

## **АҢДАТПА**

философия докторы (PhD) академиялық дәрежесін алу үшін  
«6D070700 – Тау-кен ісі» мамандығы  
бойынша жазылған диссертациялық жұмысқа

**Токтамисова Салтанат Махмутовна**

### **ҚҰРАМА СОРАПТЫ ҚОНДЫРҒЫНЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП УРАН КЕН ОРЫНДАРЫНДАҒЫ ӨНДІРУ ҰҢҒЫМАЛАРЫНЫҢ ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ**

**Қарастырылып жатқан ғылыми немесе ғылыми-техникалық мәселелердің заманауи жағдайын бағалау.** Қазақстан республикасында уран кен орындарын өндіру көп жағдайда жер асті ұңғымалық сілтісіздендіру (ЖАҰС) әдісімен іске асады. Мұның басты себебі кен орындардың басым көпшілігі өтімділігі жоғары кеуекті жыныстардан құралуы. Өнімді қабаттың тереңдігі бірнеше жүз метрге жететін болғандықтан, мүмкіншілігі кең жабдықты қолдану қажеттілігі туады. Қабатқа айдау ұңғымаларымен күкірт қышқылды ерітінді жіберіледі, ол өз кезегінде уранды сілтісіздендіреді. Уранмен байытылған өнімді сұйықтық ұңғымалардан батырмалы сораптармен өндіріліп, өңдеуге жіберіледі.

Уранды ЖАҰС әдісімен өндіру технологиясында электрлі ортадан тепкіш сорап қондырғысы (ЭОТСҚ) кеңінен тараған және бұл қондырғылармен сору ұңғымаларының барлық қоры жабдықталған. Аталмыш қондырғылардың кеңінен пайдалану себебі олардың келесідей артықшылықтарына байланысты: жоғары өнімділік пен арын, автоматтандыру және басқару оңайлығы, құрылымы шағын және т.б.

Алайда, батырмалы ЭОТС-тарын ҚР кен орындарындағы ұңғымаларда пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, бірқатар мәселелер туындаған және оларды шешуді талап етеді, олар: өндіріліп жатқан өнім бірлігіне шаққанда энергошығындардың жоғары болуы, сонымен қатар сораптардың ағын бөлігіндегі элементтердің сенімділігінің жеткіліксіз болуы.

Осылайша, «Хорасан-2» кен орнындағы батырмалы ЭОТС орнатылған сору ұңғымаларының тәжірибесінен түйгеніміз – батырмалы ЭОТС-ны пайдалану энергия шығынын көп талап ететін өндірістердің бірі екендігі және олардың энергияны пайдалану тиімділігін арттыру мәселесі өндірістегі өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Басқа да қосымша мәселер бар, жекелей алғанда – өндіріліп жатқан сұйықтықтың құрамындағы механикалық қоспалардың әсерінен сораптың ағын бөлігіндегі элементтердің жоғары қарқынмен жылдам тозуы және электр жетегінің жиі істен шығуы. Түрлі ұңғымалық фильтрларды пайдалану аталмыш мәселелерді толыққанды шешпейді.

Жабдықтың жеткілікті дәрежеде жұмыс атқармауы мүмкін жүктемені төмендетуге және жөндеу жұмыстарын жиі жасауға алып келеді. Мұның барлығы пайдалану, қызмет көрсету және жөндеуге кететін шығынның

артуына алып келеді және сорапты ауыстыру мақсатымен жұмысты тоқтату мерзімі артады. Нәтижесінде, бұл шығындар өнім бағасына өз әсерін тигізбей қоймайды.

**Диссертациялық жұмыстың тақырыбын құрастыруға негіз және бастапқы берілгендер.** ЭОТС-ның заманауи құрылымында көрсеткіштері мүмкін болған максимумға жеткен, енді әрмен қарай олардың тиімділігін едәуір түрде арттыру жақын уақытта көзделмейді.

Соңғы жылдардағы зерттеулер бойынша, ЭОТС-ның қызметтік функционалын кеңейтудің бір тәсілі – оны ағынды аппаратпен құрамдау, яғни құрама сорапты қондырғы (ҚСҚ). Сонымен қатар, ағынды сорап барлық құрама жүйенің ортақ ПӘК-і мен өнімділігін арттыруға бағытталған, бұл үрдіс құбыр сыртынан қосымша сұйықтықты сору арқылы жүзеге асады.

Соған байланысты соңғы жылдары ағынды сораптың жаңа құрылымын жасауға және оны сұйықтықты ұңғымалық өндіру тәжірибесі мен технологиялық процесстерде пайдалануға қызығушылық артқан. Ағынды сораптардың артықшылықтары келесідей: құрылымы қарапайым, қозғалатын бөлшектерінің болмауы, сенімділігінің жоғарылығы, көлемінің шағын болуы, өнімділігінің жоғары болуы. Әсіресе ағынды сораптардың бұл артықшылықтары күрделі өндіру кезінде көрініс табады, мысалы, құрамында механикалық қоспалары, коррозиялық белсенді заттар көп қабаттық сұйықтықты өндіргенде және қисық бағытталған ұңғымаларды өндіргенде.

Басқа да ескеретін артықшылығы – ұңғыманы пайдалану жағдайы өзгергенде құрама сорапты қондырғының сол жағдайға автоматты түрде түзелуі (ұңғымадағы динамикалық деңгейдің және қабаттық қысымның өзгеруі, өнім қасиеттерінің және ұңғыма өнімділігінің өзгеруі және т.б.).

Ұңғымалық жағдайдағы ағынды сораптың жұмысын есептеу біршама күрделі болып келеді және көптеген факторларды ескеруді қажет етеді. Эжекциялы жүйе көмегімен атқарылатын жұмыс түрі өте көп болғандықтан, оны есептеудің сан алуан әдістерінің пайда болуына өз септігін тигізді, сонымен қатар аталмыш есептер күрделі, сондықтан оны сандық әдіспен шешуге тура келеді, ал бұл әдіспен есептеу үшін ағынды аппараттардың түрлері мен параметрлерін регламенттейтін нормативтік құжаттар жоқ.

Ағынды аппараттарды есептеуге арналған көптеген әдістер жеке жағдай үшін қарастырылған және эмпирикалық коэффициенттер көптеп пайдаланылған, ал бұл жағдай аталмыш есептеу әдістерін кеңінен пайдалануды шектейді.

Зерттеуді жүргізу үшін бастапқы берілгендер ретінде мұнай саласында қолданылатын тандемды сорапты қондырғылардың (ТСҚ) пайдалану тәжірибесі, және де ҚР-ның ірі және перспективті кен орындарының бірі «Хорасан-2»-дегі батырмалы сораптардың пайдалану тәжірибесі пайдаланылды. «Хорасан-2» кен орнында ұңғымалардағы электрсорапты жабдықтардың энерготиімділігін және сенімділігін арттыру мәселесі алғы шепте тұр.

**Диссертациялық жұмыстың өзектілігі.** Қазақстан уран шикізатын әлемдік нарыққа шығаратын ірі жеткізуші болып табылатындығын ескере

отырып, өндірістің қарқынды дамуы саласындағы жұмыстарды дамыту процестің энергия тиімділігін арттыра отырып, зерттеудің маңызды және уақтылы бағыты болып табылады.

Кен орындарында пайдаланылатын ЭОТС-тар энерготиімділік және сенімділік бойынша заманауи талаптарды қанағаттандырмайды, өйткені ұңғыма ішіндегі жағдай түрлі болып келеді (өнімді қабаттағы жағдай мен сұйықтықтың динамикалық жағдайының үнемі өзгеріп отыруы, сорылып жатқан сұйықтықтың агрессивтілігінің жоғарылығы және құрамында механикалық бөлшектердің болуы, т.б.). сондықтан, өнімді сұйықтықты сородың және ұңғымалық сорапты қондырғының энерготиімділігін арттырудың альтернативті жолын табу қажеттілігі алғы шепте тұр.

Өнімнің негізгі бағасы электрэнергиясы мен жер асты жөндеу жұмыстарына кететін шығыннан құралатындықтан, сораптарды және тек бір ұңғыманың емес, сору ұңғымаларының блогының жұмыс істеу технологиялық режимін оптималды түрде таңдау қажет. Тәжірибе көрсеткендей, сораптар қорының жұмысын оптимизациялау - ұңғымаларды пайдаланудың технико-экономикалық көрсеткіштерінің артуына бірден бір себеп болады.

Оптимизация терминінің астарында – «өнімді қабат – ұңғыма – сорапты қондырғы» жүйесіндегі элементтердің бір-бірімен үйлескен түрде құралуы, айта кетсек, негізгі критерий ретінде мұнда «өнімнің өз бағасын минимизациялау» болу керек.

Бірақатар кен орындарындағы сору ұңғымаларындағы терең-сорапты қондырғылардың (ТҚ) тиімділігі мен сенімділігін бағалау бойынша жүргізілген сараптама көрсеткендей, батырмалы электрсорабының тиімділігін арттыру үшін оны ағынды сораппен жабдықтау керектігін аңғартқан. Нәтижесінде, сорапты қондырғының суммарлы өнімділігін арттыруға, ЭОТС-ның жұмыс жасау режимін реттеу диапазонын едәуір кеңейтуге немесе берілісі азырақ сорапты пайдалуға болады. Тағы айта кететін жәйт, өндіріліп жатқан сұйықтық құрамында механикалық қоспалар болса, оның жартысы ЭОТС-ға кірмей, ағынды сорап арқылы өтеді де, ЭОТС-ның жұмыс қорын ұзартуға мүмкіндік беретін болады.

Осылайша, диссертациялық жұмыс тақырыбы ЖАҰС технологиясындағы терең ұңғымалық сораптың (ТҰС) энерготиімділігі мен сенімділігін арттыру мәселесінің маңыздылығынан туындаған және қолданбалы маңызы бар.

**Жұмыс мақсаты** – құрама сорапты қондырғы көмегімен өнімді сұйықтықты сору процесінің энерготиімділігін зерттеу және жетілдіру.

**Зерттеу нысаны мен пәні.** Зерттеу нысаны ретінде – құрама сорапты қондырғы таңдалды, оның құрамына «Grundfos» компаниясының батырмалы ЭОТС-ы мен ағынды сорап кіреді, аталмыш ЭОТС ЖАҰС технологиясында уранның өнімді сұйықтығын сору үшін кеңінен пайдаланылады.

Зерттеу пәні – өнімді сұйықтықтың сору процесінің энерготиімділігін арттыру мақсатында ағынды сораптың құрылымдық параметрлерін және оның ЭОТС-пен бірге жұмыс жасау режимін оптимизациялау.

**Зерттеу міндеттері.** Қойылған мақсатқа сәйкес бұл жұмыста алға келесідей міндеттер қойылды:

- өндірісте тандемды сорапты қондырғыларды тәжірибе жүзінде пайдалану бойынша мәліметтерді жинақтау, сараптау және біріктіру;

- уранды ЖАҰС-де сору ұңғымаларындағы құрама сорапты қондырғының жұмыс істеу режимін және гидроағынды сорап моделін негіздеу;

- ұңғымалық сорапты қондырғыларды есептеу мен жобалаудың қолданыстағы әдістерін сараптау;

- «өнімді қабат – ұңғыма – сорапты қондырғы» жүйесіндегі ЭОТС мен ағынды сораптың біріккен жұмысының жұмыс режимін есептік модельдеу әдістемесін жасау және бастапқы берілетін көрсеткіштерді таңдау мен негіздеу;

- компьютерлік модельдеуді пайдалана отырып, ұңғымалық жағдайды имитациялау арқылы құрама сорапты қондырғының виртуалды моделінің жұмыс істеу режимін есептік-эксперименталды зерттеуді жүргізу;

- ҚСҚ үшін ағынды сораптың жоғары арынды соплаларының құрылымы мен элементтерін негіздеу және таңдау;

- ұңғыма жағдайын имитациялап, ҚСҚ-ны сынау үшін ағынды сораптың жұмысшы моделін және өлшеп-бақылау кешені бар сынау стендын техникалық зерттеу және жасау;

- ҚСҚ құрамындағы ағынды сорапты стенділік сынауды жүргізу, сонымен қатар оның тиімлігін бағалау және ұңғымалық жағдайды имитациялау әдістемесінің дұрыстығын тексеру;

- эксперименталды зерттеудің нәтижелерін сараптау және біріктіру, сонымен қатар ұңғымалық жағдайда ағынды сораптың жұмыс істеу режимін есептік модельдеу әдістемесінің көрсеткіштерін нақтылау және ағынды сораптың өндірістік құрылымын жобалау мен жасау бойынша тәжірибелік ұсыныстарды дайындау.

**Зерттеу әдісі.** Диссертацияның методологиялық негізі – Бернулли теңдеуінен бастау алатын гидравлика мен сұйықтықтың гидромеханикасы заңдылықтарына негізделген сараптамалық және есептік-эксперименталды зерттеулер.

Негізгі әдістер ретінде пайдаланылды: қолданбалы компьютерлік программаларды қолдану арқылы математикалық модельдеу және оның нәтижелерін натуралық қондырғыда жүргізілген стенділік эксперименталды зерттеулердің нәтижелерімен салыстыру.

**Қорғауға шығарылып жатқан негізгі ғылыми ережелер.** Қорғауға келесідей ережелер шығарылады:

1. Сору ұңғымаларындағы батырмалы сораптардың энерготиімділігін арттыруды құрама сорапты қондырғыны пайдалану арқылы жүзеге асыруға болады (ЭОТС+ағынды сорап), ол өз кезегінде берілістің орта есеппен 25% және жалпы ПӘК-тің 8-10%-ға артуы барысында өнімді сораптың өндірілу режимінің рационалдылығын қамтамасыз етеді.

2. Ұңғымалық жағдайда «өнімді қабат – ұңғыма – сорапты қондырғы» жүйесінде ҚСҚ-ның жұмыс істеу режимін есептік модельдеу әдісі және бұл әдістің дұрыстығын тексеру бойынша кешенді теориялық және эксперименталды зерттеулер нәтижелері.

3. Уранды өндіру технологиясындағы терең-сорапты қондырғының энерготиімділігін арттыру үшін ұңғымалық ағынды сораптың есептік модельдеу мен жобалаудың әдісін тәжірибе жүзінде пайдалану бойынша ұсыныстар.

#### **Жұмыстың ғылыми жаңалықтары:**

1. Эксперименталды зерттеулермен анықталды, құрама сорапты қондырғыны сору ұңғымаларында уранды ПСВ әдісімен өндіруде қолдану – өнімді ерітіндіні өндірудің рационалды режиміне қол жеткізуге мүмкіндік береді, сонымен қатар беріліс орташа есеппен 25% -ға және жалпы ПӘК 8-10%-ға артады.

2. Тандемді сорапты қондырғының ұңғымалық жағдайда «өнімді қабат-ұңғыма-сорап» жүйесінде жұмыс жасау режимін есептік моделдеудің оригиналды әдісі жасалды, ол өз кезегінде практикалық қолдануға жетерліктей дәлдікпен қондырғының ұңғымадағы динамикалық деңгейден қаншалықты төмен орнатылуын анықтауға мүмкіндік береді және арынды сораптың негізгі элементтерінің құрылымдық параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

3. Есептік-эксперименталды зерттеулермен анықталғандай – жоғарыарынды соплоның жұмысшы бетінің тазалығы және профилі соплодан шығатын ағыс профилінің түзілуіне және жұмысшы сұйықтықтың энергиясының шығындалуына және оның араласу камерасына қатысты орналасуына едәуір әсерін тигізетіні анықталды.

#### **Зерттеудің тәжірибелік маңызы:**

1. ЖҮҰС технологиясында ұңғымалардан уранның өнімді сұйықтығын сору үшін ҚСҚ-ны (ЭОТС+АС) тәжірибе жүзінде пайдалану мүмкіндігі теория және эксперимент жүзінде расталды.

2. Тәжірибе жүзінде пайдалану үшін ЭОТС құрамындағы ағынды сорап жұмысының математикалық моделі жасалды, ол өз кезегінде тәжірибе жүзінде ағынды сораптың ЭОТС-мен дұрыс жалғануы үшін ағынды сораптың рационалды құрылымдық параметрлерін, ұңғымадағы сұйықтықтың динамикалық деңгейінде ҚСҚ-ның батырылу тереңдігін анықтауға мүмкіндік береді және оның нақты пайдаланудың ұңғымалық жағдайы үшін пайдалану-техникалық көрсеткіштерін бағалауға мүмкіндік береді.

3. Нақты ұңғымалық жағдайды имитациялайтын ҚСҚ сынауға арналған, құрамында осы стендты басқаруға арналған интеллектуалды станциясы (SCADA) бар эксперименталды стенд жасалды.

4. ЭОТС-мен бірге тандемде жұмыс жасауы үшін ағынды сораптың ұңғымалық нұсқасының өндірістік құрылымын жобалау бойынша тәжірибелік ұсыныстар жасалды.

**Жұмыс апробациясы.** Теориялық және эксперименталды зерттеулер нәтижелері халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияларда (соның ішінде алыс шет елде) және кафедра семинарларында баяндалды.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесіне НАК «Казатомпром» (АО «Волковгеология») қызығушылық танытып отыр және болашақта келісім шарт негізінде біріккен ҒЗЖ айналысуға мүмкіншілік бар.

Жұмыс нәтижелері НАК «Казатомпром» компаниясының ҒТК баяндалып, ұсынылды және олармен біріккен ғылыми баяндама 2019 ж. Алматы қаласында өткен «Актуальные проблемы урановой промышленности» атты ІХ Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияда жарық көрді.

**Мақалалар.** Жұмысты жасау барысында 10 ғылыми мақала мен баяндаулар баспа бетіне шықты, соның ішінде: 2 мақала – ККСОН ұсынған рецензенттік баспаларда; мақала – квантили Q2 и Q3 болған, Scopus мәліметтер базасына кіретін халықаралық ғылыми журналдарда, 4 баяндама – халықаралық конференцияларда, соның ішінде 1 баяндама шет елдің халықаралық конференциясында.

Сонымен қатар, ҚР 2 патенты пайдалы модельге және ҚР 1 патенты өнертабысқа алынды; көлемі 9 б.б. болған «Струйные и тандемные насосные установки» оқу құралы жарық көрді.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, 4 бөлімнен, қорытындыдан, қолданылған әдебиет тізімі мен қосымшалардан құралған.

Диссертация 126 беттен, 16 кестеден, 67 суреттен, 57 әдебиет көзінен тұрады.