УДК 55.33.37 621; МРНТИ 55.33.37; https://doi.org/10.37878/2708-0080/2025-2.05
https://orcid.org/0009-0002-0137-228X[1]
https://orcid.org/0009-0002-4850-4294[2]
https://orcid.org/0009-0001-5793-3800[3]

БҰРҒЫЛАУ СОРАБЫ ПОРШЕНІНІҢ ТОЗУЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ РЕСУРСЫН ҰЗАРТУ



Ш.М. МЕДЕТОВ,
техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессоры,
medetov.76@mail.ru

Г.Е. СУЮНГАРИЕВ,
техника ғылымдарының кандидаты профессор-ассистенті,
s.gabit72@mail.ru

М.Н. АБИШЕВ,
техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессоры,
m_abishev_nik@mail.ru

«С. ӨТЕБАЕВ АТЫНДАҒЫ АТЫРАУ МҰНАЙ ЖӘНЕ ГАЗ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ
Қазақстан Республикасы, 060027, Атырау қ., Баймұқанов к., 45а, 9-корпус

Бұл мақалада бұрғылау сорғысы поршенінің тозуы және оның қызмет ету мерзімін ұзарту жолдары зерттелген. Абразивті, адгезиялық, коррозиялық және қажуды қоса алғанда, тозудың негізгі механизмдері, сондай-ақ оның қарқындылығына әсер ететін факторлар, мысалы, қысым, температура, бұрғылау ерітіндісінің құрамы және механикалық әсері қарастырылды. Поршеньдердің тозуға төзімділігін арттыру үшін қолданылатын әртүрлі материалдар мен қорғаныс жабындарына салыстырмалы талдау жасалды.

Зерттеуге "ҚазМұнайГаз-Бұрғылау ББМ" ЖШС қарасты Айранкөл алаңындағы №278 ұңғымада орналасқан №3 бұрғылау қондырғысында жүргізілген полиуретанды поршеньдердің эксперименттік сынақтары кірді және сынақтың нәтижелері олардың шектеулі қызмет ету мерзімін көрсетті. Титан нитриді (TiN) және вольфрам-карбид-кобальт (WC-Co) негізіндегі жабындарды қолдану сияқты балама шешімдер қарастырылды, олар тозу жылдамдығын азайтты және ұзақ қызмет ету мерзімін көрсетті.

Салыстырмалы талдау үшін бұрғылау сорғысының жұмыс жағдайында әртүрлі жабындары бар поршеньдердің тозуға төзімділігі қарастырылды. Пайдаланылған негізгі көрсеткіш-тозу жылдамдығы (мм / сағ).

Бұрғылау сорғысы поршенінің тозу жылдамдығы іс жүзінде кең таралған бірнеше жабындар үшін есептелген. Бұрғылау сорғысы поршенінің тозуы қолданылатын жабын түріне байланысты график салынған.

Талдау негізінде поршеньдердің құрылымын оңтайландыру, бұрғылау ерітіндісінің құрамын жақсарту және бұрғылау сорғыларының поршеньдік жүйелерінің қызмет ету мерзімін *ұзарту үшін заманауи жабындарды қолдану бойынша ұсыныстар ұсынылған. Алынған нәтижелер сорғы жабдықтарын жаңарту және мұнай-газ саласындағы пайдалану шығындарын азайту кезінде пайдалы болуы мүмкін.*

ТҮЙІН СӨЗДЕР: *бұрғылау сорғысы, поршень, тозу, қорғаныс жабындары, титан нитриді, пайдалану ресурсы.*

ИЗНОС ПОРШНЯ БУРОВОГО НАСОСА И ПРОДЛЕНИЕ ЕГО РЕСУРСА

Ш.М. МЕДЕТОВ, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, *medetov.76@mail.ru*
Г.Е. СУЮНГАРИЕВ, кандидат технических наук, ассистент профессора, *s.gabit72@mail.ru*
М.Н. АБИШЕВ, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, m_abishev_nik@mail.ru

НАО «АТЫРАУСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА ИМЕНИ С. УТЕБАЕВА»
Республика Казахстан, 060027, г. Атырау, ул. Баймуканова, 45а, корпус 9

В данной статье исследованы износ поршня бурового насоса и способы продления его срока службы. Рассмотрены основные механизмы износа, включая абразивный, адгезионный, коррозионный и усталостный, а также факторы, влияющие на его интенсивность, такие как давление, температура, состав бурового раствора и механическое воздействие. Проведен сравнительный анализ различных материалов и защитных покрытий, используемых для увеличения износостойкости поршней.

Исследование включает экспериментальные испытания полиуретановых поршней, проведенные на буровой установке №3, которая находится на площади Айранколь, скважина №278, и эксплуатируется ТОО «СБП КазМунайГаз-Бурение», результаты которых показали их ограниченный срок службы. Рассмотрены альтернативные решения, такие как применение покрытий на основе нитрида титана (TiN) и вольфрам-карбид-кобальта (WC-Co), которые продемонстрировали значительно меньшую скорость износа и более длительный срок эксплуатации.

Для сравнительного анализа рассмотрена износостойкость поршней с различными покрытиями в условиях работы бурового насоса. Основной показатель, который использован – это скорость износа (мм/час).

Рассчитана скорость износа поршня бурового насоса для нескольких покрытий, широко распространенных на практике. Построен график зависимости износа поршня бурового насоса от типа используемого покрытия.

На основе анализа предложены рекомендации по оптимизации конструкции поршней, улучшению состава бурового раствора и применению современных покрытий для увеличения срока службы поршневых систем буровых насосов. Полученные результаты могут быть полезны при модернизации насосного оборудования и снижении эксплуатационных затрат в нефтегазовой отрасли.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *буровой насос, поршень, износ, защитные покрытия, нитрид титана, эксплуатационный ресурс.*

WEAR OF THE PISTON OF THE DRILLING PUMP AND PROLONGATION OF ITS SERVICE LIFE

SH.M. MEDETOV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, *medetov.76@mail.ru*
S.E. SUYUNGARIEV, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, *s.gabit72@mail.ru*
M.N. ABISHEV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, *m_abishev_nik@mail.ru*

ATYRAU UNIVERSITY OF OIL AND GAS NAMED AFTER S. UTEBAYEV,
Republic of Kazakhstan, 060027, Atyrau,, Baimukhanova str., building 9

This article examines the wear of the piston of a drilling pump and ways to extend its service life. The main mechanisms of wear, including abrasive, adhesive, corrosion and fatigue, as well as factors affecting its intensity, such as pressure, temperature, composition of drilling fluid and mechanical impact, are considered. A comparative analysis of various materials and protective coatings used to increase the wear resistance of pistons has been carried out.

The study includes experimental tests of polyurethane pistons conducted on drilling rig No. 3, which is located on the Ayrankol area, well No. 278, and is operated by SBP KazMunayGas-Drilling LLP, the results of which showed their limited service life. Alternative solutions were considered, such as the use of coatings based on titanium nitride (TiN) and tungsten-carbide-cobalt (WC-Co), which demonstrated a significantly lower wear rate and a longer service life.

For a comparative analysis, the wear resistance of pistons with different coatings under the operating conditions of a drilling pump is considered. The main indicator used is the wear rate (mm/hr).

The wear rate of a drilling pump piston has been calculated for several coatings that are widely used in practice. A graph of the dependence of the wear of the piston of the drilling pump on the type of coating used is constructed.

Based on the analysis, recommendations are proposed for optimizing the design of pistons, improving the composition of drilling mud and using modern coatings to increase the service life of piston systems of drilling pumps. The results obtained can be useful in upgrading pumping equipment and reducing operating costs in the oil and gas industry.

KEYWORDS: *drilling pump, piston, wear, protective coatings, titanium nitride, operational life.*

Кіріспе. Бұрғылау сорғылары ұңғымаға бұрғылау ерітіндісін беруді қамтамасыз ететін бұрғылау қондырғысының айналым жүйесінің маңызды элементтері болып табылады [1].

Бұрғылау сорғысы дәнекерленген жақтауға орнатылған жетек және гидравликалық блоктардан тұрады [1, 2].

Бұрғылау сорғыларының гидравликалық блоктары корпус пен ауыстырылатын бөлшектерден тұрады. Корпустық бөлшектерге гидроқораптар мен олардың қақпақтары, қабылдау және айдау коллекторлары, ауыстырылатын - цилиндрлік втулкалар мен поршеньдер, клапанның отырғышы мен табақшасы, қозғалмайтын және қозғалмалы қосылыстардың тығыздағыштары жатады.

Поршень цилиндр жеңінің саңылауын мықтап жабады және оның осіне қарай жылжып, айдалатын сұйықтыққа артық қысым береді. Бұрғылау сорғыларының поршеньдері резеңке-металл конструкцияға ие және болат өзек пен резеңке өздігінен тығыздағыш манжеттерден тұрады.

Сорғының тозуға бейім компоненттерінің бірі-жоғары қысым, агрессивті орта және қарқынды механикалық әсер ету жағдайында жұмыс істейтін поршень [2].

Бұрғылау сорғысы поршенінің тозуы келесі мәселелерге әкеледі [3-5]:

1. Сорғы өнімділігінің төмендеуі - бұрғылау ерітіндісін беру нашарлайды, бұл ұңғыманы бұрғыланған жыныстардан тазартуға теріс әсер етуі мүмкін.

2. Техникалық қызмет көрсету шығындарының арттыруы - тозған поршеньдерді жиі ауыстыру қажеттілігі пайдалану шығындарын арттырады.

3. Төтенше жағдайлар қаупі - шамадан тыс тозу жүйенің қысымын төмендетуге, қысымның жоғалуына және тіпті жабдықтың істен шығуына әкелуі мүмкін.

4. Цилиндр-поршень тобының қызмет ету мерзіміне әсері - поршеньнің қарқынды тозуы цилиндрдің тозуын тездетеді, бұл қымбат жөндеуді немесе бөлшектерді ауыстыруды қажет етеді.

Осы факторларды ескере отырып, поршеньдердің қызмет ету мерзімін ұзартудың тиімді әдістерін жобалау, соның ішінде тозуға төзімді материалдарды қолдану, бұрғылау ерітіндісін оңтайландыру, құрылымдық шешімдерді жақсарту және беттерді өңдеудің жаңа технологияларын енгізу өзекті міндет болып табылады. Бұл мәселені шешу пайдалану шығындарын азайтуға және бұрғылау жабдықтарының сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Бұрғылау сорғысы поршенінің тозуы бүкіл бұрғылау операциясының тиімділігіне тікелей әсер етеді, өйткені сорғы бұрғылау ерітіндісінің айналымында, сондай-ақ бұрғылау қондырғысының қажетті параметрлерін сақтауда шешуші рөл атқарады. Поршеньдің тозуы процеске қалай әсер ететінін қарастырайық [3]:

1. Сорғының қысымы мен өнімділігінің төмендеуі

Поршеньдің тозуы поршень мен цилиндр арасындағы бұрғылау ерітіндісінің ағып кетуіне әкеледі. Бұл сорғының қысымын төмендетеді, бұл өз кезегінде бүкіл жүйенің өнімділігін төмендетеді. Төмен өнімділік шламды кетіру және ұңғыма қабырғаларын тұрақтандыру тиімділігін төмендетеді, бұл бұрғылауды баяулатуы мүмкін.

2. Бұрғылау ерітіндісінің біркелкі емес айналымы

Егер поршень тығыздығын жоғалтса, бұл бұрғылау ерітіндісінің біркелкі айналымының бұзылуына әкелуі мүмкін. Ерітіндінің біркелкі жеткізілмеуі ұңғыманың тұрақтануына және бұрғыланған тау жыныстарынан тазарту процесіне әсер етуі мүмкін, бұл бұрғылау сапасының нашарлауына және бұрғылау құралының бітелуіне әкелуі мүмкін.

3. Жүйенің басқа компоненттерінің тозуының артуы

Тозған поршень бүкіл цилиндр-поршень тобының жұмысына әсер етеді. Поршеньдік тозудың жоғарылауы сорғының цилиндр, тығыздағыштар және клапандар сияқты басқа бөліктерінің тозуын тездетеді. Бұл бөлшектерді жөндеуге және ауыстыруға қосымша шығындарды талап етеді, сонымен қатар жабдықтың қызмет ету мерзімін қысқартады.

4. Жиі жөндеу қажеттілігі және пайдалану шығындарының жоғарылауы

Поршеньдік тозудың жоғарылауына байланысты бөлшектерге техникалық қызмет көрсету және ауыстыру жиі жүргізілуі керек, бұл пайдалану шығындарын едәуір арттырады. Сонымен қатар, жөндеу процесінде бұрғылау қондырғысының жиі тоқтап қалуы бұрғылау ұңғымасында жұмыс уақытын қысқартады және жалпы өнімділікті төмендетеді.

5. Төтенше жағдайлар мен сынулар қаупі

Поршеньдің қатты тозуы тығыздағыштың бұзылуына және бүкіл сорғының істен шығуына әкелуі мүмкін. Бұрғылау жағдайында бұл шұғыл араласуды және жұмысты тоқтатуды қажет ететін төтенше жағдайларды тудыруы мүмкін, бұл өз кезегінде қосымша шығындар мен тоқтап қалуға әкеледі.

Осылайша, поршеньдің тозуы сорғының жұмысына ғана емес, бүкіл бұрғылау жұмысына теріс әсер етеді, бұл жалпы тиімділікті төмендетеді және пайдалану шығындарын арттырады.

Бұл мақаланың мақсаты бұрғылау сорғысы поршенінің тозуына ықпал ететін факторларды жан-жақты талдау, сондай-ақ поршеньнің қызмет ету мерзімін ұзартуға және оның пайдалану сипаттамаларын жақсартуға бағытталған заманауи әдістерді қарастыру болып табылады.

Осылайша, мақала поршеньдің тозу себептерін терең түсінуге және осы тозуды азайтуға және бұрғылау жабдықтарына техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтуға көмектесетін шешімдерді жобалауға бағытталған.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу материалдары мен әдістеріне отандық және шетелдік ғылыми-танымдық және анықтамалық әдебиеттерге терең шолу кіреді, оның негізінде сорғы-циркуляциялық кешеннің, бұрғылау сорғысының және оның цилиндр-поршеньдік тобының конструкцияларын талдау, поршеньді эксперименттік сынау, сондай-ақ бұрғылау сорғысының поршеннің тозу жылдамдығын анықтау жатады.

Нәтижелерді талқылау. Мақала Сафи Өтебаев атындағы Атырау Мұнай және газ университетінің профессор – оқытушылар құрамы алдында талқыланып, жариялауға ұсынылды.

Бұрғылау сорғысының поршені - жоғары қысымды бұрғылау ерітіндісін айдауды қамтамасыз ететін негізгі торап. Оның негізгі элементтері [3-5]:

1. Металл корпус (поршень негізі) – легирленген болаттар сияқты берік материалдардан жасалған, беріктік пен ұзақмерзімділікті қамтамасыз етеді.
2. Серпімді манжета (резеңке элемент) – тығыздауды қамтамасыз ететін және бұрғылау ерітіндісінің ағып кетуіне жол бермейтін тозуға төзімді тығыздағыш элемент. Табиғи резеңкеден, полиуретаннан немесе абразивті тозуға төзімді синтетикалық материалдардан жасалуы мүмкін.
3. Тірек шайба-жүктемені біркелкі тарата отырып, манжетті бекітуге және қолдауға қызмет етеді.
4. Поршеньдік саусақ (өзек торабы) – поршеньді иінді механизммен байланыстырады, кері қозғалысты береді.
5. Қысқыш сақина (манжетті құлыптау) – поршень корпусындағы тығыздағыш манжетті ұстап, оның жылжуын болдырмайды.
6. Экструзияға қарсы сақина (опционалды) – манжеттің жоғары қысымда қысылуына жол бермейді.

Бұл элементтер абразивті бөлшектері бар бұрғылау ерітіндісінің әсерінен, сондай-ақ жоғары қысым мен температураның әсерінен тозу жағдайында жұмыс істейді. Материалдар мен құрылымдық шешімдерді жақсарту поршеннің қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік береді.

Бұрғылау сорғыларының поршеньдері пайдалану жағдайларына, қысымға, жұмыс ортасының түріне және тозуға төзімділік талаптарына байланысты әртүрлі материалдардан жасалған. Негізгі материалдар: қатты қорытпалармен қапталған болат, тот баспайтын болат; тозуға төзімділігі жоғары шойын; эластомерлі (резеңке) поршеньдер; композиттік және полимерлі материалдар.

Материалды таңдау поршеннің жұмыс жағдайларына: қысым, температура, бұрғылау ерітіндісінің түрі және қажетті қызмет ету мерзіміне байланысты [6, 7].

Бұрғылау сорғысы поршенінің тозуын және оның қызмет ету мерзімін ұзарту әдістерін дұрыс бағалау үшін негізгі жұмыс жағдайларын: жүктемелерді; қысымды; температураны; жұмыс ортасын ескеру қажет.

Жұмыс барысында поршеньдер абразивті тозуға ұшырайды. Абразивті тозу-бұл айдалатын сұйықтықтағы қатты заттардың механикалық әсерінен бұрғылау сорғысының поршень бетін бұзу процесі. Бұрғылау жағдайында мұндай бөлшектерге құм, шлам, бұзылған тау жыныстарының бөлшектері және металл қосындылары кіруі мүмкін [8].

Бұрғылау сорғысы поршенінің адгезиялық тозуы, цилиндрмен әрекеттескенде, поршень мен цилиндр материалының бөлшектері бір-біріне жабысып, содан кейін бір бетінен екіншісіне берілетін процесс. Бұл поршеньге де, цилиндрге де зақым келтіруі мүмкін, бұл бұрғылау сорғысының тиімділігін төмендетеді және оны күтіп ұстау шығындарын арттырады.

Коррозиялық тозу – бұл қатты химиялық ортаның әсерінен материал бұзылатын тозу түрі. Бұрғылау сорғысының поршені жағдайында коррозиялық тозу құрамында: су, тұздар, қышқылдар мен сілтілер, газ тәрізді компоненттер бар бұрғылау ерітіндісімен жанасудан туындауы мүмкін.

Поршеньдер қажу тозуына да ұшырайды. Қажу тозуы – бұл жүктемелердің бірнеше рет қайталануынан туындаған материалды бұзу процесі. Ол микро зақымданудың біртіндеп жинақталуы ретінде көрінеді, нәтижесінде жарықтар пайда болады және бөліктің беті бұзылады.

Бұрғылау ерітіндісінің сапасы бұрғылау сорғысы поршенінің тозуына айтарлықтай әсер етеді. Тозуға ықпал ететін негізгі факторларға мыналар жатады: қатты фазаның фракциялық құрамы; бұрғылау ерітіндісінің химиялық агрессивтілігі; қолданылатын химиялық реагенттердің түрі; температура режимі және поршень материалдарымен өзара әрекеттесу.

Бұрғылау сорғысының температуралық режимі оның тозуына, әсіресе поршень мен цилиндрдің тозуына айтарлықтай әсер етеді. Температураның тозуға әсер етуінің негізгі механизмдеріне мыналар жатады: термиялық кеңею және деформация; майлау және гидравликалық сұйықтықтың қасиеттерін өзгерту; қажудың бұзылу процестерін жеделдету; материалдардың құрылымы мен беріктігін өзгерту.

Майлау және салқындату сапасы бұрғылау сорғысы поршенінің тозуына айтарлықтай әсер етеді. Бұл әсердің негізгі механизмдерін үйкеліс, температура жүктемелері және химиялық әсер ету тұрғысынан қарастыруға болады.

Майлау поршень мен жеңнің арасындағы үйкеліс коэффициентін азайтады, тозу қарқындылығын төмендетеді. Майлаудың жеткіліксіздігі немесе сапасыздығы күрделі мәселелерге әкелуі мүмкін.

Жоғары сапалы майлау оңтайлы тұтқырлыққа, жоғары жылу тұрақтылығына және коррозияға қарсы қасиеттерге ие болуы керек.

Тиімді салқындату поршеньдің қызып кетуіне жол бермейді, бұл оның беріктігі үшін өте маңызды. Салқындатудың жеткіліксіздігі келесі әсерлерге әкеледі: термиялық кеңею; материалдың беріктігінің төмендеуі; шөгінділердің пайда болуы [9-13].

Бұрғылау сорғысы поршенінің тозуын азайту үшін құрылымды жақсартудың бірнеше бағыттарын қарастыруға болады: күшейтілген жабындар; салқындату арналары; құрылымды оңтайландыру [14].

Бұрғылау ерітіндісінің құрамын оңтайландыру бұрғылау сорғысы поршенінің тозуын азайтуда маңызды рөл атқарады, өйткені бұрғылау ерітіндісі оның бетімен жанасады және абразивті, химиялық және термиялық әсер етуі мүмкін. Оңтайландырудың негізгі бағыттары: бұрғылау ерітіндісінің сүзілуін төмендету; бұрғылау ерітіндісінің pH бақылауы; коррозияға қарсы қоспаларды қолдану; абразивті тозуды азайту; бұрғылау ерітіндісінің түрін таңдау.

Бұрғылау ерітіндісінің құрамын оңтайландыру поршеньдің тозуын азайтады, сорғының жөндеу аралық ресурсын арттырады және бұрғылау тиімділігін арттырады.

Бұрғылау сорғысын үнемі бақылау және техникалық қызмет көрсету поршеньнің тозуын азайтуда және оның қызмет ету мерзімін ұзартуда шешуші рөл атқарады.

Бұрғылау сорғысы поршенінің тозуын азайту үшін бірнеше заманауи технологияларды қолдануға болады, соның ішінде нано жабындар, плазмалық бүрку және жақсартылған термиялық өңдеу.

Әртүрлі жабындар тозудан, коррозиядан және бұрғылау ерітіндісінің әсерінен әртүрлі дәрежеде қорғауды қамтамасыз етеді.

Жабындардың негізгі түрлері және олардың поршеньнің қызмет ету мерзіміне әсері [15]:

1. Эластомерлі жабындар (резеңке, полиуретан)
– белсенді және қатты сұйықтықтарға жақсы төзімді;
– су негізіндегі бұрғылау ерітінділерімен қолданылады;
– қызмет ету мерзімі: орташа, жұмыс жағдайына байланысты.
2. Металл-керамикалық жабындар (WC-Co, TiN, CrN, Cr3C2-NiCr)
– жоғары қаттылық және механикалық тозуға төзімділік;
– жоғары температура мен қысым жағдайында жақсы жұмыс істейді;
– қызмет ету мерзімі: ұзақ, бірақ сынғыш сынуға бейім.
3. Термиялық бүріккіш жабындар (HVOF, плазмалық бүрку)
– поршень бетіне жоғары адгезия;
– коррозияға және эрозияға төзімді;
– қызмет ету мерзімі: орташадан жоғары, бірақ бүрку сапасына байланысты.
4. Хромдау (Cr, Ni-Cr)
– коррозияға және химиялық әсерге төзімді;
– жоғары жүктеме кезінде жарылуы мүмкін;
– қызмет ету мерзімі: орташа, механикалық беріктікпен шектелген.
5. Полимерлі композиттерге негізделген жабындар
– жоғары икемділік және химиялық төзімділік;
– агрессивті ортамен байланыста жақсы;
– қызмет ету мерзімі: құрамы мен жұмыс жағдайына байланысты өзгереді.

1-кестеде бұрғылау сорғысының поршенді жабындарының әртүрлі түрлерінің тозуға төзімділігі мен жұмыс жағдайларына негізделген салыстыру келтірілген.

Жабынды таңдау бұрғылау сорғысының жұмыс жағдайына, бұрғылау ерітіндісінің түріне және қажетті қызмет ету мерзіміне байланысты. Жоғары жүктеме жағдайында металл-керамикалық немесе термиялық бүріккіш жабындарды қолданған дұрыс. Стандартты жағдайлар үшін эластомерлі және полимерлі жабындар қолайлы.

1 кесте – **Тозуға төзімділік пен жұмыс жағдайларына негізделген салыстыру**

Жабын	Тозуға төзімділік	Коррозияға төзімділік	Температуралық аралық	Орташа қызмет ету мерзімі
Эластомер (PU, резеңке)	Орташа	Жоғары	120°C дейін	Орташа
Металлкерамика (WC-Co)	Жоғары	Орташа	600°C дейін	Ұзақ
HVOF (Cr3C2-NiCr)	Жоғары	Жоғары	1000°C дейін	Ұзақ
Хромдау (Cr, Ni-Cr)	Орташа	Жоғары	500°C дейін	Орташа
Полимерлік жабындар	Орташа	Жоғары	200°C дейін	Орташа

"KAZPOLIMER-LTD" ЖШС өндірістік компаниясы 2012 жылдан бастап Қазақстан нарығында полиуретанды өнімдерді шығарады және осы салада Батыс Қазақстанның полиуретанды бұйымдарын өндіру саласындағы көшбасшылардың бірі болып табылады.

"KAZPOLIMER-LTD" ЖШС өндірістік компаниясы полиуретанды тазарту поршеньдерін өндірумен де айналысады.

Өз өнімдерін тұтыну саласын кеңейту мақсатында "KAZPOLIMER-LTD" ЖШС өндірістік компаниясы бұрғылау сорғысы үшін полиуретанды поршень жасап, оны кеңінен пайдалану үшін "ББМ ҚазМұнайГаз-Бұрғылау" ЖШС-не пайдалануға ұсынды.

26.12.2024 жылы "ББМ ҚазМұнайГаз-Бұрғылау" ЖШС-не жататын Айранкөл алаңында орналасқан №3-бұрғылау қондырғысында, №278-ұңғыма, бұрғылау қондырғысының бастығы Ж. Есеров, бұрғылау қондырғысының шебері М. Сәрсенов және бұрғылау қондырғысының механигі М. Сейтахметов F-1000 бұрғылау сорғысының полиуретанды сыртқы диаметрі 170 мм поршеньді сынақтан өткізді (06.01.25 ж.актісі). Бұл жаңа полиуретанды поршень 11 сағат жұмыс істеді және жарамсыз болды. Осы поршеньді бірдей жеткізілім диаметрімен қалпына келтірілгенге ауыстырғаннан кейін, қалпына келтірілген поршеннің жұмыс уақыты 21 сағатты құрады және ол да жарамсыз болды. *1-суретте* сынақтан өткен поршеньдер көрсетілген. *2-суретте* "KAZPOLIMER LTD" ЖШС жасаған поршень көрсетілген. *3-суретте* "ББМ ҚазМұнайГаз-Бұрғылау"ЖШС қалпына келтірілген поршені көрсетілген.

1 сурет – **Сынақтан өткен бұрғылау сорғысының поршеньдері**

2 сурет – **"KAZPOLIMER LTD" ЖШС дайындаған сынақтан өткен жаңа полиуретанды поршень**

3 сурет – **"ҚазМұнайГаз-Бұрғылау ББМ" ЖШС қалпына келтірілген сынақтан өткен поршень**

1-3 суреттерді талдаудан біз поршеньдердің қатты тозғанын көреміз - жұмыс беті тозған, жырылған немесе тығыздағыш қабаты зақымдалған. Жабынның деградациясының негізгі себептері: абразивті тозу, бұрғылау ерітіндісінің әсері және жоғары жұмыс жүктемелері.

Полиуретанды поршеньдердің орнына TiN (титан нитрид) жабыны бар поршеньдерді пайдалану ұсынылады.

Салыстырмалы талдау үшін бұрғылау сорғысының жұмыс жағдайында әртүрлі жабындары бар поршеньдердің тозуға төзімділігін қарастырамыз. Біз қолданатын

$$W = \frac{KPV}{H},$$

мұндағы W – тозу жылдамдығы (мм/сағ); K – тозу коэффициенті (жабын түрін байланысты); P – поршеньге түсірілетін қысым (МПа); V – поршеннің сырғанау жылдамдығы (м/с); H – жабын қаттылығы (HV).

Екі жабын үшін бұрғылау сорғысы поршенінің тозу жылдамдығын есептеңіз.

Берілгендері: поршеньге түсірілетін қысым: $P = 10$ МПа; сырғанау жылдамдығы: $V = 1$ м/с; қаттылық H, HV: 80 (полиуретан), 2000 TiN (титан нитриді); тозу коэффициенті K, 10^{-3}: 2,5 (полиуретан), 0,2 TiN.

TiN жабыны бар поршень үшін есептеу:

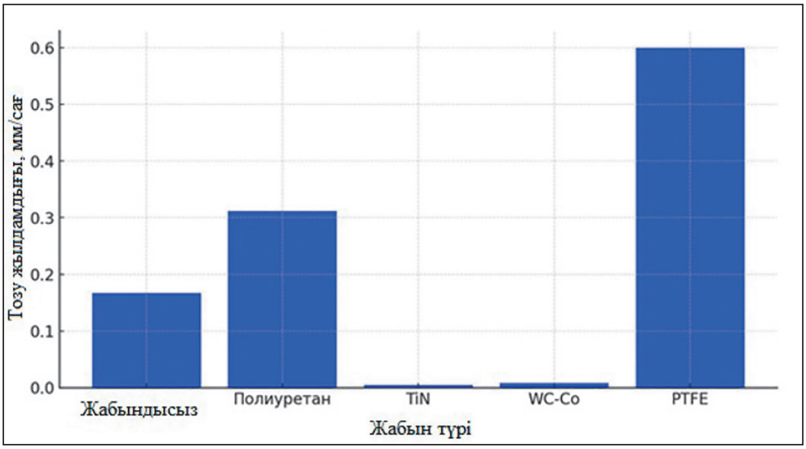
$$W_{TiN} = \frac{0{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 1}{2000} = 0{,}000005 \text{ мм/сағ} = \frac{0{,}005 \text{ мм}}{1000 \text{ сағ}};$$

Ұқсас есептеулерді орындай отырып, жабындардың қалған түрлері үшін біз поршеньдің тозу жылдамдығын аламыз. Нәтижелер *2-кестеде* келтірілген.

2 кесте – **Бұрғылау сорғысы поршеньдерінің материалдары мен жабындарының сипаттамалары**

Жабын	Қаттылық *H*, HV	Тозу коэффициенті *K*, 10^{-3}	Тозу жылдамдығы W, мм/сағ
Жабындысыз (38ХН3МФА болаты)	300	5,0	0,167
Полиуретан	80	2,5	0,312
TiN (титан нитриді)	2000	0,2	0,005
WC-Co (вольфрам-карбид-кобальт)	1200	0,3	0,008
PTFE (тефлон)	50	1,5	0,600

4 суретте бұрғылау сорғысы поршенінің тозуының жабын түріне тәуелділігі көрсетілген. Түсінікті болу үшін OY осі логарифмдік масштабта ұсынылған, өйткені жабындар арасындағы айырмашылық айтарлықтай.



4 сурет – **Бұрғылау сорғысы поршенінің тозуының жабын түріне байланыстылық графигі**

Нәтижелерді талдау:

* Полиуретанды және полимерлі жабындарда (PTFE) ең көп тозу байқалады, өйткені олар қаттылығы төмен және тез тозады.

* Металл-керамикалық жабындар (TiN, WC-Co) ең аз тозуды көрсетеді, бұл олардың қарқынды абразивті әсер ету жағдайында жоғары тиімділігін растайды.

* Капталмаған поршень TiN-ге қарағанда шамамен 20 есе және WC-Co-ға қарағанда 10 есе жылдам тозады, бұл қорғаныс жабындарын қолдану қажеттілігін түсіндіреді.

Нәтижелерді салыстыру:

* Полиуретанды поршень 1000 сағаттық жұмыс кезінде 0,312 мм тозады.

* TiN капталған поршень 1000 сағаттық жұмыс кезінде 0,005 мм тозады, бұл 62 есе аз.

Жүргізілген зерттеулер негізінде келесі қорытындылар жасауға болады.

Қорытынды:

1. Бұрғылау сорғыларының поршеньдерінің тозуы бірнеше факторларға байланысты, соның ішінде абразивті, адгезиялық, коррозиялық және қажу тозуы. Бұл факторлар көбінесе қысым, температура және бұрғылау ерітіндісінің құрамы сияқты жұмыс жағдайларына байланысты;

2. Зерттеулер көрсеткендей, заманауи материалдар мен қорғаныс жабындарын қолдану поршеньдердің өнімділігін айтарлықтай жақсартады. Полиуретанды поршеньдердің қызмет ету мерзімі шектеулі, ал титан нитриді мен вольфрам-карбид-кобальт негізіндегі жабындар тозуға төзімділік пен қызмет ету мерзімін арттыра отырып, айтарлықтай жақсы нәтиже көрсетеді;

3. Жүргізілген эксперименттер негізінде тозуды азайту үшін поршеньдердің құрылымын және бұрғылау ерітіндісінің құрамын жақсарту бойынша ұсыныстар ұсынылды. Бұған төзімді материалдар мен жабындарды қолдану және жұмыс жағдайларын оңтайландыру кіреді;

4. Зерттеу нәтижелері мұнай-газ саласы үшін өте маңызды, өйткені олар бұрғылау жабдықтарына техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтуға және сорғылардың тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Поршеньдерді жаңарту және инновациялық технологияларды қолдану экономикалық көрсеткіштердің жақсаруына және жабдықтың тоқтап қалуының төмендеуіне әкеледі.

Бұл қорытындылар бұрғылау сорғыларының тозу мәселесін шешуге кешенді көзқарастың маңыздылығын көрсетеді және олардың беріктігі мен сенімділігін арттырудың жаңа болашақтарын ашады.

ӘДЕБИЕТ

1 Кудайберген К.М., Заурбеков С.А., Заурбеков К.С. Совершенствование насосно-циркуляционного комплекса для бурения глубоких скважин // Проблемы современной науки и образования. – 2017 –№3(85). С.: 41-45. [Kudajbergen K.M., Zaurbekov S.A., Zaurbekov K.S. Sovershenstvovanie nasosno-cirkulyacionnogo kompleksa dlya bureniya glubokih skvazhin // Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya. – 2017– №3(85). S.: 41-45.].

2 А.Саламех, А.В. Яковенко. Поршневые насосы // Научный журнал «GLOBUS». Технические науки – 2022. – №1 (42). С.: 30-34.[A.Salamekh, A.V. YAkovenko. Porshnevye nasosy // Nauchnyj zhurnal «GLOBUS». Tekhnicheskie nauki – 2022. – №1 (42). S.: 30-34.].

3 Д. В. Ощепков. Исследование проблем поршневых насосов // Технические науки. – 2009. – №4. С.: 73-77. [D. V. Oshchepkov. Issledovanie problem porshnevyh nasosov // Tekhnicheskie nauki. – 2009. – №4. S.:73-77].

4 А.С. Мамышев, А.В. Минеев. Повышение эксплуатационной надежности поршневых насосов при бурении нефтяных и газовых скважин // Технические науки. – 2009. – №4. С.: 33-36. [A.S. Mamyshev, A.V. Mineev. Povyshenie ekspluatacionnoj nadezhnosti porshnevyh nasosov pri burenii neftyanyh i gazovyh skvazhin // Tekhnicheskie nauki. – 2009. – №4. S.:33-36.].

5 М.Ю. Коднянко, А.А. Дубовский, Е.В. Коднянко. Исследование работы быстроизнашиваемых узлов бурового насоса // Актуальные вопросы машиноведения. Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси. – 2020. – Т9. С.: 195-198. [M.YU. Kodnyanko, A.A. Dubovskij, E.V. Kodnyanko. Issledovanie raboty bystroiznashivaemyh uzlov burovogo nasosa // Aktual'nye voprosy mashinovedeniya. Ob"edinennyj institut mashinostroeniya NAN Belarusi. – 2020. – T9. S.: 195-198.].

6 А.Р. Макаров, С.В. Смирнов, С.В. Осокин, И.С. Пятов. Конструкционные материалы для поршней ДВС // Известия МГТУ «МАКМИ». –’2013. – №1 (15). С.: 118-125. [A.R. Makarov, S.V. Smirnov, S.V. Osokin, I.S. Pyatov. Konstrukcionnye materialy dlya porshnej DVS // Izvestiya MGTU «MAKMI». – 2013. – №1 (15). S.: 118-125].

7 В.Р. Ведрученко, А.Л. Иванов, В.А. Борисов, П.В. Литвинов. Влияние материала поршня на процесс сгорания топлива в двигателе // Вестник СибАДИ.– 2016. – №5(51). С.: 61-68. [V.R. Vedruchenko, A.L. Ivanov, V.A. Borisov, P.V. Litvinov. Vliyanie materiala porshnya na process sgoraniya topliva v dvigatele // Vestnik SibADI. – 2016. – №5(51). S.: 61-68.].

8 Е. Калиев, Р. Козбагаров, А. Торгаев, К. Байжуманов, Г. Найманова. Методы защиты от абразивного износа // Вестник КазАТК. – 2022. – №123 (4). С.: 38-45. [E. Kaliev, R. Kozbagarov, A. Torgaev, K. Bajzhumanov, G. Najmanova. Metody zashchity ot abrazivnogo iznosa // Vestnik KazATK. – 2022. — №123 (4). S.: 38-45.].

9 М.А. Рузиматов. Факторы, влияющие на работу поршневого кольца // UNIVERSAM: технические науки. – 2022. – №5(98). С.: 48-51. [M.A. Ruzimatov. Faktory, vliyayushchie na rabotu porshnevogo kol'ca // UNIVERSAM: tekhnicheskie nauki. – 2022. – №5(98). S.: 48-51.].

10 Е.А. Клыч. Анализ методов увеличения износостойкости деталей аксиально-поршневых насосов // Материалы докладов 57-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. – 2024. – Т2. С.:395-397. [E.A. Klych. Analiz metodov uvelicheniya iznosostojkosti detalej aksial'no-porshnevyh nasosv // Materialy dokladov 57-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii prepodavatelej i studentov. – 2024. – T2. S.:395-397.]

11 О.П. Бударова, С.В. Болдырев. Изнашивание пары трения поршень-втулка аксиально-поршневых насосов в условиях обводненного масла // Трение и износ. Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси». – 2020. – №1. С.: 43-49. [O.P. Budarova, S.V. Boldyrev. Iznashivanie pary treniya porshen'-vtulka aksial'no-porshnevyh nasosov v usloviyah obvodnennogo masla // Trenie i iznos. Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie Institut mekhaniki metallopolimernyh sistem imeni V.A. Belogo NAN Belarusi. – 2020. – №1. S.: 43-49.].

12 Р.Я. Абдюкова. Практические исследования характера износа клапанов буровых поршневых насосов // Современные наукоемкие технологии: ООО "Издательский дом "Академия естествознания". – 2020. – №3. С.: 9-13. [R.YA. Abdyukova. Prakticheskie issledovaniya haraktera iznosa klapanov burovyh porshnevyh nasosov // Sovremennye naukoemkie tekhnologii: OOO "Izdatel'skij dom "Akademiya estestvoznaniya". – 2020. – №3. S.: 9-13.].

13 Е. Калиев, Р. Козбагаров, А. Торгаев, К. Байжуманов, Г. Найманова. Методы защиты от абразивного износа // Вестник КазАТК. – 2022. – №123 (4). С.: 38-45. [. Kaliev, R. Kozbagarov, A. Torgaev, K. Bajzhumanov, G. Najmanova. Metody zashchity ot abrazivnogo iznosa // Vestnik KazATK. – 2022. – №123 (4). S.: 38-45.].

14 А.М. Буров, М.В. Иванов, Е.Ю. Козловцева, Э.М. Шайхутдинова. Совершенствование конструкции поршня бурового насоса // Вестник волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. - №4 (85). С.:156-163. [.M. Burov, M.V. Ivanov, E.YU. Kozlovceva, E.M. SHajhutdinova. Sovershenstvovanie konstrukcii porshnya burovogo nasosa // Vestnik volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2021. – №4 (85). S.:156-163.].

15 А.А. Ищенко, Е.В. Дашко. Определение интенсивности абразивного износа защитного полимерного покрытия // Вiсник Приазовського державного технiчного университету. – 2012. – Т2. С.: 86-91. [A.A. Ishchenko, E.V. Dashko. Opredelenie intensivtnosti abrazivnogo iznosa zashchitnogo polimernogo pokrytiya // Visnik Priazovs'kogo derzhavnogo tekhnichnogo universitetu. – 2012. – T2. S.: 86-91].