Қ.И.СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ

Ө.А. БАЙҚОҢЫРОВ АТЫНДАҒЫ ТАУ-КЕН МЕТАЛЛУРГИЯ ИНСТИТУТЫ

ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ МАШИНАЛАР және ЖАБДЫҚТАР КАФЕДРАСЫ

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.канд.,
ассоц. профессор
_____К.К. Елемесов
«___»_____2019ж

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: «Жер асты кеніші жағдайы үшін сутөкпе қондырғысының жобасын жасау»

5В072400 – «Технологиялық машиналар және жабдықтар» мамандығы

Орындаған: Жумахан Асылбек Жақыпбекұлы

Ғылыми жетекші лектор: Бимбетов Мелдехан Үсенұлы

Алматы 2019

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

Технологиялық машиналар және жабдықтары кафедрасы

5В072400 – «Технологиялық машиналар және жабдықтар»

БЕКІТЕМІН
Кафедра меңгерушісі
техн. ғыл канд.,
ассоц. профессор
_____К.К. Елемесов
«___» _____2018 ж.

Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы Жумахан Асылбек Жақыпбекұлы

Тақырыбы «Жер асты кеніші жағдайы үшін сутөкпе қондырғысының жобасын жасау »

Университет басшысының *"08" қазан 2018 ж. № 1113-б* бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі *«13» мамыр 2019ж.*

Дипломдық жобаның бастапқы берілістері: *ЦНС 300- 1170 сорғысы.*

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Техникалық бөлімі: Сутөкпе қондырғысына талдау жасау; негізгі жабдықтарына түсініктеме беру.

б) Есептеу бөлімі және арнайы бөлім: негізгі элементтерінің параметрлері есептелінді; патенттік ізденістер жүргізілді.

в) Эксплуатациялық бөлімі: техникалық қызмет көрсету мен пайдалану;

г) Еңбек қорғау бөлімі: қауіпсіздік шаралары және еңбек қорғау мәселелерін қарастыру;

д) Техника- экономикалық көрсеткіштер бөлімі: жабдық амортизациясы, электр шығыны;

Сызба материалдар тізімі (5 парақ сызбалар көрсетілген)

1. Сутөкпе қондырғысының жалпы көрінісі; 2. Жинақ сызбасы; 3.Бөлшек сызбасы; 4. Патенттік талдау. 5. Бөлшек сызбасы.

Ұсынылатын негізгі әдебиет 14 *атау*

АҢДАТПА

Шахталық сутөкпе қондырғылары электр энергиясының едәуір тұтынушылары болып табылады және ауыспалы су ағындары жағдайында жұмыс істейді, сондықтан сорғы агрегатының жұмыс режимдерін өзгерту және шахталық сутөкпе қондырғысын автоматты басқарудың тиімді жүйесін құру суды соруға жұмсалатын үлестік энергия шығындарын қысқартуға мүмкіндік береді. Электр жетегінің айналу жиілігін өзгерту арқылы сорғы агрегаттарын беруді үздіксіз реттеу жүйесін құру перспективалары қарастырылды. Осы бағыттағы одан арғы зерттеулер жиіліктік-реттелетін электр жетегі бар шахталық сорғы агрегатын құруға мүмкіндік береді. Мұндай сорғыш агрегаттарды пайдалану шахталық су төгуге өзгермелі су сынақтарын қадағалауға, сондай-ақ іске қосу санын азайту салдарынан сорғылардың электр жетектерінің қызмет ету мерзімін ұлғайтуға мүмкіндік береді.

АННОТАЦИЯ

Шахтные водоотливные установки являются значительными потребителями электроэнергии и работают в условиях переменных водопритоков, поэтому изменение режимов работы насосного агрегата и создание эффективной системы автоматического управления шахтной водоотливной установкой позволяет сократить удельные энерго затраты на откачку воды. Рассмотрены перспективы создания системы непрерывного регулирования подачи насосных агрегатов путем изменения частоты вращения электропривода насоса. Дальнейшие исследования в данном направлении позволят создать шахтный насосный агрегат с частотно-регулируемым электроприводом. Эксплуатация таких насосных агрегатов позволит шахтному водоотливу отслеживать изменяющийся водоприток, а также увеличить срок службы электроприводов насосов вследствие уменьшения количества пусков.

ANNOTATION

Mine drainage systems are significant consumers of electricity and operate in conditions of variable water flows, so changing the operating modes of the pump unit and the creation of an effective automatic control system of mine drainage system can reduce the specific energy costs of pumping water. Prospects of creation of system of continuous regulation of supply of pump units by change of frequency of rotation of the electric drive of the pump are considered. Further research in this direction will create a shaft pump unit with a frequency-controlled electric drive. The operation of such pumping units will allow the mine drainage to monitor the changing water flow, as well as to increase the service life of the electric drives of pumps due to a decrease in the number of starts.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	5
1	Техникалық бөлім	6
1.1	Кен орынның геологиялық құрылысы	6
1.2	Сутөкпе қондырғысының негізгі параметрлері мен техникалық көрсеткіштері	6
1.3	Ортадан тепкіш насостардың жұмыс істеу принципі	8
2	Есептік бөлім	9
2.1	Су төкпе сұлбаларын таңдау	10
2.1.1	Насостық камералар және су жинағыштар	10
2.1.2	Су төкпе құбырлары	12
2.2	Насостық қондырғының жұмыстық сипаттамасын анықтау	13
2.3	Су төкпе қондырғысының электр жетегі	14
2.4	Су төкпе қондырғыларын автоматтандыру	15
3	Эксплуатациялық бөлім	16
3.1	Сутөкпелерге техникалық қызмет көрсету жұмыстары	16
3.2	Сутөкпе қондырғыларының механикалық ақаулары	17
3.3	Сутөкпе қондырғысы жұмыс кезінде туындауы мүмкін аномалды және қауіпті жағдайларды анықтау	17
3.4	Аномалды және қауіпті жағдайлардың алдын алу	18
4	Арнайы бөлім	20
4.1	Қысымдық әсерлі гидрокөлік қондырғысын есептеу	20
4.2	Судың шығыны мен құбырдың диаметрін анықтау	21
4.3	Сорғы қондырғысының толық қысымын анықтау	26
5	Еңбекті қорғау және қауіпсіздік	28
6	Техникалық – экономикалық көрсеткіштер	30
	Қорытынды	32
	Пайдаланылған әдебиеттер	33

КІРІСПЕ

Тау-кен өнеркәсібі қазіргі индустрияның негізгі шикізатты және отынды базасы болып табылады. Соңғы жылдары тау-кен өнеркәсібінің техникасы мен технологиясы көптеген өзгерістеге ұшырады.

Жерасты өндірудегі қазба жұмыстарында өнімділігі жоғары жаңа бұрғылы, жүк тиейтін-көлікті және қосымша қондырғылар кең қолданыс тапты. Қуатты забойлы механизмдердің, автоматика және телемезаника құралдарының енуіне байланысты шахталардың өзінің көрінісі болады, өңдеу жүйелері өзгереді және олардың жаңа нұсқасы жасалады, тау-кен жұмыстарының концентрациясы, шахта алқабын қазуды қарқындату жүргізіледі.Шахталық сутөкпе қондырғылары тау-кен қазындыларын аршу кезінде пайда болатын жер асты суларын жердің бетіне шығаруға арналған құрылғылар кешені.

Сутөкпе қондырғылары атқару қызметтеріне байланысты бірнеше түрге жіктеледі:

1) басты сутөкпе қондырғысы (жалпышахталық су ағынын жердің бетіне шығару үшін);

2) көмекші сутөкпе қондырғысы (төменгі шахталық горизонттардан суды басты сутөкпе қондырғысының сужинағышына);

3) учаскелік сутөкпе қондырғысы (көлбеу өндірілген (еңіс) забойлардан суды тартып шығару үшін қолданылады).

Сутөкпе қондырғыларын стационарлы, жартылай стационарлы және жылжымалы деп бөледі. Стационарлыға – басты сутөкпе қондырғылары, жылжымалыға көмекші қондырғылар жатады.Жартылай стационарлы қондырғылар уақыт өте келе тау-кен жұмыстарының орны ауысқан кезде үлкен уақыт интервалымен өз орнын ауыстырады. Шахталық сутөкпеде горизонталь секциялы ортадантепкіш насостар қолданылады.Қазіргі кезде шығарылатын насостар: ЦНС, ЦНСГ, ЦНСМ.

Насостардың әріптік белгіленуі:

Ц- ортадан тепкіш;

Н- насос;

С- секциялы;

Г- лай суға арналған;

М- маймен жұмыс істеуге арналған;

К- қышқыл суларға арналған.

1 Технологиялық бөлім

1.1 Кен орынның геологиялық құрылысы

«40 лет КазССР - Молодежная» кенорны Хромтау қаласынан солтүстік, солтүстік-шығысқа қарай 11 км және «20 лет КазССР» кенорнынан солтүстік-шығысқа қарай 4 км жерде орналасқан.Емлелік қатынаста кенорын тектоникалық бұзылыстарға ұштастырылған екі жыра-сайға бөлінген жазық алқабы. Беттің абсолютті белгілері +375-тен 393м-ге дейін ауытқиды.

Аудан экономикалық қатынаста ауыл шаруашылықты, өндірісті болып келеді.Дөң кен-байыту комбинатының тауар өнімдері қатарлы кен және хромды концентрат болып табылады.Аудан климаты - күрт құбылмалы. «40 лет КазССР - Молодежная» кенорны Кемпірсай ультранегізгі алқабындағы Оңтүстік-Кемпірсай кенді жазықтығының шығысты кенді жолағына жатады.Хромды кен жайылуын оқщаулау әртүрлі дәрежеде серпентинделген перидотиттермен, дунитаттармен және пироксинді дунитаттармен келтірілген ультранегізгі жыныстарда жүреді.

Ультранегізгі жыныстар бетіне тұнбалы мезокайнозойлы жыныстар құндақтарымен жабылған. Мезокайнозойлы жыныстарға кіреді: жоғарғы борлы глауконитті-кварцті құмдар, конгломераттар және жалпы қуаттылығы 10,8м баратын әкті саздар, палеогенді опокалар, құмды тастар және қуаттылығы 13,5м-ге дейін болатын саздар, төртіншілік шөгінділер.

1.2 Сутөкпе қондырғысының негізгі параметрлері мен техникалық көрсеткіштері

Сутөкпе қондырғысы – бұл тау-кен қазбаларынан суды шығаруға және оны жер бетіне беруге арналған техникалық құралдар кешені. Жер асты суларын сору үшін сутөкпе қондырғылары қолданылады, олар мақсатына байланысты орталық, басты, учаскелік, қосалқы, айдау, ұңғымалық болып бөлінеді [8].

Орталық сутөкпе қондырғысы бірнеше шахтадан суды сору үшін арналады; басты сутөкпе қондырғысы — барлық шахтаның су ағынының бетіне тікелей беру үшін;

Учаскелік — шахтаның немесе кеніштің қандай да бір учаскесінің қазбаларынан суды бас су жинағышқа немесе жер бетіне сору үшін;

Учаскеде, еңістерде, зумпфтерде орналасқан қосалқы-басты және орталық сутөкпе қондырғысының су жинағышына суды айдау үшін;

Қабаттың толқынды топырағында қолданылатын айдау — учаскелерден басты сутөкпе қондырғысының су жинағышына суды қондырғылар.

Тау-кен жұмыстарын жүргізгенде суды сыртқа шығаруды төмендегідей үш әдіспен (технологиялық сұлбалар) атқаруға болады:

1) тікелей сутөкпе, оқпанда салынған құбырлар бойымен шахтаның сужинағышынан суды шахтаның бет жағына тасу;

2) сатылы сутөкпе, әдетте өндірулер тереңдігі 700 м астам шахталарда қолданылатын аралық горизонттарда өз сужинағышын орналастыру;

3) сатылы сутөкпе, су төменгі горизонттан жоғары жатқан бірнеше горизонттарда орналасқан қосымша сужинағышсыз тізбектеп жалғасқан насостармен тасу.

1 Сурет – Сутөкпе қондырғысы

Ортадантепкіш насосы бар сутөкпе қондырғысы келесі негізгі элементтерден тұрады: насос 1, қозғалтқыш 2, іске қосқыш 3, сору 4 және айдау 5 құбырлары. Сору құбырында қабылдау торы 6 және клапан 7 бар, ал айдау құбырында- ысырма (задвижка)8 және кері клапан 9 бар. Құбырша 10, 11 вентилмен сорғыны және сору құбырын айдау құбыры арқылы сумен толтыру үшін қажет.Іске қосар алдында сорғыны сумен толтырады. Толтыруды шұңғыма 12 арқылы немесе толтыру насосымен сору құбырына суды беру арқылы орындалады. Ысырма 14 бар құбыр 13 құбыр 5 жөндеуде болғанда суды шығару үшін қажет. Вакууметрмен 15 насостың кіре берісіндегі судың сиретілуі өлшенеді, ал манометрмен 16- насостың шыға берісіндегі қысым өлшенеді. Тор 6 насосты бөтен заттардан қорғауға қажет, клапан 7- сору құбырын және насосты суға толтырғанда суды ұстап тұру үшін, ал клапан 9- насос күрт тоқтаған жағдайда насосқа гидравликалық соққы тимеу үшін қажет.Кран 17 арқылы су құйғанда насостан ауаны шығару үшін қажет.

Басты сутөкпенің насос қондырғылары оқпан жанындағы аулада сорғы камерасымен жабдықтала орналасады. Жер асты су ағыны 50 м^3/сағ артық

болса, онда сутөкпе қондырғысы 3 бірдей насоспен жабдықталады (жұмыс істейтін, резервтегі және жөндеудегі насостар).

1.3 Ортадан тепкіш насостардың жұмыс істеу принципі

Насостың ішіндегі сұйықтық ортадан тепкіш күштің әсерінен жұмыс дөңгелегінің ортасынан жиегіне қарай ауысады, ал босаған кеңістікке сору құбырынан қайта сұйықтық келеді.Бірінші жұмыс дөңгелегінен кейін сұйықтық бағыттаушы аппарат арқылы айдау қақпағына өтеді және содан соң арындық құбырға өтеді.

Секцияларының санын көбейту арқылы насостың арынын арттыруға болады. Насос арыны тартып шығарылатын сұйықтықтың биіктігін анықтайды.Насоста желдеткіштер сияқты турбомашиналарға.Олар айдау қысымы есебінен үлкен артық статикалық қысым жасайды.Сондықтан жұмыс дөңгелегінде пайда болатын үлкен жылдамдықты қысым статикалық қысымға айналады.Насос жұмысын сипаттайтын негізгі техникалық параметрлерге насос берілісі, арыны, вакууметрлік сору биіктігі, шекті вакууметрлік сору биіктігі (4-5 м), насос білігіндегі қуат, насостың ПӘК-і жатады.

Центрден тепкіш насостардың құбырлары ретінде стандартты болаттан жасалған жапсарсыз ыстық деформацияланатын құбырлар қолданалыда.Құбырлар өзара және фасонды бөлшектермен (бұрылыстар, тройниктер, ысырмалар және компенсаторлар) фланецтер және болттар арқылы жалғанады.

2 Есептік бөлім

2.1 Су төкпе сұлбаларын таңдау

Қазудың тау-кен техникалық жағдайларына және шахтадағы су келімі жағдайларына сәйкес бір орталық су төкпе қондырғысы бар су төкпе сұлбасын қабылдаймыз. Бұл сұлба кезінде су төкпе қондырғысын төменгі горизонтта орналастырып жоғарыда орналасқан горизонттардан суды төмен қарай жіберіп отырамыз [6].

Насостың шамамен алынған өнімділігі:

$$Q' = \frac{24*Q_n}{20} = \frac{24*190}{20} = 228\ m^3\ /\text{сағ}, \qquad (2.1)$$

мұндағы Q_n – қалыпты су келімі – 190 $м^3$/сағ, 20 – бірыңғай қауіпсіздік ережелерінің талаптарына сәйкес насос қалыпты тәуліктік су келімін 20 сағаттан аспайтын уақыт ішінде тартып шығаруы керек.

Жұмыс кезінде желіге түсетін монометрлік қысым геодезиялық биіктік $H_Г$ пен сыртқы желідегі қысым жоғалымының $H_П$ қосындысына тең болуы керек:

$$H_М = H_Г + H_П = 978 + 97{,}8 = 1075м. \qquad (2.2)$$

Тереңдетілген су камералары үшін геодезиялық биіктік $H_Г$

$$H_Г = H_Ш – h_{зач} + h_{пр} – h_{под} = 980 – 2 + 2 – 2 = 978м, \qquad (2.3)$$

мұндағы $H_Ш$ – су төкпе қондырғысы орналасқан горизонтқа дейінгі шахтаның тереңдігі – 980м;

$h_{зач}$ – насостық камераның жұмыстық горизонт деңгейіне қатысты тереңдетілу шамасы – 2м;

$h_{пр}$ – шахта оқпанынан шығар жердегі құбырдан судың құйылу биіктігі – 2м;

$h_{под}$ – су жинағыштағы су тірегінің шамасы – 2м.

Қысым жоғалымын $H_П$ геодезиялық биіктіктің 5-15% шегінде қабылдаймыз – 97,8м.

Насостың шамалық өнімділігі Q' және манометрлік қысым $H_М$ бойынша кесте бойынша ЦНС 300 – 1170 насосын таңдаймыз.

Тұрақты жұмыс жасау үшін мына шарт орындалуы керек:

$$H_Г \leq (0{,}9 – 0{,}95) \cdot H_{ко} \cdot i, \qquad H_{ко} \cdot i = H_о = 139 \cdot 9 = 1251,$$

$$H_Г < 0{,}93 \cdot 139 \cdot 9 = 1163 \text{ немесе } H_Г < (0{,}9 \div 0{,}95) \cdot H_о\ , \qquad (2.4)$$

мұндағы $H_{ко}$ – жабық ысырмада бір жұмыстың доңғалақтың жасайтын қысымы – 139 м;

$H_о$ – насостың жабық ысырмада жасайтын қысымы,

$H_г$ – сорғының нольдік берілімдегі қысымы.

2 Кесте – ЦНС 300 ÷ 1170 насосының техникалық сипаттамасы

Параметрлер	Мәндері
Су берілімі, $м^3$/сағ	300
Қысымы, м.су.бағ	1170
Айналу жиілігі, айн/мин	2950
Насостың ПӘК	0,76
+ 25^0С температура кезіндегі сорудың рұқсат етілген вакуумдық өлшеу биіктігі, м.су.бағ	-2
Жұмыстың сипаттама шегіндегі насостың су берілімі, $м^3$/сағ	220-380
Ең үлкен ұзындығы, мм	3000
Фундаменттік болттар арасындағы ұзындығы, мм	1193
Массасы, кг	2350

Қажетті жұмысшы доңғалақтар саны:

$$i = \frac{H_м}{H_к} = \frac{1075}{130} = 9. \quad (2.5)$$

мұндағы $H_к$ – оңтайлы режимде жұмысшы доңғалақпен жасайтын қысым – 130м. Шарт орындалады 978 < 1163. [2.1] кесте бойынша насостардың қажетті санын таңдаймыз.

2.1 Кесте – Қажетті насостың агрегаттық саны

Жалпы саны	Жұмыстағы	Қордағы	Жөндеудегі
3	1	1	1

2.1.1 Насостық камералар және су жинағыштар

Бас су төкпе қондырғысының насостық камерасын және су жинағышын шахта оқпанына жақын кеніштік албырда орналастырамыз.

Су жинағыштар резервдарлар қызметін атқарады, онда шахталық су жиналып онан су жер бетіне тартылып шығарылады.

Су жинағыш көлемін төрт сағаттық қалыпты су келімі мөлшерін сыйыстыру шартынан анықтаймыз:

$$V_{вод \cdot с} = 4 \cdot Q_н = 4 \cdot 190 = 760 \text{ м}^3. \quad (2.6)$$

Су жинағыштың әрбір тарамының ұзындығын былайша анықтаймыз:

$$l = \frac{V_{log}}{2S} = \frac{760}{2 \cdot 9.5} = 40\text{м}, \quad (2.7)$$

мұндағы S – су жинағыштық қабылданған қимасы – 9,5 м^2.

Насостық камераның ұзындығы:

$$L = Z(l_м+l_н)+a(Z+1)+l_р=3(2,455+3,000)+1,5(3+1)+5,455=22,1м, \quad (2.8)$$

мұндағы $l_м$ – электр қозғалтқышының ұзындығы – 2,455 м;

$l_н$ – насостың ұзындығы – 3,000 м;

a – агрегаттар арасының қашықтығы – 1,5 м;

Z – насостық қондырғылар саны, дана;

$l_р$ – жөндеу алаңшасының ұзындығы – 5,455 м.

Насостық камераның ені:

$$В=в_ф+в_р+в_к=1,574+2,0+1,0=4,574\approx4,5м, \quad (2.9)$$

мұндағы $в_ф$ – насостың қондырғы фундаментінің ені – 1,574м;

$в_р$ – фундаменттен рельстік жол жағындағы қабырғаға дейінгі қашықтық – 2,0м;

$в_к$ – фундаменттен сору құдықтары жағындағы камераның қабырғасына дейінгі қашықтық – 1,0м.

Фундаменттің ені:

$$в_ф = в' + 0,2 + 0,2 = 1,174 + 0,2 + 0,2 = 1,574 \text{ м}, \quad (3.0)$$

мұндағы в' – фундаменттік болттар арасының қашықтығы – 1,174 м.

Фундаменттің ұзындығы:

$$L_ф = l + 0,3 + 0,3 = 3,648 + 0,3 + 0,3 = 4,3м, \quad (3.1)$$

мұндағы l – ең шеткі фундаменттік болттар арасының ұзындық бойынша ара қашықтығы – 3,648м;

0,3 – фундаменттің ұзындығы бойынша бір жағына қарай ұзаруы.

Фундаменттің көлемі:

$$V = \frac{2,5 \cdot M}{\rho_ф} = \frac{2,5 \cdot 9,36}{2} = 11,7\text{м}^3 , \quad (3.2)$$

мұндағы M – насос пен электр қозғалтқыштың массасы – 9,36 т;

$\rho_ф$ – фундамент материалының тығыздығы – 2 т/м^3.

Фундаментті салу тереңдігі :

$$h = \frac{V}{в_ф \cdot Z_ф} - (0{,}15 - 0{,}3) = \frac{11{,}7}{1{,}574 \cdot 4{,}3} - 0{,}2 = 1{,}3м, \quad (3.3)$$

мұндағы 0,15 – 0,3 – фундаменттің насостық камера еденінен биіктігі.

2.1.2 Су төкпе құбырлары

Су төкпе құбырының ішкі диаметрін техникалық-экономикалық долбарға сүйене отырып формула бойынша анықтаймыз:

$$d_в = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{нас}}{\pi \cdot \vartheta \cdot 3600}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 300}{3{,}14 \cdot 3 \cdot 3600}} = 0{,}187м, \quad (3.4)$$

мұндағы $Q_{нас}$ – насостың жылдық өнімділігі, м^3/сағ;

υ – құбырдағы судың ең тиімді қозғалыс жылдамдығы, м/с (2,0-3,5 м/с).

Құбырды нақтылап таңдау үшін олардың қабырғасының қалыңдығын анықтаймыз :

$$S = 0.5 d_в \left(\sqrt{\frac{G_Z + 0{,}4P}{G_Z - 1{,}3 \cdot P}} - 1\right) + a = 0{,}5 \cdot 18{,}7 \left(\sqrt{\frac{150 \cdot 10^6 + 0{,}4 \cdot 11{,}3 \cdot 10^6}{150 \cdot 10^6 - 1{,}3 \cdot 11{,}3 \cdot 10^6}} - 1\right) +$$
$$+0{,}5 = 0{,}78см , \quad (3.5)$$

мұндағы $d_в$ – құбырдың ішкі диаметрі, 18,7 см;

G_Z – құбыр материалдарының жарылуға рұқсат етілген кернеуі, 150МПа ($С_Т$ – 6 болат металы үшін);

a – коррозияға байланысты құбыр қабырғасы қалыңдығының артуы.

Есептік қимадағы судың қысымын – Р формула бойынша анықтаймыз:

$$P = (0{,}011 - 0{,}0115) \cdot H_Г = 0{,}0113 \cdot 978 = 11{,}13 \text{ МПа}. \quad (3.6)$$

Құбырдың ішкі диаметрін $d_в$ және қабырғасының қалыңдығын S негізге ала отырып, диаметрі $d_в$ = 187 мм, ал қалыңдығы S = 8мм болатын болат құбырды таңдаймыз [6].

2.2 Кесте – Шахталық су төкпе үшін арналған ыстықтай иленген болат құбырдың техникалық берілгендері (МЕСТ 8731 – 87 бойынша)

Параметрлері	Мәндері
Құбырдың сыртқы диаметрі, мм	203
Құбырдың қабырғасының қалыңдығы, мм	8
Құбырдың ішкі диаметрі, мм	187
Құбырдың 1м массасы, кг	38,47
Ең үлкен жұмыстық қысым, МПа	13,5
Құбырдың кедергі коэффиценті, Л	0,034
Құбырдың шығындық сипаттамасы, $К^2$,$с^2/м^3$	0,0820

2.2 Насостық қондырғының жұмыстық сипаттамасын анықтау

Сыртқы жем сипаттамасы мына теңдеумен өрнектеледі:

$$H_{тр} = H_г + R_т \cdot Q^2, \qquad (3.7)$$

мұндағы $H_{тр}$ – желі сипаттамасы;

$H_г$ – геодезиялық биіктік, м;

$R_т$ – құбыр тұрақтысы, $сағ^2/м^5$;

Q^2 – насостың өнімділігі, $м^3$/сағ

Құбыр тұрақтысын формула бойынша анықтаймыз:

$$R_T = \frac{L+l_{экв}}{3600^2 \cdot К^2} = \frac{1021+181}{3600^2 \cdot 0{,}0820} = 0{,}00113 сағ^2/м^5, \qquad (3.8)$$

мұндағы L – құбыр ұзындығы, м.

$$L=l_1+l_2+l_3+l_4=14{,}2+17+970+20=1021\ м, \qquad (3.9)$$

мұндағы l_1 – насостық камерадағы ең алыстағы насостың сору нүктесінен құбырлық жүріске дейінгі құбырдың ұзындығы, 14,2 м;

l_2 – құбырлық жүріс ұзындығы, 14м;

l_3 – шахта ақпаны бойынша құбырдың ұзындығы, 970м;

l_4 – жер бетінде ақпан аузынан су төгілетін жерге дейінгі құбырдың ұзындығы, 20м;

$l_{экв}$ – жергілікті кедергілерден болатын эквиваленттік ұзындық, м.

$$l_{экв} = \frac{\Sigma Z}{\lambda} d_в = \frac{33}{0{,}034} \cdot 0{,}187 = 181м \qquad (4.0)$$

мұндағы ΣZ – жергілікті кедергілер коэффиценттерінің қосындысы, 33;

λ – қосымша ұзындық бойынша үйкеліс коэффициенті, 0,034;

$К^2$ – құбырдың шығындық сипаттамасы, $с^2/м^5$.

2.3 Кесте – Желі сипаттамасын тұрғызуға арналған берілгендер

Көрсеткіштер	O	$0,25Q_{нас}$	$0,5Q_{нас}$	$0,75Q_{нас}$	$Q_{нас}$	$1,25Q_{нас}$	$1,5Q_{нас}$
Q, $м^3$/сағ	0	75	150	225	300	375	450
$R_T \cdot Q^2$, м	0	6,3	25,4	57,2	101,2	158,9	228,8
$H=H_г+R_тQ^2$, м	978	984	1003	1035	1079	1136	1206

Насос сипаттамасы графигі үстіне 16 кестенің берілгендері бойынша тұрғызылған сыртқы желі сипаттамасын түсіреміз. Насос сипаттамасы мен желі сипаттамасының қиылысу нүктесі насостық қондырғының жұмыстық режимін – жұмыстық өнімділігін $Q_р$ = 340, жұмыстық қысымын $H_р$ = 1115м және жұмыстық ПӘК – $Ч_р$ = 0,8 анықтайды.

2.3 Су төкпе қондырғысының электр жетегі

Жетекке арналған электр қозғалтқышты насос – құбыр жүйесіндегі насостық агрегаттық жұмыс шартымен анықталған насостың ең үлкен қуаты бойынша таңдаймыз.

$$N_{gb} = K \cdot \frac{\rho \cdot g \cdot Q_p \cdot H_p}{1000 \cdot 3600 \cdot Ч_р} = 1,15 \frac{1020 \cdot 9,81 \cdot 340 \cdot 1115}{1000 \cdot 3600 \cdot 0,8} = 1514кВт, \qquad (4.1)$$

мұндағы К – қозғалтқыш қуатының қор коэффициенті, 1,15.

N_{gb} есептік мәні бойынша каталогтан 2АЗМП1 – 1600 электр қозғалтқышын таңдаймыз [6]. 2.4 кестеде оның техникалық сипаттамасы келтірілген.

2.4 Кесте – 2АЗМП1-1600 электр қозғалтқышының техникалық сипаттамасы

Көрсеткіштері	Мәндері
Біліктегі қуаты, кВт	1600
Айналу жиілігі, $мин^{-1}$	3000
ПӘК, %	96
Cos φ	0,91
Маховиктік момент, $Н \cdot м^2$	176

Электр энергия шығынын анықтау үшін насостық қондырғының тәуліктегі іс жүзіндегі жұмыс сағат санын анықтаймыз:

Қалыпты құйылым кезінде:

$$t_н = \frac{Q_н \cdot 24}{Q_p} = \frac{190 \cdot 24}{340} = 13.41сағ. \qquad (4.2)$$

Су құйылымы (келімі) артқан кезде:

$$t_{yb} = \frac{Q_{max} \cdot 24}{Q_p} = \frac{240 \cdot 24}{340} = 17\text{сағ}, \quad (4.3)$$

Су төкпеге жұмсалатын орташа жылдың электр энергиясы шығынын анықтаймыз:

$$E = \frac{N_{gb}}{Ч_{gb} \cdot Ч_{сети}} \left(n_1 \cdot t_n + n_2 \cdot t_{yb}\right) = \frac{1600}{0{,}96 \cdot 0{,}97} (305 \cdot 13{,}41 + 60 \cdot 17) =$$
$$= 8780154\text{кВт} \cdot \text{сағ/жыл}, \quad (4.4)$$

мұндағы $Ч_{gb}$ – электр қозғалтқыштың П.Ә.К., - 0,96;

$Ч_{сети}$ – желі П.Ә.К. – 0,97;

n_1 – бір жылдағы қалыпты су келімі күндерінің саны – 305 күн;

n_2 – бір жылдағы су құйылымы артығымен болатын күндер саны – 60 күн.

2.4 Су төкпе қондырғыларын автоматтандыру

Су төкпе қондырғыларын автоматтандыру үшін сериялы шығарылатын УАВ аппаратурасын пайдаланамыз.

УАВ аппаратурасы су төкпе қондырғыларының жұмысын автоматтандыру үшін арналған, ол төменгі вольтты және жоғары вольтты қысқа тұйықталған роторы бар асинхронды электр қозғалтқышымен жабдықталған.

Ол берілген жағдайларда су төкпе қондырғылардың жұмыстық параметрлерін ұстап отыру үшін және қондырғыны апаттық режимдерден сақтап отыру үшін қызмет атқарады. УАВ типтік релелер қолданылады: деңгей релесі, қысым релесі, берілу релесі және температуралық реле. Деңгейлік электрондық реле ЭД – бұл су төкпе қондырғысының қабылдаушы құдығындағы судың деңгейін реттеуге арналған құрылғы.

Оның қозғалмалы бөліктері болмайды, сондықтан бұл жағдай олардың жұмыс сенімділігін арттырады [9].

Қысым релесі көмегімен насостағы және айдаушы құбырдағы қысымды бақылау жүргізіледі, сол сияқты насостың агрегаттың іске қосылу ретінің дұрыстығын тексеру және басқару пультіне автоматтандырылған ысырмамен импульсті беру жүргізіліп отырады.

Реленің сезімтал элементтеріне нығыздалған және нығыздалмаған поршендер, қаттылығы тұрақсыз және мұхияттап күтуді, жұмыста тексеруді қажет ететін жазық мембранамен сильфондар жатады.

Өнімділік релесі РПН сорма құбырындағы сұйық ағымының жылдамдығын бақылап отырады.

ТДЛ – 2 термодатчик подшипниктердің температурасын бақылап отырады .

3 Эксплуатация бөлім

3.1 Сутөкпелерге техникалық қызмет көрсету жұмыстары

Сутөкпе қондырғыларына техникалық қызмет көрсету және жөндеу үздіксіз әдіс бойынша жүзеге асырылады, яғни жабдықтың элементтері бір мезгілде емес, кезекпен, белгіленген тәртіппен техникалық қызмет көрсетудің қабылданған циклі мен жөндеу циклі ішінде тексеріледі және жөнделеді[7].

Техникалық қызмет көрсету цикліне келесі қызмет көрсету түрлері кіреді:

1) ТҚК-1-ауысым сайынғы техникалық қызмет көрсету
2) ТҚК-2-тәулік сайынғы техникалық қызмет көрсету
3) ТҚК - 3-апта сайынғы техникалық қызмет көрсету

Сутөкпе қондырғыларының жөндеу цикліне келесі жөндеу түрлері кіреді:

1) РО-ай сайынғы жөндеу қызметі,
2) Т1 - тоқсан сайынғы ағымдағы жөндеу,
3) Т3 - жылдық ағымдағы жөндеу;
4) К3 - күрделі жөндеу.

Жабдыққа техникалық қызмет көрсетудің мақсаты бөлшектер мен тораптардың мерзімінен бұрын тозуының алдын алу, сондай-ақ ақаулықтар мен ақауларды уақтылы анықтау және жою болып табылады. Бұл ретте қызмет көрсетуші персонал міндетті:

1) жабдықтың жұмысына жүйелі бақылау жүргізу, бақылау - өлшеу аспаптарының көрсеткіштерін, подшипникті тораптардың қызу деңгейін тексеру;
2) жабдықтың жұмысындағы ұсақ ақауларды жою;
3) су бұрудың авариялық тоқтауын тудыруы мүмкін жабдықтардың тораптары мен бөлшектерінің бекітілу сенімділігін тексеру;

Жабдықты таза ұстау және майлау материалдарының ағып кетуіне жол бермеу.Ағымдағы жөндеулер тез тозатын бөлшектерді немесе тораптарды ішінара ауыстыру; механизмдерді тазалау, жуу және ревизиялау, істен шыққан бекіту бөлшектерін тексеру және ауыстыру жөніндегі жұмыстардың орындалуымен сипатталады. Оларды шахталардың жөндеу персоналы жүргізеді.Техникалық қызмет көрсету мен жөндеудің әрбір түрі бойынша жұмыс көлемі, оларды орындау реттілігі, жарамды жабдыққа қойылатын талаптар, аспаптар, аспаптар мен материалдар, жұмысшылардың орташа саны, олардың біліктілігі мен жұмыстарды орындау ұзақтығы сутөкпе қондырғылары жабдықтарына техникалық қызмет көрсету мен ағымдағы жөндеудің технологиялық карталарында жазылған.Кен орындарының

сулануы — кен машиналарын пайдалануды шектейтін, қауіпсіздікті нашарлататын және еңбек өнімділігін азайтатын негізгі факторлардың бірі.
Тау-кен қазбаларында суды сору үшін су ағызатын қондырғылар қызмет етеді. Оларды мақсаты бойынша басты және қосалқы (учаскелік) қондырғыларға бөледі. Басты сорғы қондырғылары шахтадан жер бетіне су беруге арналған, көмекші — шахтаның жекелеген учаскелерінен басты төгілудің су жинағыштарына су беруге арналған.

Сутөкпе қондырғылары мүмкіндігінше аз пайдалану шығындары кезінде жер асты қазбаларынан суды сенімді ағызуды қамтамасыз етуі тиіс. Машинистердің орнына сорғыларды іске қосу және бақылау операцияларын орындайтын автоматты жұмыс істейтін аппаратура дәлдігін, қатесіз және осы операциялардың уақтылылығын қамтамасыз етеді. Бұл ретте су бұрудың бос жұмыс істеу жағдайлары алынып тасталады және авариялық ажыратулар саны төмендейді. Осылайша, электр энергиясының шығыны азаяды, жөндеу аралық мерзімдер ұлғаяды, материалдар мен қосалқы бөлшектерге шығындар азаяды. Бұл айтарлықтай қаражатты үнемдеуге мүмкіндік береді.

Пайдалану тәжірибесін ескере отырып, сутөкпе қондырғыларын автоматтандыру аппаратурасын қанағаттандыруы тиіс негізгі техникалық талаптар белгіленген:

1) Автоматты сутөкпе қондырғысы қызмет көрсетуші персоналдың тұрақты қатысуынсыз жұмыс істеуі тиіс.

2) Автоматты және қолмен басқарудың екі түрін қарастыру қажет. Сорғы агрегаттарының кез келген санын қолмен басқаруға ауыстыру қалғандарының жұмысын бұзбай автоматты режимде жүзеге асырылуы тиіс.

3) Су белгіленген жоғарғы деңгейге жеткен кезде бірінші сорғы агрегаты автоматты түрде қосылады. Су ағыны едәуір ұлғайған және сумен жоғары немесе авариялық деңгейге жеткен жағдайда резервтік сорғыларды автоматты түрде қосу көзделеді.

4) Берілген төменгі деңгейге дейін суды сорғаннан кейін сорғы агрегаттары автоматты түрде өшіріледі.

5) Электр желісіне жүктемені азайту мақсатында схема сорғылардың электр қозғалтқыштарын іске қосудың бір мезгілде еместігін қамтамасыз етуі тиіс.

3.2 Сутөкпе қондырғыларының механикалық ақаулары

Дайындау немесе жинау ақаулары іске қосу алдындағы дайындық кезінде және сынамалы іске қосу кезінде анықталады. Зауыт ақауларының бір бөлігі біраз уақыттан кейін ғана көрінеді.Жұмыс процесінде подшипниктердің, жұмыс дөңгелектерінің немесе роторлардың,

тығыздағыштардың, муфталардың резеңке бөлшектерінің тозуы жүреді. Химиялық сорғыларда бұдан басқа-ағынды бөліктің коррозиясы.

Мойынтіректердің тозуы агрегаттың жоғары діріліне әкеледі. Тозған подшипниктерде ұзақ жұмыс істеген кезде ротордың ауысуы мүмкін. Салдары—тұтынылатын қуаттың өсуі, подшипниктер мен тіреулердің жоғары қызуы, жұмыс дөңгелегінің корпусына ілу, тығыздама тығыздамасының корпусына ілу және ауыстыру.Жұмыс дөңгелектерінің тозуы іс жүзінде өзгеріссіз тұтынылатын қуат кезінде беру мен Арынның төмендеуіне әкеледі. Доңғалақ қатты тозған және саңылаулы тығыздалған кезде кіре берісте теңгеру бұзылады: теңдестірілмеген осьтік күш пайда болады. Салдары-подшипниктерге жүктеме және олардың тозуы, жұмыс дөңгелегінің сорғы қуысына ығысуы, оның корпусы (соратын келте құбыр) туралы үйкелуі және доңғалақ пен корпустың тозуы.

3.3 Сутөкпе қондырғысы жұмыс кезінде туындауы мүмкін аномалды және қауіпті жағдайларды анықтау:

- сорғы мойынтіректері мен қозғалтқыштың қызуы;
- негізгі сорғыны сапасыз құю;
- сорғы берілген уақыт ішінде жұмыс режиміне шықпады;
- сорғыны беруді рұқсат етілгеннен төмен төмендету;
- Арынның рұқсат етілгеннен төмен төмендеуі;
- айдамалау құбырын қазу;
- айдау құбырын бітеу;
- сору құбырын бітеу;
- сорғыш құбырды герметизациялау;
- айдау құбырындағы ысырма толығымен ашық емес немесе жабық емес;
- кавитация;
- сорғы өнеркәсіптік пайдалану аймағынан шықты;
- түсіруге су шығынын арттыру;
- айдау құбырындағы гидравликалық соққы;
- жетекті электр қозғалтқышының апаттары.

Бас тартулар мен олардың пайда болу себептерін талдау сутөкпе қондырғысын пайдалану кенеттен да, біртіндеп да істен шығулар туындайды.

3.4 Аномалды және қауіпті жағдайлардың алдын алу

Сутөкпе қондырғыларын пайдалану тәжірибесімен белгіленген, бұл сенімділік пен сутөкпе жұмысының үнемділігі қатардың ақаулары айтарлықтай әсер етеді элементтер құбыр желісі. Бұл, ең алдымен, сору жұмысына жатады (қабылдау торы және қабылдау клапаны). Нәтижесінде, құбыр өткізгіштегі кедергі мен вакуум ұлғаяды, бұл сорғының үнемділігін

төмендетуге ғана емес, сонымен қатар кавитациялық режимдердің туындауына және жұмыс дөңгелегінің бұзылуына байланысты оның жұмыс қабілетін толық жоғалтуға әкеп соғады [4].

Осындай нәтижеге құбырдың жеткізуші бөлігін елеусіз герметизациялау әкеледі. Кавитацияның сутөкпе қондырғысына теріс әсері энергия ысырабының ұлғаюында, шудың және дірілдің күшеюінде, кавитациялық эрозияның салдарынан жұмыс дөңгелектерінің тозуында көрінеді. Сорғыш құбырдың авариялық және аномалды режимдерін талдау және эксперименттік зерттеулер барлық осы режимдер жеткізуші құбырда вакуумға тікелей әсер ететінін көрсетті.

Сондықтан құбырдың жеткізуші бөлігінің дұрыстығын нақты вакуум бойынша интегралды бақылау ұсынылады.

Сутөкпе қондырғысының жұмыс істеуінің жалпы тиімділігіне түсіру құрылғысының жұмысы әсер етеді. Түсіру арқылы судың ағу шамасымен сорғының көлемді пәк анықталады:

$$\eta_{ОБ} = \frac{Q}{Q+V_p}. \qquad (4.5)$$

Өрнек (3) түсіру үшін судың ағуын арттыру төменге әкеледі сорғының көлемді пәк. Түсіруге жұмсалатын су шығыны сорғы өнімділігінің (2-3)% - нан аспауы тиіс.

Құбырдың үзілуі кезінде желінің жалпы кедергісі азаяды, сорғыны ағу орнына дейін беру номиналдан бастап өседі, демек, Шығыс үзілу орнына дейін ағу шамасына өседі. Үшін орны алшақтықты шығыны төмендейді. Сонымен қатар, шығу келте құбырындағы қысымның төмендеуі және тұтынылатын қуаттың өсуі байқалады. Q және H параметрлерінің өзгеру шамасы айдау пайда болған жерге байланысты. Терең шахталардың заманауи сутөкпе қондырғыларының айдау құбыры үлкен ұзындығына жетеді. Құбырдың төменгі бөлігіндегі алшақтық құбырдың кедергісін айтарлықтай азайтады және Q және H өзгертеді сорғы үзілу, соғұрлым оның сутөкпе қондырғысының жұмыс нүктесіне әсері аз. Сонымен қатар, Q және H параметрлерінің өзгеруіне әсер етеді. Ағып кету көп болған сайын, оның сутөкпе жұмыс нүктесінің сипаттамасына әсері күшті. Осылайша, арынды бөлігінің жарамдылығын ҚНК бойынша бақылауға болады және қысым шығындарына қатысты. Апаттық және аномалды режимдердің орындалған талдауы бақыланатын технологиялық параметрлердің қажетті жиынтығын, сондай-ақ су ағызуды басқару әдісін таңдауға мүмкіндік береді.

4 Арнайы бөлім

4.1 Қысымдық әсерлі гидрокөлік қондырғысын есептеу

Гидравликалық тасымалдау – бұл тасымалдап алып жүруші ортасы сұйық, әдетте су болатын тасымалдаудың түрі. Сұйық ағынына салынған-кез келген дене осы сұйық ағымы жағынан қысымға ұшырайды, егер осы ағынның қозғалыс жылдамдығы неғұрлым үлкен болса, денеге түсірілетін қысым да соғұрлым үлкен болады.

Тасымалдану тұрғысынан тасымалдау қондырғысы жұмысының оңтайлы (ең жақсы) режимі бұл тасымалданатын барлық материалдың қалықтап ұшу күйі болып табылады. Бұл кезде қозғалыс кедергісі төмендеп, ал тығын мен бітеліп қалудың пайда болу қауіптілігі азаяды. Мұндай режим ағынның турбуленттік қозғалысы кезінде пайда болады, иірімделіп ағады, ал Рейнольдс саны (Re) > 2320 артық болады. Бұл жағдайда ағын жылдамдығының вертикальды құраушысының шамасы (жоғары көтеруші - итеруші күш Архимед заңы бойынша және бөлшектің орын ауыстыру кедергісі) осы ортада бөлшектің (дененің) құлау жылдамдығынан үлкен болу керек, осының арқасында олардың қалықтап ұшу күйі қамтамасыз етіледі.

Гидравликалық тасымалдаудың алдында болатын операция - бұл тау-кен массасының сумен араласуы және гидроқоспаның немесе қойыртпақтың пайда болуы [11].

Қойыртпақ тығыздығымен $\gamma_{r,}$ көлем бойынша қатты дене концентрациясымен V_m, катты дене тығыздығымен γ_m және оның түйіршіктік құрамымен A_{max} сипатталады.

Гидравликалык тасымалдау кезінде қойыртпақ жылдамдығын анықтайтын әсер етуші күш бұл қысым болып табылады.

Қысым тасымалдаудың бастапқы және соңғы нүктелерінің биіктік деңгейлерінің айырмасынан туындайтын табиғи (геодезиялық) немесе арнайы қондырғылардың әртүрлі типтік сорғылар, гидроэлеваторлар, эрлифтер, қойыртпақ сорғылар көмегімен жасалатын жасанды болуы мүмкін.

Табиғи қысым есебінен тасымалдау науалар бойынша және де құбырлармен жүргізілуі мүмкін.

Жасанды қысым кезінде тасымалдау тек құбырлармен жүргізіледі. Науалармен тасымалдау ағын бетінің бос ашық болуымен сипатталады, сондықтан оның бетіне түсетін қысым атмосфералық қысымға тен болады, мұндай тасымалдау өздігінен ағу (қысымсыз) деп аталады.

Құбырмен тасымалдау кезінде құбыр қабырғасына түсетін қысым әрқашанда атмосфералық қысымнан үлкен болады, мұндай тасымалдауды қысымдық деп атайды.

Гидрокөліктік қондырғылар (ГКҚ) жібімейтін, құбыр қабырғасына жабыспайтын және іртіктеліп жиналмайтын материалдарды тасымалдайды. ГКҚ кебінесе майда кесекті, дәнді (майда түйіршікті) және шаң тәріздес үйінді жүктерді тасымалдау үшін пайдаланылады.

Руданы жер асты қазу кезінде ГКҚ қазылып алынған кеңістікке толтырма материалдарын жеткізу және скважиналарды түйіршікті қопарғыш затпен зарядтау кезінде, кейде руданы гидравликалық жолмен жеткізу үшін пайдаланады.

4.1-ші кестеде гидравликалық тасымалдаудыц принципті (негізді) сұлбалары келтірілген.

4.2 Судың шығыны мен құбырдың диаметрін анықтау

Гидрокөлік қондырғысын есептеу үшін бастапқы берілгендер 4.1-ші және 4.2-ші кестеде келтірілген:

$$V_m = \frac{Q_m}{\gamma_m} = \frac{140}{1{,}2} = 116{,}6 \text{ м}^3/\text{сағ}. \quad (4.6)$$

мұндағы Q_m - қатты дененіц есептік жүк ағымы, т/сағ;

γ_r, руданың уйінділік тығыздыгы, т/м^3 .

Қоспа бойынша гидрокөлік қондырғысының өнімділігі, яғни гидроқоспаның көлемдік концентрациясын сақтап тұру шарты бойынша қойыртпақтың шығыны:

$$V_г = \frac{Q_m}{S} = \frac{140}{0{,}22} = 636{,}36 \text{ м}^3/\text{сағ}. \quad (4.7)$$

мұндағы S- гидроқоспаның көлемдік концетрациясы.

Бұл да су бойынша, яғни техникалық су шығыны:

$$V_в = V_r - V_m = 636{,}36 - 116{,}6 = 519{,}76, \frac{\text{м}^3}{\text{сағ}}. \quad (4.8)$$

Гидроқоспа тығыздығы:

$$\gamma_г = \frac{V_m \cdot \gamma_m + V_в \cdot V_в}{V_г} = \frac{116{,}6 \cdot 1{,}2 + 519{,}76 \cdot 1{,}06}{636{,}36} = 1{,}08 \text{ т/м}^3. \quad (4.9)$$

мұндағы $\gamma_в$- техникалық судың тығыздығы, т/м^3.

Құбырдың ең кішкентай диаметрі:

- кесектік бойынша:

$$D_{тр}^k \geq (2{,}5 \ldots 3) a_{max} = 2{,}5 \cdot 65 = 162{,}5 \text{ мм}. \quad (5.0)$$

4.1 Кесте – Гидрокөлік қондырғыларының сұлбалары

Пайдаланатын энергия түрі	Энергияны жасау тәсілі	Сұлбасы
Қысымсыз	Көлбеу науалармен, арықшалармен	
	Құбырдың тік учаскелермен	
Қысымды	Қойыртпақ сорғысымен	
	Сорғымен және	
	Гидроэлеватор	
	Эрлифт	

-өнімділік бойынша:

$$D_{тр}^{n} = \frac{1}{3}\sqrt{\frac{Q_m}{\pi V_г \gamma_г S}} = \frac{1}{3}\sqrt{\frac{140}{3{,}14 \cdot 636{,}36 \cdot 1{,}08 \cdot 0{,}22}} = \frac{1}{3} \cdot 0{,}538 = 0{,}179\text{м.} \qquad (5.1)$$

мұндағы a_{max} – қатты дене кесегінің ірілігі, мм. $D_{тр}^{k}$ және $D_{тр}^{n}$ мәндерінің ең үлкен бойынша (3 кесте бойынша) құбырдың ішкі диаметріне ($D_{тр}$) ең жақын үлкен немесе тең құбыр таңдалады.

4.2 Кесте – Қысымдық әсерлі гидрокөлік қондырғысы есебі үшін бастапқы берілгендер.

Атауы	Варианттар									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Қатты дененің есептік жүк ағымы, Q_m, т/сағ	120	140	160	180	200	190	170	150	130	110
Жүктің үйінділік тығыздығы, γ_m, т/м^3	1,1	1,2	1,45	1,3	1,9	1,65	1,4	1,5	1,6	1,85
Кесектердің ірілігі, a_{max}, мм	60	65	70	75	80	55	50	45	40	35
Құбырдың ұзындығы, L, м	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	700	500	300
Қондырғыдағы көтеру биіктігі, Н, м	20	25	30	35	40	35	30	25	20	15
Гидроқоспаның көлемдік концентрациясы,S	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31
Техникалық судың тығыздығы, $\gamma_в$, т/м^3	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08
Құбыр бойынша судың гидравликалық кедергі коэффициенті, λ_0	0,013	0,014	0,01	0,011	0,012	0,013	0,014	0,013	0,012	0,011
Сору биіктігі, $Н_{вс}$, м. су. бағ.	4,0	3,5	3,0	3,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Қалдық қысым, $Н_{ост}$, м. су. бағ.	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
Тасымалдана-тын жүктің түрі										

4.3 Кесте – Жер асты кеніштеріне арналған жапсарсыз ыстықтай басылған болат құбырлар.

Құбырдың сыртқы диаметрі,мм	Құбырдың қабырғасының қалыңдығы,мм	Құбырдың ішкі диаметрі, мм	Құбырдың 1 см массасы,кг	Ең үлкен жұмыстық қысым, МПа. Болаттың маркасы және созылу кезіндегі беріктік шегі		Құбырдың кедергі коэффициенті, λ	Құбырдың шығындық сипаттамасы, $К^2, c^2/м^5$
				Ст.5	Ст.6		
57	3,5	50	4,11	16,5	20,0	0,052	0,000069
	4	49	4,80	18,5	22,5	0,053	0,000063
73	4	65	6,27	14,5	17,5	0,048	0,000297
	4,5	64	7,34	16,5	20,0	0,049	0,000271
89	4	81	8,31	11,5	14,0	0,045	0,000947
	5	79	9,45	14,5	17,5	0,045	0,000836
108	4	100	10,26	9,0	11,00	0,042	0,002880
	5	98	12,70	11,5	14,0	0,042	0,002585
	6	96	15,09	14,0	6,5	0,042	0,0023606
133	4	125	12,73	7,5	9,0	0,039	0,009400
	5	123	15,78	9,0	11,0	0,039	0,008770
	6	121	18,79	11,0	14,0	0,039	0,008180
159	4,5	150	17,15	7,0	8,5	0,037	0,0247
	5	149	18,99	8,0	9,5	0,037	0,0244
	6	147	22,64	9,5	11,5	0,037	0,0223
	7	145	26,24	11,0	3,0	0,037	0,0208
203	6	191	29,14	8,0	9,5	0,034	0,0897
	7	189	33,83	9,5	11,5	0,034	0,0857
	8	187	38,47	11,0	13,5	0,034	0,0820
	9	185	43,05	12,5	15,0	0,034	0,0774
	10	183	47,50	14,5	17,0	0,034	0,0712
219	6	207	31,52	7,0	8,0	0,033	0,1490
	7	205	36,60	8,0	9,5	0,033	0,1330
	8	203	41,63	9,0	11,0	0,033	0,1270
	9	201	46,61	10,0	12,0	0,033	0,1210
	10	199	51,54	11,0	13,0	0,033	0,1170
245	7	231	41,09	7,0	8,5	0,032	0,2530
	8	229	46,76	8,0	10,0	0,032	0,2380
	9	227	52,32	9,0	11,0	0,032	0,2250
	10	225	57,95	10,0	12,0	0,032	0,2230
	11	223	63,68	13,0	15,5	0,032	0,2100
273	7	259	45,92	6,5	7,5	0,031	0,4600
	8	257	52,28	-	8,5	0,031	0,4400
	9	255	58,60	8,0	9,0	0,031	0,4250
	10	253	64,85	9,0	11,0	0,031	0,4100
	11	251	71,07	10,0	12,0	0,031	0,3920
325	8	309	67,57	6,0	7,5	0,029	1,1800
	9	307	75,91	7,0	8,0	0,029	1,155
	10	305	84,10	7,5	9,0	0,029	1,1050

4.3 кестенің жалғасы

Құбырдың сыртқы диаметрі,мм	Құбырдың қабырғасының қалыңдығы,мм	Құбырдың ішкі диаметрі, мм	Құбырдың 1 см массасы,кг	Ең үлкен жұмыстық қысым, МПа. Болаттың маркасы және созылу кезіндегі беріктік шегі		Құбырдың кедергі коэффициенті, λ	Құбырдың шығындық сипаттамасы, $К^2,c^2/м^5$
				Ст.5	Ст.6		
	11	303	92,23	8,0	10,0	0,020	1,0800
	12	301	100,32	9,0	11,0	0,029	1,0300
351	9	333	81,68	6,0	7,5	0,028	1,8300
	10	331	90,51	8,0	9,5	0,028	1,7100
	12	327	108,0	9,5	11,5	0,028	1,6150
	14	323	125,33	15	13,5	0,028	1,4900
	16	319	142,44	13,0	15,5	0,028	1,4100
	10	357	96,67	6,5	6,0	0,027	2,5850
	12	353	115,41	8,0	9,5	0,027	2,4100
	14	349	133,94	9,5	11,0	0,027	2,2500
	16	345	152,30	18,0	21,5	0,027	1,9550
	18	341	170,40	26,5	32,0	0,027	1,1550
	10	406	108,33	6,5	7,5	0,026	4,9250
	12	402	130,20	7,0	8,5	0,026	4,8200

Құбырдың таңдалып алынған диаметрі үшін құбырда үйіндіні болдырмайтын гидроқоспа қозғалысының ауыспалы жылдамдығын анықтаймыз:

$$V_{кр} = n_1\sqrt{f \cdot g \cdot S \cdot D_{тр}\left(\frac{\gamma_m - \gamma_в}{\gamma_в}\right)} =$$

$$= 8{,}5\sqrt{0{,}5 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}22 \cdot 0{,}179\,\frac{(1{,}2-1{,}06)}{1{,}06}} = 8{,}5 \cdot 0{,}158 = 1{,}34\ \text{м/с}. \quad (5.2)$$

мұндағы n_1= (8,5...9,5) –тәжірибелік тұрақтысы;

g= 9,81м/с^2 – еркін түсу үдеу;

f – құбырдың төменгі қабырғасына келтірілген үйкеліс коэффициенті.

Құбырдағы гидроқоспаның іс-жүзіндегі жылдамдығы:

$$V_ф = \frac{4 \cdot V_г}{3600 \cdot \pi D_{тр}^2} = \frac{4 \cdot 636{,}36}{3600 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}032} = 7{,}03\ \text{м/с}. \quad (5.3)$$

4.4 Кесте – Ұсақталудан кейінгі үйінді жүктердің құбырдың төменгі қабырғасымен келтірілген үйкеліс коэффициенті, f

Материал атауы	Үйкеліс коэффициенті, f
Антрацит	0,15
Құм тас	0,5...0,55
Әк	0,4...0,45
Тақта тас	0,35...0,4
Руда	0,65...0,75
Бос жыныс	0,45...0,55
Ұсақ тас	0,5...0,6

Құбырда гидроқоспаның қалыпты қозғалысы үшін мына шарт сақталуы керек:

$$V_ф > V_{кр} \ . \qquad (5.4)$$

$V_ф < V_{кр}$ болған кезде құбырдың диаметрін $D_{тр}$ кішірейту керек. Іс жүзіндегі гидроқоспаның қозғалыс жылдамдығын құбырдың жаңа диаметр мәнімен $D_{тр}$ қайта есептеу керек.

$V_ф > V_{кр}$ болған кезде құбыр диаметрі дұрыс таңдалған болып саналады.

4.3 Сорғы қондырғысының толық қысымын анықтау

Сорғы қондырғысының толық қысымы (тегеуріні):

$$H_n = H \cdot \gamma_г + k^1 \cdot L \cdot i_г + H_{вс} + H_{ост} =$$
$$= 25 \cdot 1{,}08 + 1{,}1 \cdot 1000 \cdot 0{,}514 + 3{,}5 + 2{,}5 = 598{,}4. \qquad (5.5)$$

мұндағы Н – қондырғыдағы көтеру биіктігі, м (2 кесте);

к=(1,06...1,1) – жергілікті жоғалымды ескеретін коэффициент (4 кесте);

L – құбырдың ұзындығы, м (2 кесте);

$i_г$ – құбырдың 1 м ұзындығының гидравликалық жоғалым шамасы, м.су.бағ/м.

$$i_г = i_0 \frac{\gamma_г}{\gamma_в} + \frac{\sqrt{g \cdot D_{тр} (\gamma_г - \gamma_в)}}{k \cdot \psi \cdot V_ф \cdot V_в} = 0{,}42 \frac{1{,}08}{1{,}06} + \sqrt{\frac{9{,}81 \cdot 0{,}203 \cdot (1{,}08 - 1{,}06)}{1{,}06 \cdot 0{,}55 \cdot 7{,}03 \cdot 1{,}34}} = 0{,}514. \qquad (5.6)$$

мұндағы i_0– таза судың гидроқоспа жылдамдығымен 1м. су.бағанасына қозғалысы кезіндегі гидравликалық кедергісі.

$$i_0 = \frac{\lambda \cdot V_ф^2}{D_{тр} \cdot 2g} = \frac{0{,}034 \cdot 49{,}42}{0{,}203 \cdot 2 \cdot 9{,}81} = 0{,}42. \qquad (5.7)$$

мұндағы λ – таза судың құбырмен қозғалысы кезіндегі гидравликалық кедергі коэффициенті (1.3 кесте);

k=1,4 – эмпиризмдік коэффициенті;

ψ – материалдың суға еркін түсуі кезіндегі кедергі коэффициенті (1.5 кесте).

4.5 кесте – Материалдың судағы еркін түсуі кезіндегі кедергі коэффициенті, ψ

Материал атауы	Үйкеліс коэффициенті,ψ
Антрацит	0,65
Құм тас	0,55
Әк	0,65
Тақта тас	0,6
Руда	0,41
Бос жыныс	0,45
Ұсақ тас	0,55

$H_{вс}$ – сорудың вакуумды- метрлік биіктігі, м.су.бағ;

$H_{ост}$ – құбыр соңындағы қалдық қысым, м.су.бағ.

Гидрокөлік қондырғысының өнімділігі $V_г$ және қысымы $H_п$ бойынша 6 кестеден сорғыны таңдайды:

$$N = к_з \cdot V_г \cdot \frac{H_n}{367 \cdot ŋ} =$$
$$= 1{,}1 \cdot 636{,}36 \cdot 598{,}4/367 \cdot 0{,}7 = 1630 \text{ кВт.} \quad (5.8)$$

мұндағы $К_З$=1,1……1,15 – қуат қорының коэффициенті;

367 – механикалық жұмысты ауыстыру коэффициенті;

ŋ = 0,7 – сорғының ПӘК.

5 Еңбекті қорғау және қауіпсіздік

Қазіргі заманғы су төкпе қондырғылары, әсіресе өнімділіктері үлкендері күрделі комплекс, оған тау-кен қазбалары және жабдықтары кіреді: насостық камералар, құбырлық жолдар, насостар, қозғалтқыштар, құбырлық коллекторлар, автоматтық басқару аппаратуралары және т.б [1].

Барлық бұл комплекс қауіпсіздік техника ережелерінің талаптарын қатаң қанағаттандыруы керек.

Бас су төкпесінің насостық камерасы құрғақ, жақсы желдетілетін, жабдықтарды жөндеуді қолайлы және өртке қатысты қауіпсіз болуы керек. Бұл камера таза ауа ағынымен желдетіледі, ал оны су басып қалудан қорғау үшін, ол аралық станция мен ақпан албары қазбалары жағынан су өткізбейтін есіктермен жабдыөталады.

Су төкпе қондырғыларының екі бөлек бөліктен тұратын су жинағышы болу керек, оның сыйымдылығы шахтаның төрт сағаттық қалыпты су келімі мөлшерінен кем болмауы керек. Су айдаушы құбырлардың әрқайсысын тәуліктік қалыпты су көлемін тартып шығаруға есептейді. Сорушы құбырлар насос ауа сорып жүрмес үшін ауа жібермейтіндей болу керек.

Учаскелік су төкпе қондырғыларын толық емес техникалық құжаттармен құрастыруға рұқсат етіледі, бірақ міндетті түрде пайдалану есебін жасау керек, бұл насостық жабдықтың негізгі параметрлерін таңдауды қамтамасыз етеді.

Пайдалану процессінде зауыттың нұсқаулардың талаптарын қатаң сақтау қажет, атап айтқанда профилактикалық жөндеулер жүргізу мерзімін, тез тозатын детальдарды ауыстыру, майларды ауыстыру және насостық агрегаттардың, құбырлардың күйлерін тексеру жұмыстары [1]. Жабдықты қарап шығу және тексеру, жөндеу персоналын жұмысқа жіберу кезекші машинист жоғары тұрған жедел персоналдың рұқсатымен ғана жүргізілуі тиіс.

Жөндеу персоналын жіберу жабдықтың жөндеуге дайындығын тексере отырып, тікелей бригаданың жұмыс орнында жүргізілуі тиіс. Машинист кезекші персоналдың рұқсатынсыз жүргізілетін кез келген жұмыстарды орындауға тыйым салады. Айналып өту бағытын қысқарту үшін құбыржолдар арқылы секіруге немесе кесіп өтуге тыйым салынады. Құбыржолдар арқылы өтпелі көпірлер бар жерлерде ғана өту керек.

Машинист алаңшалардың және баспалдақ маркаларының қоршауларының, резервуарлардың жабындары мен торларының, каналдар мен шұңқырлардың ақаусыздығына назар аударуы тиіс. Қоршалмаған ойықтар табылған кезде кезекші машинист адамдардың құлауын және жарақаттануын (арқандармен қоршау және қауіпсіздік белгілерін ілу) ескерту шараларын қабылдауы тиіс. Каналдың қақпағын ашқан кезде машинист арнайы кілттерді, ілмектерді және құрастыруды пайдалануға, қолдың немесе аяқ табанының қақпағының құлауын және жарақаттануын болдырмай, оны тұрақты жағдайға орнатуға тиіс. Құрал-сайманмен жұмыс істеу кезінде

кезекші машинист оны қоршаудың сүйенішіне немесе алаңның қоршалмаған шетіне, сондай-ақ люктердің, құдықтардың және арналардың шеттеріне қоймауы тиіс. Жұмыс орнындағы құралдың жағдайы оның сырғу немесе құлау мүмкіндігін жоюға тиіс.

Барлық қол слесарлық құрал-сайман 10 күнде бір рет, сондай-ақ тікелей қолданар алдында тексерілуі тиіс. Ақаулы құрал ақаусыз ауыстырылуға тиіс. Төгілген мұнай өнімдерін олар төгілген жерді дереу алып тастау, құрғату немесе құм себу қажет.

Жер асты гидротехникалық құрылыстарын салу кезіндегі қауіпсіздік қағидаларымен сутөкпе тәсілі мен құралдары бойынша жобаны міндетті түрде орындау көзделген. Қазбаларды жүргізу кезінде басты және учаскелік сутөкпе қондырғылары қарастырылуы тиіс. Бұл ретте басты сутөкпе сорғыштармен жабдықталады, олардың жалпы өнімділігі судың ең жоғары тәуліктік ағынынан үш есе артық болуы және сорғы қондырғыларының үш тобы болуы тиіс: жұмыста, резервте және жөндеуде.

Су жарылуы және су басуы мүмкін учаскелерде қазбаларды қазу кезінде су өткізбейтін бөгеттер, үлкен қималы қазбалардың жоғарғы бөлігіндегі апаттық көпіршелер, арқанның аспасы және адамдарды эвакуациялауды қамтамасыз ететін басқа да құрылғылар кіретін қауіпсіздік шаралары қолданылуы тиіс. Пайдалы қазбалардың сулы және суланған кен орындарын жер асты тәсілімен әзірлеу жобалау жұмыстарын жүргізу құқығына лицензиясы бар кәсіпорын орындаған және белгіленген тәртіппен бекітілген арнайы жоба бойынша жүргізілуге тиіс. Суды сору үшін басты және қажет болған жағдайда, екі немесе одан да көп қазбалардан тұратын су жинағыштардың міндетті құрылғысы бар учаскелік сутөкпе қондырғылары салынады. Учаскелік сутөкпе қондырғылары үшін шахтаның бас инженерінің қарауы бойынша бір қазбадан тұратын су жинағыштары болуға рұқсат етіледі. Басты сутөкпе су жинағышының сыйымдылығы кемінде 4 сағаттық қалыпты ағынға, ал учаскелік 2 сағаттық қалыпты ағынға есептеледі. Дренаждық шахталардың су төгетін қондырғыларының су жинағыштары 2 сағаттық ағысқа есептелуі тиіс. Кенжарлар мен қазбалардан суды арнайы арналар, науалар немесе құбырлар арқылы басты сутөкпе су жинағыштарына немесе қосалқы сорғы қондырғыларының су жинағыштарына бұру қажет.

6 Техника – экономикалық көрсеткіштер

Техника–экономикалық көрсеткіштерді мынадай негізгі көрсеткіштермен есептейміз: жабдықтар амортизациясы (6.1 кесте), электр энергия шығыны (6.2 кесте), еңбек ақы (6.3 кесте). Есептеулер жиынтығын 6.4 кестеге жазамыз.

6.1 кесте – Жабдықтар амортизациясы

Жабдықтар атау	Саны	Құны, теңге			Жиыны	Амортиз. Жарна. Мөлшері %	Амортизация қосындысы тг
		біреуі	барлығы	құрастыру 10%			
ЦНС 300-1170 насосы	3 3	2874472 1600000	8623416 4800000	862341 480000	9485757 5280000	20 6,7	1 897 151 353 760
2АЗМП1 – 1600 эл.қозғалт. құбыр (lxmxc) Автоматика	3	1296169 160000	2592339 160000	259233 16000	2851573 176000	12,5 5	356 446 8800

Барлығы: 2616157

Бір құбырдың құны:

$$C=L\cdot m\cdot c=1021\cdot 38.47\cdot 33=1296169 \text{ тг}, \quad (5.9)$$

мұндағы L – құбыр ұзындығы, м;
m – 1 м құбыр массасы, кг/м;
c – 1 кг құбыр құны, тг/кг.

Су төкпе құны :
Қазып алынатын 1т рудаға шаққанда:

$$S_{1T} = \frac{S}{A} = \frac{58664079}{750000} = 78{,}2 \text{ теңге/т}, \quad (6.0)$$

мұндағы S- жалпы жылдық шығын, теңге/жыл;
A- кеніштің өнімділігі, т/жыл.

$1м^3$ тартып шығарылған судың құны:

$$C_{1м^3} = \frac{S}{Q_Ж} = \frac{58664079}{1021909} = 57{,}4 \text{ теңге}/м^3. \quad (6.1)$$

6.2 кесте – Электр энергия шығыны

Атауы	Саны	Тұтын қуаты кВт	1 жылд жұмыс сағ саны	Жылдық эл энер шығыны, кВт·сағ	Бір кВт·сағ құны, теңге	Жылдық құны, теңге
2АЗМП1 – 1600 эл қозғалтқышы	1	1600	8760	8780154	4,83	42408143
Жарықтандыру және УАВ автоматикасы	10%					42408014

6.3 кесте – Еңбек ақы

Атауы	дәрежесі	Тәуліктегі адам саны	Тарифтік мөлшері, теңге	Аудандық коэффициенті, %	Жылдық еңбек ақы, Теңге
Кезекші елесарь	4	1	73,47	20	484020
Елесарь	3	3	68,1	-	1345928
Электр елесарь	4	3	73,47	-	1452061
Электр-дәнекерлеуші	4	3	73,47	-	1452061

Барлығы: 4734070

6.4 кесте – Құрама кесте

Шығындар атауы	Бір жылдық қосынды, теңге
Амортизация	2616157
Энергия	46648957
Еңбек ақы	4734070
Материалдар	4664895

Барлығы: 58664079

ҚОРЫТЫНДЫ

Шахталардың сутөкпе қондырғыларында қауіпсіздік ережелеріне жауап беретін сорғыларды өнімділігі бойынша айтарлықтай арттырмай орнату қажет.Сорғының жұмыс дөңгелектерінің саны ең аз болуы және тұрақты жұмыс режимі және қажетті өнімділікті қамтамасыз ету үшін қажетті қысым жасау шарттарынан анықталуы тиіс. Жоғары қысымды сорғыны орнату сутөкпе қондырғысының өнімділігін арттырады, бірақ бір мезгілде электр энергиясының меншікті шығынын арттырады.

Сорғының өнімділігін айдау құбырындағы ысырманы жабумен реттеуді белгілі бір су шығыны қажет қондырғыларда ғана қолдануға болады. Құбырдың дросселденуі, тіпті жұмыс режимі жоғары мәндер к. б. аймағына ауысқанда да, сутөкпе қондырғысының жұмыс үнемділігінің төмендеуіне әкеледі және шахталық сутөкпе үшін, әрине, ұсынбау керек.Қанағаттанарлық жағдайдағы сорғының бір мезгілде жұмысы ақаусыз ысырмасы және кері клапандары бар құбырлардың екі ставына всдотливой қондырғы жұмысының үнемділігін арттырады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Госгортехиздат, 1964.

2 В. С. Пак и В. Г. Гейер. Рудничные вентиляторные водоотливные установки. Углетехиздат, 1955.

3 В. И. Киселев. Горная механика. Госгортехиздат, 1961. Руководящие материалы по проведению ревизий, наладок и испытаний шахтных водоотливных установок. Углетехиздат, 1959.

4 Попов В. М. Рудничные водоотливные установки. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., Недра, 1983,

5 Гейер В. Г., Тимошенко Г. М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки: Учебник для вузов. – М., Недра, 1987.

6 Мамедов А.Ш. Разработка и обоснование мероприятий по повышению энергоэффективности комплексов шахтного водоотлива: автореф. дис... канд. тех. наук / А.Ш. Мамедов. Екатеринбург. – 2004.

7 Бабокин Г.И. Энергосбережение в насосных станциях водоотлива средствами регулируемого электропривода. / Г. И. Бабокин // Горный информационно аналитический бюллетень. –2005.

8 Энергосбережение в угольной промышленности: монография / Под ред. Б.А. Грядущего. – Донецк: НИИ ГМ, 2006.

9 Тимухин С. А., Белов С. В., Мамедов А. Ш. Оценка энергетической эффективности насосных установок горных предприятий // Вестник энергосбережения. – 2000 1(10).

10 Шевелев Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1973.

11 Александров В. И., Горелкин И. М. Гидравлический расчет трубопровода системы шахтного водоотлива с учетом потерь напора на транспортирование твердых частиц // Горное оборудование и электромеханика. – 2013.

12 Александров В. И. Изменение концентрации гидросмеси в сечении трубопроводов систем гидротранспорта / Записки горного института. Т.

13 Александров В. И. Методика расчета и результаты опытнопромышленной эксплуатации пластинчатого сгустителя / Прикладные исследования гидротранспортирования продуктов обогащения минерального сырья. Междувед. сб. науч. тр. – Л.Механобр.

14 Абрамов А. П., Бизенков В. Н. Стационарные машины. Расчет водоотливных установок горнодобывающих предприятий: Учеб. пособие. – Кемерово: КузГТУ, 2003.