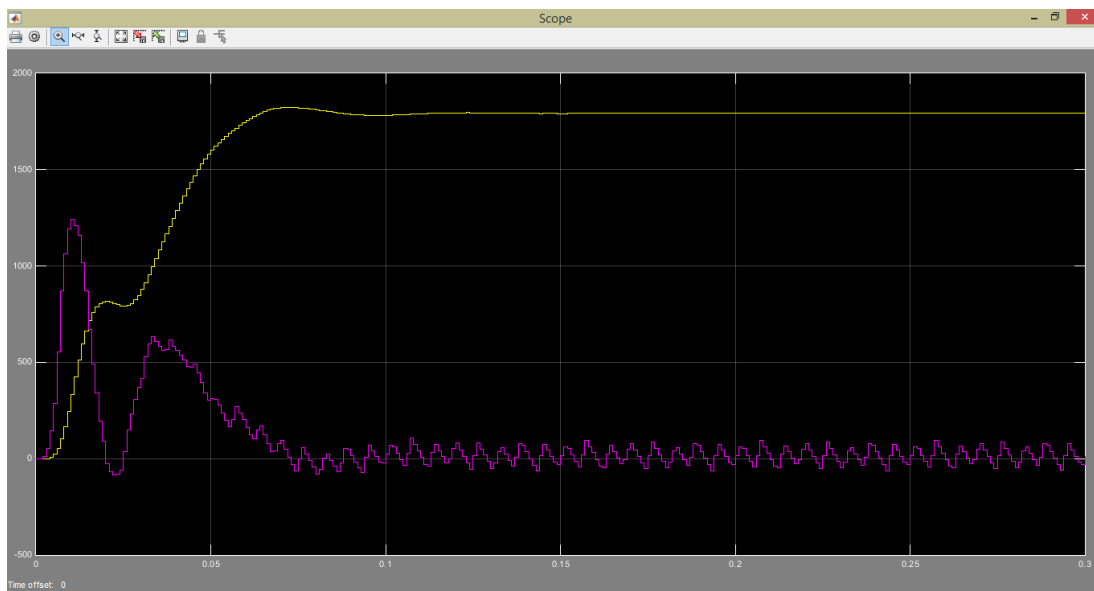


6.1 сурет – MATLAB жүйесінде екі қозғалтқышты ортадан тепкіш сорғы электржетегінің құрылымдық сұлбасы

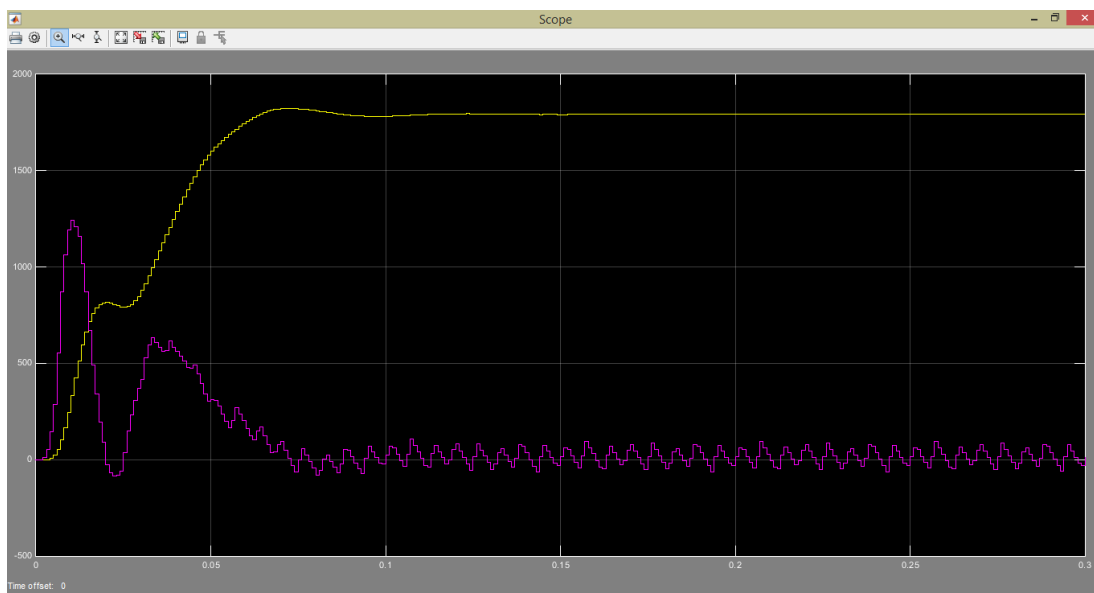


6.2 сурет – MATLAB жүйесінде екі қозғалтқышты ортадан тепкіш сорғы электржетегінің бір жиіліктік түрлендіргішпен жұмысының виртуалды сұлбасы

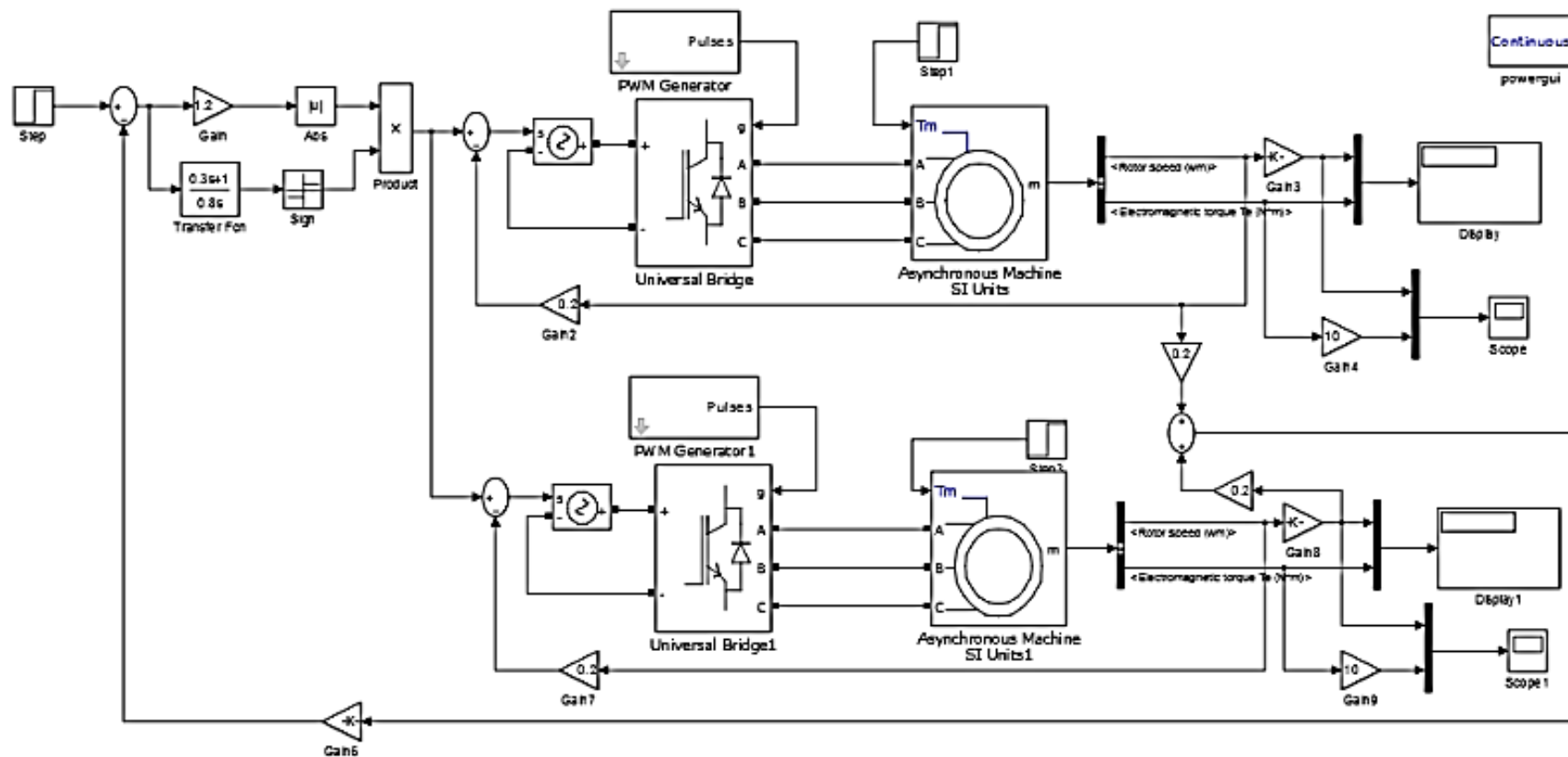
Төмендегі суреттерде сорғы жұмыстарының модельдеу процессінің нәтижесінде шыққан негізгі реттелетін өлшемдер көрсетілген. Графиктерде қозғалтқыштардың айналу жылдамдықтары және моменттері ұсынылған. Төмендегі суреттеде бір айналым түрлендіргішпен жұмыс жасайтын сорғы қозғалтқыштарының механикалық көрсеткіштері.



6.3 сурет–1-ші қозғалтқыштағы жылдамдық және момент көрсеткіштері

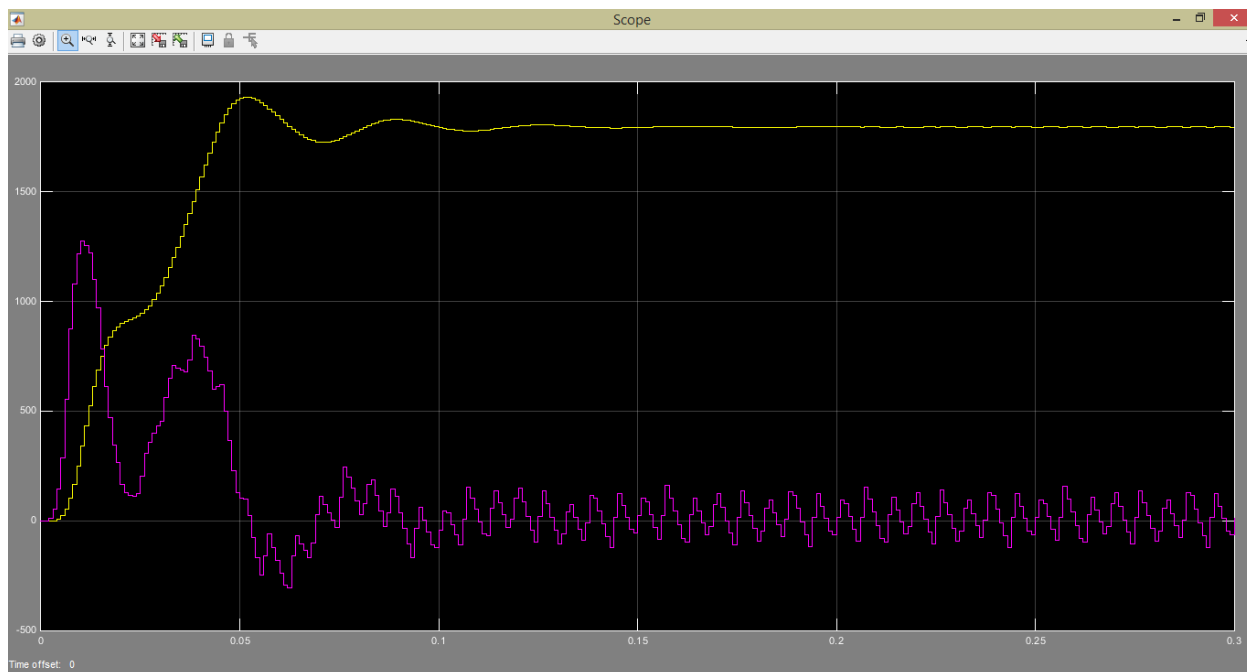


6.4 сурет–2-ші қозғалтқыштағы жылдамдық және момент көрсеткіштері

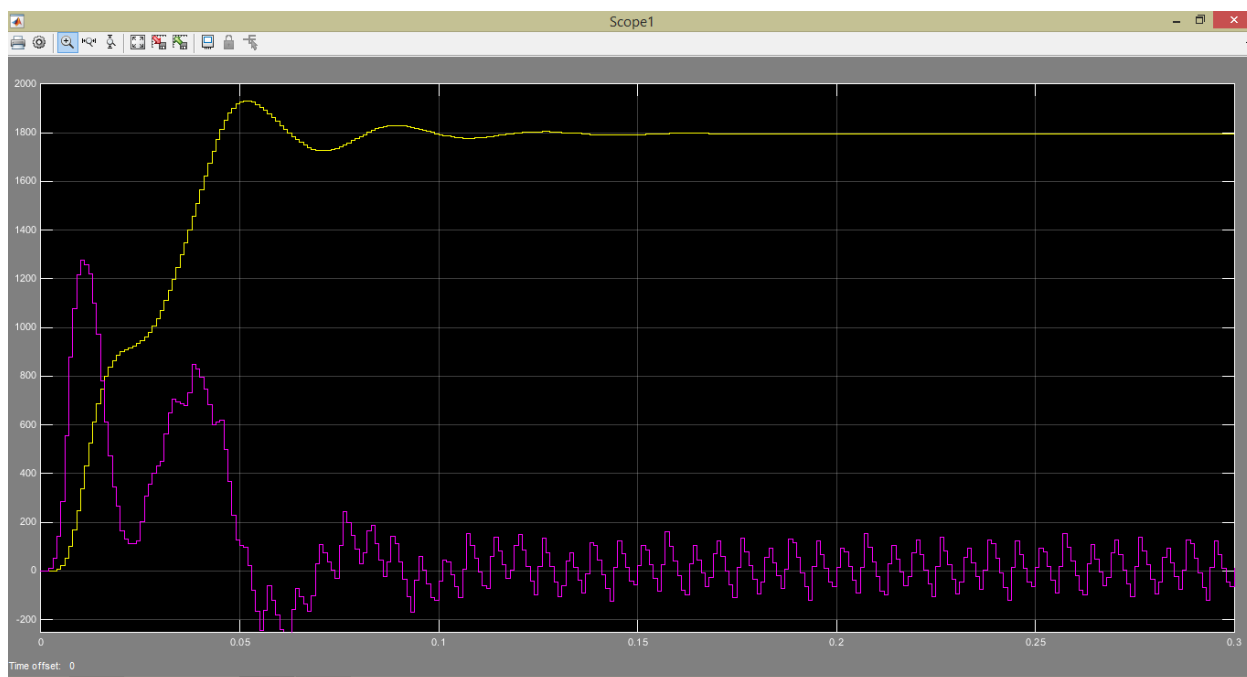


6.5 сурет–MATLAB жүйесінде екі қозғалтқышты ортадан тепкіш сорғы электржетегінің бір жиіліктік түрлендіргішпен жұмысының виртуалды сұлбасы

Төмендегі суреттеде екі айналым түрлендіргішпен жұмыс жасайтын сорғы қозғалтқыштарының механикалық көрсеткіштері.



6.6 сурет–1-ші қозғалтқыштағы жылдамдық және момент көрсеткіштері



6.7 сурет–2-ші қозғалтқыштағы жылдамдық және момент көрсеткіштері

Алтыншы бөлім ойынша қорытынды

Екі қозғалтқышты ортадан тепкіш сорғылардың асинхронды электржетегі бірдей екі қозғалтқыштан тұрады. Құрылымдық сұлбада әрбір қысқатұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш екі динамикалық байланыстан тұрады: интегралдаушы және инерционды құрамдас бөліктері.

Бұл бөлімде екі қозғалтқышты ортадан тепкіш сорғы электржетегінің бір және екі жиіліктік түрлендіргішпен жұмыс істеу нұсқалары қарастырылды. Сәйкесінше, әр нұсқаға байланысты қозғалтқыштардың механикалық сипаттамаларына талдау жасалынды.

Талдау нәтижесі бойынша бір жиіліктік түрлендіргішімен жұмыс істейтін қозғалтқыштардың механикалық көрсеткіштері, екі жиіліктік түрленгішпен жұмыс істейтін сұлбадағы қозғалтқыштардың механикалық сипаттамаларынан ұтымды екенін көрсетті. Сонымен қатар бір жиіліктік түрленгішті сорғы қозғалтқыштарының сұлбасы экономикалық жағынан тиімді.

Қорытынды

Диссертацияда жүргізілген сараптамалар бойынша есептік диаграмма бойынша дроссельдеу, сатылы реттеу және РЭЖ көмегімен реттелетін сорғы қондырғыларының шығынары анықталды. Сонымен қатар, сатылы реттеу кезіндегі жұмыс режимінің ерекшеліктері және энергия тұтынылуы талқыланды. Қарастырылып отырған ортадан тепкіш сорғының құрылымдық және механикалық сипаттамаларын ескеретін электржетектегі энергия түрленуінің электрмеханикалық процессіне толық сипаттама беріледі.

Сатылы реттеуді сорғының айналу жиілігін өзгерту арқылы реттеумен ауыстыру кезіндегі энергия үнемделуінің тиімділігі және сорғы қондырғыларында РЭЖ қолданғанда энергия үнемделуінің болжамы қарастырылды. Сорғы қондырғыларын реттелетін электржетекпен жабдықтағанда энергия үнемдеуді болжауда есептік қисықтардың қолданылуы, олардың артықшылығы мен кем тұстары көрсетілді. Сорғы қондырғыларын түрлі әдістермен реттеген кездегі жылысулар мен өнімсіз шығындар болуының алдын алу, шығын көрсеткіштерін төмендету сұрақтары талқыланды. Сондай-ақ, бір сорғымен жұмыс істейтін сорғы қондырғылары үшін судың өнімсіз шығындар мен жылысу көлемін салыстырмалы азайтуды анықтау жолдары іздестірілді. Сорғы станцияларын салу және айта өңдеу кезінде жекелеген сорғылардың қуаттарын ұлғайту арқылы экономикалық ұтымдылықты пайдалану жолдары көрсетілді.

Ортадан тепкіш сорғы электржетегінің компьютерлік моделін MATLAB жүйесінде құру және талдау жүргізілді. Берілген сұлбада бір құбырға жұмыс істейтін екі қозғалтқышты сорғы қондырғыларының жұмысы талқыланды. Сараптамаға сәйкес экономикалық ұтымды және механикалық сипаттама көрсеткіштері тиімді нұсқа бір жиіліктік түрлендіргіш арқылы құрастырылған сұлба екендігі айқындалды.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Кацман М.М. Электрический привод. – М.: Академия, 2005.
2. Москаленко В.В. Электрический привод. – М.: Академия, 2007.
3. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1981.
4. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб: КОРОНАпринт, 2001.
5. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: Академия, 2006.
6. Соломенцев Ю.М. Теория автоматического управления. – М.: Высшая школа, 2003.
7. Мергенова Б. и др. Русско-казахский словарь. Издание третье, переработанное и дополненное. – Алматы: Дайк-Пресс, 2005.
8. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, Simpowersystems и Simulink. – ДМК-Пресс, 2014.
9. Толпаров Д.В. Эффективность использования насосов со встроенными преобразователями частоты в системах вентиляции, отопления и водоснабжения // Оборудование - регион. -2006.
10. Лезнев Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках. – М. Энергоатомиздат, 1991.
11. Сагитов П.И. Методика расчетов системы согласованного вращения асинхронных двигателей – Электромеханика, 1979.
12. Чистяков Н.Н. Перспективы применения регулируемого электропривода во внутренних системах водоснабжения жилых микрорайонов Электротехника. – 1995.
13. Энерго- и ресурсосберегающее оборудование и системы автоматизации // Приводная техника.-2005.-№1.
14. Автоматизированный электропривод центробежных механизмов. Учебное пособие / М.А. Мустафин. Алматы, 2005.
15. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. Под. ред. И.Я. Браславского. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
16. Ильинский Н. Ф. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений / Н. Ф. Ильинский, В. В. Москаленко. – М.: Издательский центр «Академия», 2008