

## ҚАТТЫ ЖЫНЫСТАРДЫ БҰРҒЫЛАУ КЕЗІНДЕ ГИДРООҚШАУЛАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУДЫ ТАЛДАУ



**Б.С. АХЫМБАЕВА,**  
PhD, қауымдастырылған  
профессор,  
[b.akhymbayeva@satbayev.university](mailto:b.akhymbayeva@satbayev.university)

SATBAYEV UNIVERSITY,  
Қазақстан Республикасы, 050013, Алматы қ., Қ.Сәтбаева 22а көшесі,

*Зерттеудің өзектілігі жер асты суларының халықты сапалы ауыз сумен қамтамасыз ету үшін өте маңызды екендігіне байланысты. Олар өнеркәсіп пен ТКШ қажеттіліктері, жайылымдарды суару және басқа да мақсаттар үшін кеңінен қолданылады. Зерттеудің мақсаты-гидрооқшаулағыш технологияны қолдана отырып, қатты жыныстарды бұрғылау ерекшеліктерін қарастыру. Зерттеу әдістемесі жүргізілген сынақтарға негізделген. Сынақтар 2024 жылдың 6 қаңтары мен 2024 жылдың 28 сәуірі аралығында жүргізілді. Сынақтардың түрі зертханалық стендтік сынақтар болып табылады. Сынақ өткізілетін орын «Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ» КЕАҚ тау-кен металлургия институтының «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» кафедрасының оқу-өндірістік шеберханалары болды. Қ. И. Сәтбаев сондай-ақ, зерттеу барысында ақпаратты синтездеу және талдау әдістері қолданылды, зерттеудің соңғы кезеңінде зерттеу тақырыбы бойынша ғылыми жұмыстарға талдау жасалды.*

*Стендтік зерттеулер барысында соққы машиналарымен тиімді жұмыс істей алатын гидроимпульс генераторының келесі негізгі құрылымдық параметрлері алынды, атап айтқанда  $FD/FK$  гидроимпульс генераторы, яғни негізгі геометриялық параметр 3,78,  $LD-70-100$  мм,  $1n=35$  мм,  $1c=24-30$  мм  $Fkr=254,34$  мм<sup>2</sup>;  $RD=981,25$  мм<sup>2</sup>;  $F=304,72$  мм<sup>2</sup>. Стендтік зерттеулер гидроимпульс генераторының негізгі геометриялық параметрлерін оңтайландыру, реактивті аппараттың алдында жұмыс ағынын бөлу, ұңғыма жағдайында эксперименттердің құрамы мен әдістемесін нақтылау үшін Эжекция коэффициентінің шама-сын және қысым айырмашылығын Өлшеу мақсатында жүргізілді. Зерттеудің практикалық*

құндылығы мынада: ұсынылған зерттеуді тәжірибешілер де, теоретиктер де осы білім саласында гидроқшаулау технологиясын қолдана отырып, қатты жыныстарды бұрғылау ерекшеліктерін одан әрі зерттеу үшін негіз ретінде пайдалануға болады.

**ТҮЙІН СӨЗДЕР:** тау жыныстарын жою, тау жыныстарын бұзудың гидродинамикалық тәсілдері, тау жыныстарын бұзатын құрал, күшті тау жыныстары.

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОУДАРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ БУРЕНИИ ТВЕРДЫХ ПОРОД

**Б.С. АХЫМБАЕВА, PhD**, ассоциированный профессор, [b.akhymbayeva@satbayev.university](mailto:b.akhymbayeva@satbayev.university)

SATBAYEV UNIVERSITY,  
Республика Казахстан, 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22а

Актуальность исследования обусловлена тем, что подземные воды имеют решающее значение для обеспечения населения качественной питьевой водой. Их широко используют для нужд промышленности и ЖКХ, орошения пастбищ и для некоторых других целей. Целью исследования является рассмотрение особенности бурения твердых пород с применением гидроударной технологии. Методология исследования базируется на проведенных испытаниях. Испытания были проведены в период с 6 января 2021 года по 28 апреля 2021 года. Видом испытаний являются лабораторные стендовые испытания. Местом проведения испытаний являлись учебно-производственные мастерские кафедры «Технологические машины и оборудование» Горно-металлургического института НАО «КазННТУ им. К.И. Сатпаева». Также в процессе исследования были использованы методы синтеза и анализа информации, на заключительном этапе исследования был проведен анализ научных работ по тематике исследования.

В ходе стендовых исследований получены следующие основные конструктивные параметры гидроимпульсного генератора, способного эффективно работать с ударными машинами, а именно, гидроимпульсный генератор Fд/FK, то есть, основной геометрический параметр 3,78, lд LD-70-100 мм, 1n=35 мм, 1c=24-30 мм FКр=254,34 мм<sup>2</sup>; Pд=981,25 мм<sup>2</sup>; F=304,72 мм<sup>2</sup>. Стендовые исследования проводились с целью оптимизации основных геометрических параметров гидроимпульсного генератора, распределения рабочего потока перед струйным аппаратом, замера величины коэффициента эжекции и перепада давления для уточнения состава и методики экспериментов в скважинных условиях. Практическая ценность исследования заключается в том, что представленное исследование может быть использовано как база для дальнейшего изучения особенностей бурения твердых пород с применением гидроударной технологии как практиками, так и теоретиками в этой области знаний.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** разрушение горных пород, гидродинамические способы разрушения горных пород, породоразрушающий инструмент, крепкие горные породы.

## ANALYSIS OF THE USE OF HYDRAULIC SHOCK TECHNOLOGY IN DRILLING OF HARD ROCKS

**B.S. AKHYMBAYEVA, PhD**, Associate Professor, [b.akhymbayeva@satbayev.university](mailto:b.akhymbayeva@satbayev.university)

SATBAYEV UNIVERSITY,  
Satpayev str., 22a, Almaty, 050013, Republic of Kazakhstan

*The relevance of this study stems from the critical role that groundwater plays in providing the population with high-quality drinking water. Groundwater is extensively utilized for industrial purposes, housing and communal services, irrigation of pastures, and other needs. The study aims to explore the specifics of drilling hard rocks using hydraulic impact technology. The research methodology is based on laboratory bench tests conducted from January 6, 2021, to April 28, 2021, at the educational and production workshops of the Department of «Technological Machines and Equipment» at the Mining and Metallurgical Institute of the National Academy of Sciences «KazNITU named after K.I. Satpayev». The research also incorporated methods of synthesis and information analysis, and at the final stage, an analysis of scientific literature on the subject was conducted.*

*The bench tests yielded the main design parameters of a hydraulic pulse generator effective for use with impact machines, including the main geometric parameter  $Fd/FK$  (3.78),  $l_d$  - 70-100 mm,  $1h=35$  mm,  $1c=24-30$  mm,  $FKp=254.34$  mm<sup>2</sup>,  $Rd=981.25$  mm<sup>2</sup>, and  $F=304.72$  mm<sup>2</sup>. The tests aimed to optimize the primary geometric parameters of the hydraulic pulse generator, analyze the distribution of the working flow in front of the jet apparatus, and measure the ejection coefficient and pressure drop to refine the experimental setup for downhole conditions. The practical significance of this research is that it serves as a foundational study for further exploration of hard rock drilling using hydraulic impact technology, benefiting both practitioners and theorists in the field.*

**KEYWORDS:** rock destruction, hydrodynamic methods of rock destruction, rock-breaking tool, strong rocks.

**К**іріспе. Жер асты сулары халықты сапалы ауыз сумен қамтамасыз ету үшін өте маңызды. Жер асты сулары – жер қыртысының жоғарғы бөлігінде (12-16 км тереңдікке дейін) сұйық, қатты және бу күйінде орналасқан су. Олардың көпшілігі жаңбырдан, ерігеннен және өзен суының бетінен ағып кетуінен болады. Жер асты сулары үнемі тігінен де, көлденеңінен де қозғалады [1]. Олардың тереңдігі, бағыты және қозғалыс қарқындылығы тау жыныстарының өткізгіштігіне байланысты. Өткізгіш жыныстарға малтатас, құм, сондай-ақ қиыршық тас жатады. Құрамында су бар жыныс қабаты сулы горизонт деп аталады [2].

Пайда болу жағдайларына сәйкес жер асты сулары үш түрге бөлінеді: топырақтың ең жоғарғы қабатында орналасқан жер асты сулары; жер бетінен бірінші тұрақты су өткізбейтін қабатта жатқан топырақ; екі су өткізбейтін қабаттың арасында орналасқан қабат аралық түрі. Олар өнеркәсіп пен тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық, жайылымдық суару және басқалары үшін кеңінен қолданылады. Жұмсақ және орташа қатты тау жыныстарында бұрғылаудың ең тиімді технологияларының бірі-екі концентрлі баған бойынша қираған материалды Гидропневматикалық тасымалдаумен бұрғылау, ал жоғары қаттылықтағы тау жыныстарында гидро және пневматикалық соққыларды, сондай-ақ пневматикалық барабан қондырғыларын қолданатын соққы-айналмалы бұрғылау технологиясы [3].

Дегенмен, сериялық техникалық құралдар диаметрі небәрі 200 мм болатын жұмсақ және орташа қатты қабаттардағы гидравликалық өзекті тасымалдаумен тиімді бұрғылауды қамтамасыз етеді, ал сериялық гидравликалық балғалардың диаметрі 200 мм-ден асатын қатты қабаттарда тиімді бұрғылау үшін кенжар қуаты жеткіліксіз, бұл үлкен диаметрлі ұңғымаларды салу үшін жеткіліксіз. Сонымен қатар, екі технология да суды тазартқыш ретінде пайдаланған кезде жоғары өнімділікті қамтамасыз етеді, бұл жұмсақ жыныстарда бұрғылау кезінде ұңғыманың тұрақсыздығына және қатты жыныстардағы бұрғылау ерітіндісінің сіңіргіштігіне байланысты гидрогеологиялық ұңғымаларды салу кезінде әрқашан мүмкін емес.

Су соққысы технологиялары деп қозғалатын немесе тоқтап тұрған суда су соққылары орын алатынына қарамастан, қозғаушы күш пен энергия көзі су соққылары болып табылатын кез келген технологияны түсіну керек. Мұндай технологиялардың ауқымы өте кең. Әскерилер жаудың сүңгуір қайықтарын жою үшін гидравликалық балғаны пайдаланады. Гидравликалық соққы су құбырлары мен жылыту құбырларын тазарту үшін қолданылады. Гидрооқшаулағыштардың көмегімен су және мұнай ұңғымалары бұрғыланады, су биіктікке жеткізіледі, су немесе басқа сұйықтықтар қызады. Жер бетіндегі су ең көп таралған заттардың бірі, сұйық кристалл болғандықтан, су соққысы технологиясының саны өсе беретінін ескеру маңызды. Адамдар гидравликалық соққы технологиясын қолдана бастаған алғашқы құрылғылардың бірі гидравликалық цилиндр болды [4].

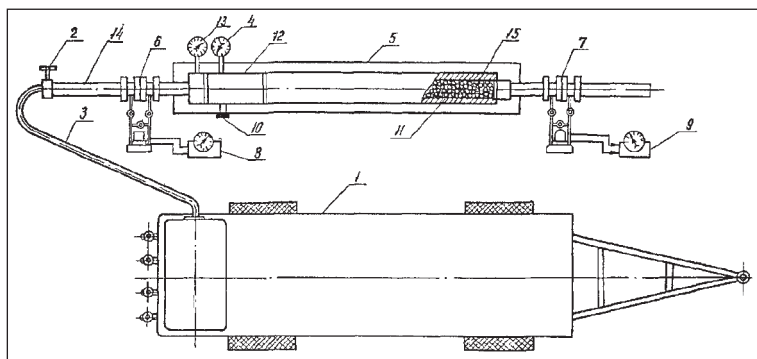
Гидроимпульстік генератор ұңғыманың төменгі аймағына гидравликалық импульсті қолдануға арналған құрылғыны білдіреді және оны мұнай-газ өнеркәсібінде қолдануға болады. Генераторда корпус, саңылаулары мен саңылаулары бар бөшке бар. Бөшке жоғарғы және төменгі топсалы тірекке орнатылған. Корпустың төменгі бөлігінде радиалды арналар мен тесіктер жасалады. Серпімді элемент жоғарғы топсаның үстінде орналасқан. Тұғырдың бүйір бетіндегі тесіктер жылжымалы элементтерге ие. Олар корпустың ішкі қуысына корпустағы ойықтар мен бойлық арналар арқылы гидравликалық байланысқан. Корпуста тангенциалды тесіктер де бар. Сұйықтықты беру кезінде ұңғыма айналады, сору элементтері құрылғыны корпуста орналастырады және онда да, қабаттың төменгі аймағында да дірілдейді.

Стендтік зерттеулер гидроимпульстік генераторының негізгі геометриялық параметрлерін оңтайландыру, реактивті аппараттың алдында жұмыс ағынын бөлу, ұңғыма жағдайында эксперименттердің құрамы мен әдістемесін нақтылау үшін эжекция коэффициентінің шамасын және қысым айырмашылығын өлшеу мақсатында жүргізілді. Зерттеудің мақсаты – гидрооқшаулағыш технологияны қолдана отырып, қатты жыныстарды бұрғылау ерекшеліктерін қарастыру.

**Материалдар және әдістер.** Сынақтардың түрі зертханалық стендтік сынақтар болып табылады. Сынақ өткізілген орын «Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ» КЕАҚ тау-кен металлургия институтының «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» кафедрасының оқу-өндірістік шеберханалары болды. Өнімнің мақсаты: бұрғылау тиімділігін арттыру үшін гидроимпульс генераторы. Стендтің мақсаты: гидроимпульс генераторын сынауға арналған стенд. *1-суретте* гидроимпульстік генераторын сынауға арналған стенд көрсетілген.

Стендте PR-10m I маркалы компрессор, 2 қысымды реттегіш, 3 икемді құбыр, 4 вакуумметрі бар қабылдау камерасы (СМ-10 маркалы), 5 шағылыстырғыш корпусы (ұңғыманың диаметрі бойынша таңдалған) және 6, 7 шығын өлшегіштері (ДПР-8.9 қайталама аспабы бар ДМ -3537 типі) бар. Диффузор мен саптама арасындағы қашықтықты өлшеу үшін арнайы тығын қарастырылған 10 сыналатын снаряд 11 эжектор жағынан 3 құбырға, 12 үлгілі манометрге, ал негізгі қабылдау құбырының төменгі бөлігінде 7 шығын өлшегішпен қосылған.

Генератордың негізгі жұмыс режимі су ағынының қысылуына және саптамадағы қысымның жоғарылауына әкелетін уақыт болып табылады. Сонымен қатар, генератордың есептік сипаттамалары көрсеткендей, коэффициенттің ең үлкен мәні



Сурет 1 – Гидроимпульстік генераторын сынауға арналған стенд

**Ескертпе:** 1 – компрессор, 2 – қысым реттегіші; 3 – икемді құбыр, 4 – вакуумметр; 5 – шағылыстырғыш қаптама; 6, 7 – ДМ-3537 типті шығын өлшегіш; 8, 9 – ДПР типті қайталама аспап, 10-диффузор мен саптама арасындағы қашықтықты өлшеуге арналған тығын; 11 – кернеу қабылдағыш құбыр, 12 – сыналатын снаряд, 13 – манометр; 14 – атқыш; 15 – негізгі материал

жұмыс ағынының қысымымен алынады  $P_p = 0,2-0,35$  МПа. Сондықтан, 2-реттегіштің көмегімен су соққысының жұмыс және құлыптау режимдерін стендте модельдеу үшін қысым мен ағын саптама арқылы өзгереді, нәтижесінде қысымның келесі мәндері алынды: жұмыс режимінде  $P = 0,14-0,20$  МПа; құлыптау режимінде  $P_p = 0,20-0,38$  МПа.

Зерттеуде ақпаратты синтездеу әдісі қолданылды. Синтез дегеніміз – бұрын шашыраңқы заттарды немесе ұғымдарды бір бүтінге немесе жиынтыққа біріктіру немесе біріктіру процесі. Синтез сонымен қатар функционалды бөліктердің бүтінін біріктіру әдісі болып табылады, аналитикалық әдіске қарағанда, бұл әдіс бүтінді функционалды бөліктерге бөлуді қамтиды. Зерттеу сонымен қатар ақпаратты талдау әдісін қолданды. Талдау дегеніміз – ұсынылған тақырып немесе объект туралы кеңірек түсінік алу үшін күрделі тақырыпты немесе объектіні кішігірім бөліктерге бөлу процесі [5].

Соңғы кезеңде ғылыми әдебиеттерге талдау жасалды. Ғылыми әдебиеттерді талдау қол жетімді зерттеу әдісі болып табылады, бірақ сонымен бірге ең талапшыл. Бұл әдіс әдебиетпен жұмыс істеудің белгілі бір дағдыларын қажет етеді: жазбалар жаза білу, материалды жұмыс жоспарына сәйкес топтастыру [6]. Әдеби дереккөздерді талдаудағы басты мақсат – зерттелетін тақырып бойынша ғылыми мәліметтер жинау, зерттеу мүмкіншіліктерің қарастыру және жұмыс гипотезасын тұжырымдау. Әдеби дереккөздерді талдау кезінде зерттеушілердің әртүрлі жұмыстары қарастырылды [7].

**Нәтижелер және талқылау.** Стендтік зерттеулер бағаналы құбырларды пайдалана отырып, соққыларға арналған гидроимпульстік аппаратының геометриялық және газдинамикалық параметрлерін есептеудің теориялық ережелерін тексеру мақсатында жүргізілді. Стендте эксперименттер жүргізу кезінде келесі міндеттер шешілді:

1. Су балғасының шығатын жерінде ауа ағынының немесе газдалған ерітіндінің оңтайлы таралу схемасын орнату.

2. Гидроимпульс генераторының негізгі геометриялық өлшемдерінің соққы машинасының энергетикалық параметрлеріне әсерін зерттеу.

3. Генератордың екі жұмыс режимінде қысым айырмашылығының оңтайлы мәндерін анықтау: А) жұмыс; б) құлыптау.

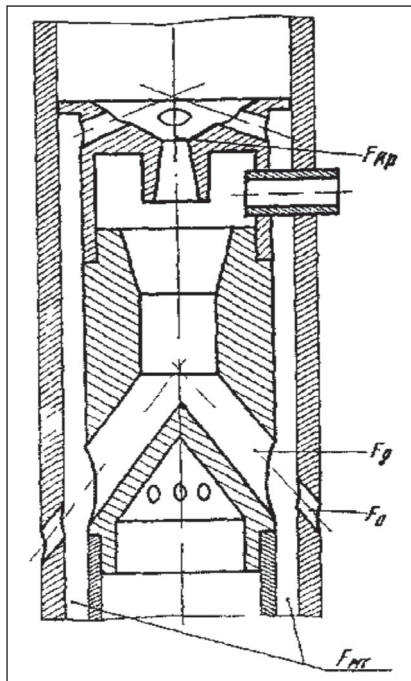
4. Генератордың екі жұмыс режиміндегі эжекция коэффициентінің оңтайлы мәнін анықтау: жұмыс және құлыптау.

5. Барлық негізгі параметрлерді оңтайландыру және ұңғымаларды зерттеуге арналған гидроимпульстік генераторының макетін жасау.

Зерттеу үшін су соққысы және құбыр бағанасынан тұратын макет қабылданды, генератор стендінің макеті Д16Т алюминий қорытпасынан (МемСТ 2685-75) жасалған, оның саптамасы мен диффузоры негізгі геометриялық өлшемдерді тәжірибелік түрде таңдау үшін алынбалы болып табылады (сурет 2).

Компрессордан ауа мен су макетке жеткізілді (1-сурет). Қысым мен ауа ағынының өзгеру сипатын анықтау үшін 6 шығын өлшегіш пен 10 манометр қоректік магистральға салынған. Қуат желісіндегі қысым 2 реттегіштің көмегімен өзгертілді, ал ауа шығыны 4,0-8,0 м<sup>3</sup>/мин шегінде сақталды, өйткені олар бұрғылау құбырлары мен адаптерлердің қосылу орындарындағы шығындарды есепке алды [8].

Аппарат алдындағы ауа ағынының газдинамикалық шамаларының шектелген шектерін ескере отырып, ең алдымен эжектор алдында соққы берушінің болуымен байланысты қысым (ол 0,2 МПа аспауы тиіс). Нәтижесінде эжекторлық снаряд моделі жасалды, оның саптамасында жұмыс агентінің атқыштан еркін шығуын қамтамасыз ететін түсіру арналары орындалды, ал диффузор арналарының құбыр кеңістігіне шығуы ағынның тұрақты кері айналымын құруға ықпал етті.



Сурет 2 – Гидроимпульстік генераторының стендік макеті

Ескертпе:  $F_{кр}$  – саптама саптамасының қима ауданы;  $F_{д}$  – диффузордың қима ауданы;  $F_0$  – бағаналы құбырдағы саңылаудың жалпы ауданы;  $F_{нт}$  – құбыраралық кеңістіктің ауданы

Гидроимпульстік генераторының жұмысына үш негізгі фактор әсер етеді (2-сурет):

1. Негізгі геометриялық параметр диффузор ауданының қатынасы  $F$ , саптамасаптамасының критикалық қимасының ауданына  $F (F_d/F_{кр})$ .

2.  $F_{кр}$  түсіру арналарының жалпы ауданы.

3. Сыртқы  $F_0$  құбырындағы тесіктердің оңтайлы көлденең қимасы.

Негізгі геометриялық параметрді өзгерту ағызу арналары, сыртқы құбырдағы тесіктер және құбыраралық саңылау арқылы өтетін жұмыс ағынының режимін реттейді (Li et al., 2018). Сондықтан әсер етушінің энергетикалық параметрлеріне әсер етпейтін гидроимпульстік генераторының тиімді жұмыс аймағын табу үшін эксперименттік-конструкторлық зерттеулер кешені орындалды.

Бастапқыда бұрғылау процесінде машинаны соғу кезінде гидроимпульстік генераторының пайдаланылған газындағы жұмыс қысымын ұстап тұру мәселелері шешілді. Ол үшін  $F_{кр}$  түсіру арналарының көлденең қимасын және  $F_{кр}$  гидроимпульс генераторының саптамасын таңдау арқылы құрылғының қажетті оңтайлы параметрлері табылды.  $F_{кр}$  саптамасындағы саңылаулар мен  $F_{кр}$  түсіру арналарының көлденең қимасына байланысты әсер етушінің пайдаланылған газындағы абсолютті қысымның эксперименттік деректерінің жалпыланған нәтижелері *1-кестеде* келтірілген. Дәлірек және сенімді эксперименттік деректерді алу үшін әр саптама мен диффузордың өлшемдері бірнеше рет тексерілгенін атап өткен жөн [9].

*1 және 2-кестелерде* баған жиынтығының өлшеміне байланысты  $F_{кр}$ ,  $F_d$ ,  $F_k$  саңылауларының оңтайлы қимасының жалпыланған эксперименттік деректері келтірілген.

Стендтік сынақтар егер гидроимпульстік генераторының саптамасында  $F_{кр}=254,34 \text{ мм}^2$  және  $F_k=307,72 \text{ мм}^2$  түсіру арналарының саңылаулары орындалса, онда ағын тұрақтандырылады және әсер етушінің шығатын қысымы 0,111-0112 МПа болады. Бұл шама сою машинасында қажетті қысым айырмашылығын және соққы берушінің тиімді жұмысын қамтамасыз етеді.

**Кесте 1 – Гидроимпульс генераторының диаметрлік өлшемдеріне байланысты әсер етушінің пайдаланылған абсолютті қысымын өлшеу нәтижелері**

Саптама саптамасының критикалық диаметрі $d_p$ , мм	Диффузордың диаметрі $d_g$ , мм	Саптаманың диффузордан қашықтығы $l_n$ , мм	Түсіру арналарының ауданы $F_{кр}$ , мм <sup>2</sup>	Саптамадағы тесіктердің жалпы ауданы мм <sup>2</sup>	Су соққысының алдындағы абсолютті қысым, МПа, $P_p$
18,5	40	30,0	153,86	422,527	0,232
18,5	35	20,0	307,72	576,387	0,111
18,5	30	35,0	307,72	576,387	0,113
18,0	40	30,0	307,72	562,06	0,111
18,0	35	25,2	307,72	562,06	0,112
17,5	40	35,4	153,86	394,47	0,236
17,5	35	30,0	307,72	548,33	0,112
17,5	30	25,2	307,72	548,33	0,115
14,5	40	28,5	307,72	472,77	0,166
14,5	35	30,0	307,72	472,77	0,165
10,0	40	29,6	307,72	386,22	0,263
10,0	45	35,0	307,72	386,22	0,267
10,0	40	28,4	153,86	232,36	0,394
10,0	30	35,1	153,86	232,36	0,396
6,0	40	30,3	307,72	335,98	0,361
6,0	40	34,1	307,72	335,98	0,380
6,0	35	28,2	307,72	335,98	0,344
6,0	30	25,1	307,72	335,98	0,379

Осылайша, есептеу және эксперименттік жолдармен пневматикалық соққының энергетикалық параметрлеріне әсер етпейтін және тұрақты кері айналымның пайда болуына жағдай жасауға қабілетті гидроимпульс генераторындағы ауаны таратудың жаңа схемасы жасалды (2-кесте).

Кесте 2 – Құбырдың диаметріне байланысты гидроимпульс генераторының диаметрлік өлшемдерінің сипаттамасы

Құбыр диаметрі, мм	$F_{кр}$ , мм <sup>2</sup>	$F_d$ , мм <sup>2</sup>	$F_k$ , мм <sup>2</sup>	$F_{м. т.}$ , мм <sup>2</sup>
121	254,34	981,25	307,72	1137,5
102	254,34	981,25	307,72	686,9

Қысым дифференциалының және эжекция коэффициентінің оңтайлы мәндерін анықтау үшін стендте саптамалар мен диффузорлардың алынбалы үлгілері тексеріліп, алынып тасталды.

Бағаналы снарядтардағы гидроимпульстік генераторының жұмысы сору желісіндегі айтарлықтай кедергілерді қамтитыны белгілі, олар кернеу құбырын өзекпен толтырған сайын артады [10]. Осыған байланысты эжекция коэффициенті төмендейді. Сондықтан қабылдау камерасындағы қысымның ең үлкен айырмашылығын дамытатын эжекторлар жұмыста тұрақты болады, өйткені негізгі құбырдағы өзек ұзындығының ұлғаюымен эжекция коэффициенті азаяды. 4-суретте  $\Delta P_c$  қысымының дифференциалының эксперименттер барысында алынған  $f_{кр}$  саптамасының саптамасының сыни қимасына тәуелділігі көрсетілген [11].

$\Delta P_c$  қысымының максималды айырмашылығы диаметрі 180 мм  $P_{кр}$  саптамасын қолдану арқылы алынады. Түсіру арналары санының артуымен  $\Delta P_c$  мәні төмендейді, бұл ауа ағынының ағынының қысылу дәрежесінің төмендеуімен байланысты, бірақ  $F_{кр} = 18,0$  мм кезінде жалпы ауданы  $f_k = 307,72$  мм<sup>2</sup> түсіру арналарының болуы DRS қысымының төмендеу шамасын құлыптау кезінде 0,04-0,042 МПа шегінде ұстауға мүмкіндік береді. және  $\Delta P_c = 0,018-0,021$  МПа генератордың алдындағы абсолютті қысыммен жұмыс режимдерінде  $P_p = 0,115$  МПа су балғасының жұмысы кезінде (3-кесте).

Нәтижесінде, эксперименттердің нәтижелері бойынша біз негізгі геометриялық параметрдің шамасын тұрақты және  $F_d/F_{кр} = 961,6/254,3 = 3,78$  соққы барлау машиналарының барлық түрлеріне тең етіп таңдадық. Диффузордың диаметрі  $d_d = 35$  мм зерттеулер негізінде таңдалады, бірақ оның мөлшері 30 немесе 40 мм болуы мүмкін (1-кесте) [12]. Гидроимпульстік генераторының моделін құру кезінде қосымша өлшемдер есептелген деректерді талдау негізінде таңдалды. Жоғарыда келтірілген жұмыстарды талдаудан кейін, араластырғыш камераның оңтайлы ұзындығы 6-8 болып табылады ( $d_d$ ). [13] Алайда, гидроимпульс генераторының жалпы ұзындығын азайту үшін араластыру камерасының ұзындығын  $l_d = 70-100$  мм шегінде қабылдауға болады [14].

2 және 3-кестелерде су соққысының екі жұмыс режимінде сыналатын гидроимпульс генераторының моделімен эксперименттер кезінде алынған мәліметтер көрсетілген. 3-кестеден  $\Delta P_c$  қысымының дифференциалының ең үлкен шамасы және  $U_r$  ауа арқылы эжекция коэффициенті  $P=0,25-0,38$  МПа-да қамтамасыз етілетінін көруге болады, бұл жұмыс ағынының жоғары қысу коэффициентін көрсетеді. Алай-



Кесте 3 – Саптаманың әртүрлі диаметрлерінде және түсіру арналарының санында гидроимпульс генераторы дамытатын қысым айырмашылығының шамасы

NN п /п	Саптама саптамасының критикалық диаметрі. Pкр, мм	Түсіру арналарының алаңы, Pкр, мм <sup>2</sup>	Түсіру арналарының саны, дана.	Қабылдау бөлмесіндегі қысымның максималды айырмашылығы	
				жұмыс режимі	құлыптау режим
1	6,0	0	0	0,011	0,030
		158,86	1	0,008	0,026
		307,72	2	0,007	0,024
		461,58	3	0,004	0,020
2	10,0	0	0	0,018	0,036
		153,86	1	0,015	0,031
		307,72	2	0,014	0,026
		461,58	3	0,010	0,020
3	14,5	0	0	0,026	0,041
		153,86	1	0,022	0,037
		307,72	2	0,020	0,036
		461,58	3	0,012	0,029
4	17,5	0	0	0,028	0,044
		153,86	1	0,024	0,040
		307,72	2	0,020	0,036
		461,58	3	0,016	0,030
5	18,0	0	0	0,029	0,046
		153,86	1	0,024	0,043
		307,72	2	0,021	0,042
		461,58	3	0,016	0,036
6.	18,5	0	0	0,028	0,044
		153,86	1	0,025	0,042
		307,72	2	0,019	0,039
		461,58	3	0,015	0,035
7	200	0	0	0,026	0,042
		153,86	1	0,021	0,038
		307,72	2	0,017	0,036
		461,58	3	0,013	0,030
8	22 0	0	0	0,021	0,036
		153,86	1	0,017	0,028
		307,72	2	0,014	0,023
		461,58	3	0,009	0,021

Ескерту: диффузордың диаметрі  $d_0 = 35$  мм.

да, саптамадағы қысымның одан әрі жоғарылауымен  $P_p=0,5$  МПа, эжекция коэффициентінің мәні жұмыс жылдамдығының айырмашылығына, эжектелген ағындарға және су балғасының диффузорлық бөлігіндегі ағынның айналуына байланысты төмендейді. [15]

Бұл жағдайда ағын ағынының белгілі бір көрсеткіштерін компрессордың шекті айналымдардағы жұмысына (үзіліссіз жұмыс) және эжектордың біртіндеп (уақыт бойынша бірдей емес) «айналдыру» режиміне ауысуына байланысты алу мүмкін болмады. Сондықтан алынған Эжекция коэффициентінің орташа мәндері  $U_r = 0,21-0,36$  аралығында болады.


Зерттеу тақырыбын кеңірек қарау үшін ғылыми қызметін ұқсас бағытта жүзеге асырған басқа зерттеушілердің жұмыстарын қарастыру қажет.

**Қорытынды.** Су соққысы технологиялары деп қозғалатын немесе тұрақты суда су соққылары орын алатынына қарамастан, қозғаушы күш пен энергия көзі су соққылары болып табылатын кез келген технологияны түсіну керек. Мұндай технологиялардың ауқымы өте кең. Жер бетіндегі су ең көп таралған заттардың бірі, сұйық кристалл болғандықтан, су соққысы технологиясының саны өсе беретінін ескеру маңызды. Адамдар гидравликалық соққы технологиясын қолдана бастаған алғашқы құрылғылардың бірі гидравликалық цилиндр болды. Гидроимпульстік генераторы ұңғыманың төменгі аймағына гидравликалық импульсті қолдануға арналған құрылғыны білдіреді және оны мұнай-газ өнеркәсібінде қолдануға болады.

Зерттеулер 2024 жылдың 22 қаңтары мен 2024 жылдың 30 сәуірі аралығында жүргізілді. Сынақтардың түрі зертханалық стендтік сынақтар болды. Сынақ өткізілетін орын «Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ» КЕАҚ тау-кен металлургия институтының «Технологиялық машиналар мен жабдықтар» кафедрасының оқу-өндірістік шеберханалары болды. Стендтің мақсаты: гидроимпульс генераторын сынауға арналған стенд.

Осылайша, стендтік зерттеулер нәтижесінде соққы машиналарымен тиімді жұмыс істей алатын гидроимпульстік генераторының келесі негізгі құрылымдық параметрлері алынды, яғни негізгі геометриялық параметрі  $3,78$ ,  $l_d = 70-100$  мм,  $l_n = 35$  мм,  $l_c = 24-30$  мм  $F_{кр} = 254,34$  мм<sup>2</sup> болатын  $F_d/F_k$  гидроимпульс генераторы;  $P_d = 981,25$  мм<sup>2</sup>;  $F = 304,72$  мм<sup>2</sup>.

Стендтік зерттеулер гидроимпульстік генераторының негізгі геометриялық параметрлерін оңтайландыру, реактивті аппараттың алдында жұмыс ағынын бөлу, ұңғыма жағдайында эксперименттердің құрамы мен әдістемесін нақтылау үшін эжекция коэффициентінің шамасын және қысым айырмашылығын өлшеу мақсатында жүргізілді.

Өздеріңіз білетіндей, стендтік зерттеулерде олардың құндылығын айтарлықтай төмендететін бірқатар кемшіліктер бар. Ең алдымен, ұңғыма жағдайларын модельдеу мүмкін емес, өйткені соққы кезінде пайда болған динамикалық соққылар негізгі қабылдағыш құбырға түсетін өзектің орналасу сипатына әсер етеді. Соққы машинасымен кешендегі гидроимпульстік генераторының жұмысын сенімді бағалау үшін ұңғымада зерттеу жүргізу қажет. 

## ӘДЕБИЕТ

- 1 Akhymbayeva B., Employment of mud-pulse generator for improvement of efficiency of a wellbore producing in complex mining and geological conditions // Petroleum Research, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2023.07.004>
- 2 Akhymbayeva B.S., Akhymbayev D.G., Naurzybayeva, D.K., Mauletbekova, B.K., The process of crack propagation during rotary percussion drilling of hard rocks // Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 2021, 9(4), pp. 392-416. <http://dx.doi.org/10.21533/pen.v9i4.2295>
- 3 Tavakkoli, O., Kamyab, H., Shariati, M., Mohamed, A. M., & Junin, R. (2022). Effect of nanoparticles on the performance of polymer/surfactant flooding for enhanced oil recovery: A review. Fuel, 312, 122867. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236121027289>

- 4 Neskoromnykh, V.V., Golovchenko, A.E. (2020). Experimental Study of Rock Destruction by Eccentric Impact Pulses During Rotary-Per percussion Drilling. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 331(1), 135-147. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/1/2455>
- 5 Shadrina, A.V., Saruev, L.A (2015). Analysis and Science-Based Compilation of the Results of Studying Percussion-Rotary Underground Slimhole Digging. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 326(8), 120-136. ISSN 25001019
- 6 Song, X., Aamo, O. M., Kane, P.-A., Detournay, E. (2020). Influence of Weight-on-Bit on Percussive Drilling Performance. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 54, 3491–3505. <https://doi.org/10.1007/s00603-020-02232-x>
- 7 Xu, Z., Yang, G., Wei, H., Ni, S. (2015). Dynamic Performance Analysis of Gas-Liquid United Hydraulic Hammer. *Engineering*, 7(8), 499-505. 10.4236/eng.2015.78046 <http://dx.doi.org/10.4236/eng.2015.78046>
- 8 Yang, S., Ou, Y., Guo, Y., Wu, X. (2017). Analysis and Optimization of the Working Parameters of the Impact Mechanism of Hydraulic Rock Drill Based on a Numerical Simulation. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 18(7), 971–977. <https://doi.org/10.1007/s12541-017-0114-4>
- 9 Zhabin, A.B., Lavit, I.M., Polyakov, A.V., Kerimov, Z.E. (2020). Mathematical Model of Piston/Bit Interaction in Percussive Destruction of Rocks. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 11, 140-150. ISBN: 0236-1493, DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-0-140-150
- 10 Zhang, X., Luo, Y., Gan, X., Yin, K. (2019). Design and numerical analysis of a large-diameter air reverse circulation drill bit for reverse circulation down-the-hole air hammer drilling. *Energy Science & Engineering*, 7(3), 921-929. <https://doi.org/10.1002/ese3.321>
- 11 Kovalev, A.V., Ryabchikov, S.Ya., Aliev, F.R., Yakushev, D.A., Gorbenko, V.M. (2015). Problems of Hydrodynamic Methods of Drilling Wells and The Main Directions of Their Solution. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 326(3), 6-12.
- 12 Gorodilov, L.V. (2019). Design Theory, Methods, Programs and Development for Hydraulic Percussion Systems. *Gornyi Zhurnal*, 10, 55-60. DOI 10.17580/gzh.2019.10.07
- 13 Gorodilov, L.V. (2018). Analysis of Dynamics and Characteristics of Main Classes of Self-Oscillating Volume-Type Hydraulic Impact Systems. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*, 47(1), 19–27. <https://doi.org/10.3103/S1052618818010077>
- 14 Gorodilov, L.V., Vagin, D.V. (2016). Software Architecture for Simulation the Executive Bodies Hydraulic Drives of Mining and Construction Machinery. *Problemy Nedropolzovaniya*, 3, 48-52. DOI 10.17580/gzh.2019.10.07
- 15 Karpov, V.N., Petreev, A.M. (2021). Determination of Efficient Rotary Percussive Drilling Techniques for Strong Rocks. *Journal of Mining Science*, 57(3), 447-458. <https://doi.org/10.1134/S1062739121030108>