

ӨОЖ 544.6.018.47-03: 622.245.422.4

ҒТАХР 52.47.15

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108633>

Қабылданды: 16.01.2023.

Мақұлданды: 10.02.2023.

Жарияланды: 30.03.2023.

Түпнұсқа зерттеу

Тампонаж материалдарының соққыға төзімділігін зерттеу

А.А. Қабдушев¹, Ф.А. Ағзамов², Б.Ж. Манапбаев¹,

Д.Н. Деликешева³, Д.Р. Қорғасбеков³

¹ М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз қаласы, Қазақстан

² Уфа мемлекеттік мұнай техникалық университеті, Уфа қаласы, Ресей

³ Сәтбаев университеті, Алматы қаласы, Қазақстан

АННОТАЦИЯ

Негіздеу. Пайдалану бағанасын цементтеу ұңғымаларды аяқтаудың маңызды кезеңі болып табылады. Бұл өз кезегінде ұңғымалардың ұзақ қызмет етуін қамтамасыз ететін тампонаж ерітінділерінің рецептурасын дұрыс таңдауды талап етеді.

Мақсат. Бұл мақалада ұңғыманы әр кезеңде цементтеу сапасына әсер ететін негізгі факторларға талдау жүргізіліп, ұңғыманың түп маңы аймағындағы тампонаж материалдарының соққыға төзімділігі егжей-тегжейлі қарастырылады.

Материалдар мен тәсілдер. Тампонаж материалдарының соққыға төзімділігін соққы тұтқырлығының шамасы бойынша бағалау әдістемесі сипатталған.

Нәтижелер. Цемент тасының меншікті соққы тұтқырлығын арттыру үшін қолданылатын шырмалаушы тампонаж ерітінділерімен осы әдіс негізінде жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері келтірілген.

Қорытынды. Эксперименттік зерттеулер 0,25 және 0,5% концентрацияда полипропилен талшықтары мен құрылыс микро шырмалаушы талшықтарының тиімділігін көрсетті.

Негізгі сөздер: ұңғыма, цементтеу, тампонаждық цемент ерітіндісі, меншікті соққылау, ұңғының түп-маңы, тампонаж тасы, полипропилен, фибра, копер.

Дәйексөз келтіру үшін:

Қабдушев А.А., Ағзамов Ф.А., Манапбаев Б.Ж., Деликешева Д.Н., Қорғасбеков Д.Р. Тампонаж материалдарының соққыға төзімділігін зерттеу // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2023. 5 том, № 1, 36–46 б. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108633>.

UDC 544.6.018.47-03: 622.245.422.4

CSCSTI 52.47.15

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108633>

Received: 16.01.2023.

Accepted: 10.02.2023.

Published: 30.03.2023.

Original article

Investigation of impact resistance of grouting materials

Arman A. Kabdushev¹, Farit A. Agzamov², Bauyrzhan Zh. Manapbayev¹,
Dinara N. Delikesheva³, Darkhan R. Korgasbekov³

¹ *Dulaty University, Taraz, Kazakhstan*

² *Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia*

³ *Satbayev University, Almaty, Kazakhstan*

ABSTRACT

Background: Cementing of the production column is an important stage of well completion, which in turn requires the correct selection of the formulation of grouting solutions that ensure the durability of well operation.

Aim: In this article, the analysis of the main factors affecting the quality of well cementing at each stage is carried out, and the impact resistance of grouting materials in the bottom-hole zone of the well is considered in detail.

Materials and methods: The method of assessing the impact resistance of grouting materials by the magnitude of impact strength is described.

Results: The results of research work carried out on the basis of this method with reinforced grouting solutions used to increase the specific impact strength of cement stone are presented.

Conclusion: Experimental studies have shown the effectiveness of polypropylene fiber and building micro-reinforcing fibers at concentrations of 0.25 and 0.5%.

Keywords: *well, cementing, cement slurry, own punch, bottomhole zone, set cement, polypropylene, fibra, coper.*

To cite this article:

Kabdushev AA, Agzamov FA, Manapbayev BZ, Delikesheva DN, Korgasbekov DR. Investigation of impact resistance of grouting materials. *Kazakhstan journal for oil & gas industry*. 2023;5(1):36–46.

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108633>.

УДК 52.47.15

МРНТИ 52.47.15

DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108633>

Получена: 16.01.2023.

Одобрена: 10.02.2023.

Опубликована: 30.03.2023.

Оригинальное исследование

Исследование ударопрочности тампонажных материалов

А.А. Кабдушев¹, Ф.А. Агзамов², Б.Ж. Манапбаев¹,

Д.Н. Деликешева³, Д.Р. Коргасбеков³

¹ Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

² Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Россия

³ Satbayev University, г. Алматы, Казахстан

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Цементирование эксплуатационной колонны является важным этапом заканчивания скважин, что в свою очередь требует правильного подбора рецептуры тампонажных растворов, обеспечивающих долговечность эксплуатации скважин.

Цель. В данной статье проведен анализ основных факторов, влияющих на качество цементирования скважины на каждом её этапе, и подробно рассмотрена ударопрочность тампонажных материалов в призабойной зоне скважины.

Методы. Описана методика оценки ударопрочности тампонажных материалов по величине ударной вязкости.

Результаты. Приведены результаты исследовательских работ, проведенных на основе этого метода с армированными тампонажными растворами, применяемыми для повышения удельной ударной вязкости цементного камня.

Заключение. Экспериментальные исследования показали эффективность полипропиленовой фибры и строительных микроармирующих волокон при концентрациях 0,25 и 0,5%.

Ключевые слова: скважина, цементирование, тампонажный раствор, удельный удар, призабойная зона, тампонажный камень, полипропилен, фибра, копер.

Как цитировать:

Кабдушев А.А., Агзамов Ф.А., Манапбаев Б.Ж., Деликешева Д.Н., Коргасбеков Д.Р. Исследование ударопрочности тампонажных материалов // *Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана*. 2023. Том 5, № 1. С. 36–46. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi108633>.

Кіріспе

Цементтеу процесі мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылау үрдісінде маңызды роль атқарады. Өйткені сапалы цементтеу бұрғылау жұмыстарын жалғастыруға, яғни келесі шегендеу тізбегін орнату аралығын қазуға мүмкіндік береді. Ал, ұңғыманы аяқтау кезіндегі, яғни пайдалану тізбегін цементтеу процесі, сапалы цементтеудің маңыздылығы одан әрі арта түседі. Себебі пайдалану құбыры ұңғыма мен өнімді қабатты байланыстыратын маңызды түйін, және ұңғыманың пайдалану ұзақтылығы мен дебитіне тікелей әсерін тигізеді [1]. Ал, өнімді қабат аймағын сапасыз цементтеу ұңғымалардың өздігінен бітелуінен бастап тұщы су қабаттарының ластануына, немесе күрделі апаттарға алып келуі мүмкін [2].

Жалпы ұңғыманы цементтеудің 3 кезеңі бар, олар:

- 1) ұңғыманы цементтеу алдындағы дайындық кезеңі;
- 2) ұңғыманы цементтеу кезеңі;
- 3) цементтеу аяқталғаннан кейінгі кезең.

Әр кезеңнің өзіне тән цементтеу сапасына әсер етуші факторлары бар. Бұл факторлар 1940 жылдан бастап анықталған және осы факторларды жоюға бағытталған әдістер ұсыныла бастаған. Осы әр кезеңдегі факторларға тоқталсақ, мысалы ұңғыманы цементтеуге дайындау кезеңінде шегендеу тізбегінің дұрыс жабдықталуынан бөлек, ұңғыманың ішінде шегендеу тізбегінің дұрыс орыналасуы мен сақиналы кеңістіктегі бұрғылау ерітіндісінің толығымен ығыстырылып, алмасуы ұңғыманың цементтелу сапасына тікелей әсер етеді [3, 4]. Шегендеу тізбегі шынайы ұңғымаларда центрден ығысқан күйде, бір қабырғаға жанасып орналасады да бұрғылау ерітіндісі қалып қалған, яғни цемент ерітіндісі ене алмайтын аймақтар түзеді. Бірақ бұл мәселе серпімді немесе қатты центраторлар арқылы шешіледі [5, 6]. Жалпы жуу сұйықтарын сақиналы кеңістіктен ығыстырудың тиімділігі ұңғыманың профиліне, ұңғыманың және шегендеу құбырларының диаметріне, сақиналы кеңістіктегі сұйықтардың реологиялық қасиеттері мен тығыздықтарының қатынастарына, ығыстыру режиміне және жоғарда айтылғандай шегендеу тізбегінің ұңғымада орналасуына тәуелді болып келеді [4, 6].

Бұрғылау ерітінділерінің реологиялық қасиеттері цемент ерітіндісімен, немесе буфер ерітіндісімен араласқан кезде физика-химиялық процесстердің әсерінен

тұтқырлығы жоғары қоспалар түзілуі ықтимал. Сол себептен, сақиналы кеңістіктегі гидродинамикалық қысым жоғарылайды, әрі қарай ол қабаттың гидравликалық жарылысқа ұшырауына алып келеді [4]. Көптеген ғалымдар бастапқыда тек турбулентті режимде бұрғылау ерітіндісінің 98% шығаруға болады деп дәлелдеген, дегенмен турбулентті режимді қамтамасыз ету үшін қажетті ерітінділердің үлкен жылдамдығы тағы да гидравликалық жарылысқа алып келуі ықтимал болғадықтан, Кларк ламинарлық режимде бұрғылау ерітіндісінің 90% сақиналы кеңістіктен шығаруға болатындығын дәлелдеді.

Ұңғыманы цементтеу кезінде тампонаждық материалдардың негізгі технологиялық қасиеттері ерекше орын алады, яғни седиментациялық орнықтылықтың жоғары болуы, фильтрацияның төмен көрсеткіші, тығындау ерітіндісінен судың бөлінуі, тығындау ерітіндісінің қозғалғыштығы, ерітіндінің қатуы кезеңінде ұңғымаға ағындардың енуіне ерітіндінің кедергісі, цемент тасының өткізкіштігінің төмен болуы, цемент ерітіндісінің басылуы [3]. Технологиялық қасиеттердің барлығы зертханалық зерттеулер мен өндірістік жағдайдағы сынақтар өткізу барысында реттеледі.

Ұңғыманы цементтеуден кейінгі кезеңде, әдетте, акустикалық каротаж цементтің қату кезеңі аяқталғаннан кейін бірден жүзеге асырылады және цементтеу сапасы туралы мәлімдеме береді. Бірақ, ұңғыманы цементтеуден кейін төменде келтірілген аяқтау жұмыстары жүргізіледі:

- кері клапанының саңылаусыздығын анықтау мақсатында атмосфералық қысымға дейін төмендету [6];
- ұңғымаларды цементтеу сапасын тексеру (акустикалық каротаж, термометрия, радиоактивті каротаж) [6];
- шегендеу тізбегінің саңылаусыздығын гидравликалық әдіспен сынау [6].

Автор өз жұмысында [1] цементтеу сапасын бағалаудың соңғы нәтижесін анықтау мақсатында перфорация алдында акустикалық каротаж өткізуді ұсынады. Өйткені, ұңғыманы оқшаулау потенциалы жоғарыда аталған барлық жүктемелерге төтеп беруі керек және ұңғымаларды пайдалану кезеңінде ғана емес, сонымен қатар осы кезең аяқталғаннан кейін де өзінің тұтастығын сақтауы тиіс.

Ұңғымаларды оқшаулауды зерттеу әдістерінің бірі гидравликалық сынау болып табылады.

Артық қысымда саңылаусыздықты тексеру кезінде жағымсыз салдардың бірі – ішкі қысымның артуы арқылы тізбектің кеңеюі, бұл радиалды және тангенциалды жарықтардың пайда болуымен қатар, цемент тасының ұңғы элементтерімен жанасу орындарында микро-саңылаулардың пайда болуына әкеледі (1 сурет).

Акустикалық каротаж арқылы анықталатын негізгі ақаулар:

– бағанның артында цемент тастың болмауы;

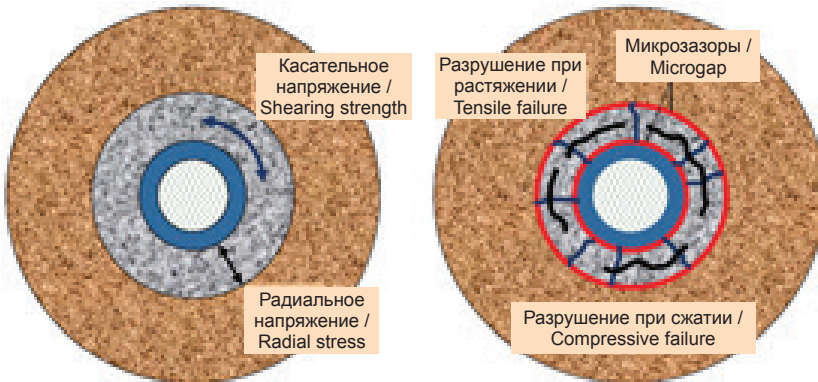
– арналардың пайда болуы: цемент тасының ішінде, шегендеу тізбегі мен цемент тасының арасында, цемент тасы мен тау жыныстарының арасында;

– шегендеу тізбегінің артындағы нашар байланыс;

– микросаңылаулар;

– цемент тасының механикалық бұзылуы;

– цемент тасының химиялық бұзылуы.



Сурет 1. Шегендеу тізбегін саңылаусыздыққа сынаудан кейінгі цемент тасының бойындағы пайда болатын жарықшақтар мен микросаңылаулар

Figure 1. Cracks and microcracks occurring along the cement stone after the casing leakage test

1. Бағанның артында цемент тасының болмауының негізгі себептері-тампонаж ерітіндісінің жеткіліксіз мөлшері, буферлік сұйықтықтың шамадан тыс көп мөлшерін айдау, бұрғылау ерітіндісінің толықтай алмаспауы. Көптеген бұрғылаудағы мұнайшылар цементтеуді аяқтағанынан кейін (сорғыларды өшіргеннен кейін) тампонаждық ерітіндісінің деңгейі төмендеп, сақина кеңістігінде төмен түсетінін атап өтеді. Осы кезде ұңғыманың жоғарғы бөлігінде ерітінді жоқ жерлеріне атмосфералық қысым және ұңғымаға қабат сұйықтықтарының ену мүмкіндігі бар. Цемент ерітіндісінің деңгейінің төмендеуі сіңіру аймақтарының болуына байланысты болуы мүмкін. Бұл мәселені жою үшін көптеген бұрғылаушылар кері цементтеу әдісіне жүгінеді.

2. Арналардың пайда болу себептері: арналар цемент тасының ішінде, шегендеу тізбегі мен цемент тасының арасында, цемент тасы мен тау жыныстарының арасында болуы мүмкін:

– физикалық әсерлер, яғни ағын режимі (турбуленттік, немесе құрылымдық);

– физика-химиялық әсерлер;

– шегендеу тізбегін түсіргеннен кейін цементтеу алдында ұңғыманы жеткіліксіз жуу;

– шегендеу тізбегінің және оның бойындағы жабдықтардың сапасы төмен.

3. Цемент тасының механикалық бұзылуына әкелетін цемент ерітіндісінің нашар қасиеттері (саздың, су негізіндегі полимерлердің әсері), цементтеу алдында ұңғыманы жуу, діріл-қозғалыстары және перфорация айтарлықтай кері әсер етеді.

4. Цемент тасының химиялық ыдырауы – ең жаңа тампонаж ерітінділері мен одан пайда болған тастарда өте сирек кездеседі.

Бұл ақауларды анықтайтын негізгі әдістер-каротаждың әртүрлі түрлері:

– термометриялық каротаж;

– радиоактивті каротаж;

– акустикалық каротаж (акустикалық, ультра акустикалық және аралас каротаж).

Цементтеу жұмыстары аяқталған соң ұңғыманы игеру барысында, немесе кейін ұңғыманы пайдалану кезінде, шегендеу

тізбегі мен цемент тасына статикалық және динамикалық күштер әсер етеді [3].

Динамикалық күштерге жоғарыда айтылғандай артық қысым жағдайында периодты түрде сынақтан өткізу, перфорация (кумулятивті) кезіндегі импульстік күштің әсері, гидравликалық жарылыс жасау технологиясын, және қабатты немесе ұңғыманың түп маңы аймағын қышқылмен өңдеу технологиясын қолдану, және осы аталған технологияларды қолданып болған соң, ұңғыманы игерудегі, яғни мұнайдың ағысын ұңғымаға шақыру кезінде температураның күрт өзгеруі, күрделі жұмыстар жүргізуде және ұңғыманы тереңдету немесе қапталды бұрғылау кезіндегі шегендеу тізбегінің бойындағы жергілікті соққы жүктемелері жатады [7].

Мысалы:

- перфорация кезінде шегендеу құбырлар тізбегіне 100 МПа-ға дейінгі қысым берілуі мүмкін [8, 9];

- ұңғымаға күрделі жөндеу жұмыстарын жүргізу кезінде 20–30 МПа [10];

- артық қысым жағдайында периодты түрде сынақтан өткізуде 10–20 МПа дейінгі қысым берілуі мүмкін [11].

Статикалық және динамикалық әсерлерге қарсы тұрып, ұңғыманың саңылаусыз оқшаулануын қамтамасыз ету тақырыбына арналған жұмыста [3] ғалымдар төмендегі талаптардың орныдалуы ұңғыманы аяқтау мен пайдалану кезеңдерінде ерекше маңызды деп санайды:

- статикалық және циклдық өзгеруші температураға орнықтылығы;

- цемент тасының иілуге және сығылуға беріктілігі жоғары болуы керек;

- цемент тасының керілуге жоғары;

- цемент тасының шегендеу құбырымен немесе тау жынысымен адгезиясы.

Жалпы алғанда, жоғарыда келтірілген факторларды саралап келіп, ұңғыманы аяқтауда да және кейінгі пайдалану кезеңінде де цемент тасының беріктілігі, соққыға төзімділігі өте маңызды болып келетіні анықталды.

Жоғарыда келтірілген талаптарды орындауда көптеген әдістер ұсынылуда, бірақ солардың ішінде фибрамен шырмалап күшейтілген тампонаж ерітінділерінен алынған тастардың беріктіліктерін арттырудың тиімділігі көрсетіліп келеді. 1995–2015 жылдар арасындағы зерттеулерде

полипропилендік фибраның тиімділігі дәлелденген [12].

Материалдар

Зерттеу жұмыстарын жүргізуде мына қоспалар қолданылды:

- ПЦТ-1-G – Портландцемент;

- ВСМ – микро деңгейдегі шырмаушы фибра талшықтары бар құрылыс материалы (волокну строительное микроармирующее);

- РД-ЦТ (КМД) «Цементные технологии» жауапкершілігі шектелген серіктестік компаниясы шығаратын ұлғайғыш қоспа;

- CaCl_2 – кальция стеаратымен өңделген кальций хлор;

- NaCl – натрий хлор;

- фибра ПП – полипропилендік талшықтар;

- FLOSS – субергіштікті төмендеткіш;

- НТФ – цемент ерітіндісінің қатуын ұзартушы қоспа.

Бұл “AP09058636 – Дифференциалдық қасиеттері бар тампонаждық ерітінділерді жасау” (қаржыландыру көзі Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі болып табылатын) жобасы негізінде орындалып жатқан жұмыстан үзінді болып саналады. Тампонаж тасының соққыға төзімділігін зерттеу үшін келесі рецептуралар зерттелді. Нәтижелері 1 және 2 кестелерде және 4–6 суреттерде келтірілген.

Рецептура 1 (әрі қарай – Таза цемент) құрамында қоспа жоқ.

Рецептура 2. Су-цемент қатынасы $C/\text{Ц} = 0,7$, CaCl_2 – 2,5% қоспасы, FLOSS – 0,3% субергіштікті төмендеткіші, РД-ЦТ (КМД) – 5% көлеміндегі ұлғаюшы қоспасы және (ПП – 3 мм) 0,25% арматуралаушы фибрасы бар – ПЦТ-1-G негізіндегі тығындау ерітіндісі.

Рецептура 3. Су-цемент қатынасы $C/\text{Ц} = 0,44$, НТФ – 0,05% қоспасы, FLOSS – 0,3% субергіштікті төмендеткіші, РД-ЦТ (КМД) – 5% көлеміндегі ұлғаюшы қоспасы және (ПП – 3 мм) 0,25% шырмаушы фибрасы бар – ПЦТ-1-G негізіндегі тығындау ерітіндісі.

Рецептура 4. Су-цемент қатынасы $C/\text{Ц} = 0,44$, НТФ – 0,09% қоспасы, FLOSS – 0,3% субергіштікті төмендеткіші, РД-ЦТ (КМД) – 5% көлеміндегі ұлғаюшы қоспасы

¹ КМД – кешенді модификацияланған қоспа (орысша «комплексно-модифицированная добавка»)

және (ПП – 3 мм) 0,25% арматуралаушы шырмаушы фибрасы бар – ПЦТ-1-G негізіндегі тығындау ерітіндісі

Қосымша ВСМ-0,5% + ПЦТ-1-G цемент негізіндегі тығындау ерітіндісі қарастырылды.

Зерттеу әдістемесі

Цемент тасының соққыларға қарсы тұру шыдамдылығының қарапайым сипаттамасы ретінде қандайда бір формаға келтірілген цемент тасының үлгісін бұзуға қажетті, энергия мөлшері бірдей, соққылардың саны бола алады. Көптеген әдістердің ішінде, меншікті соққылау тұтқырлығы шамасы бойынша материалдардың соққыға төзімділігін бағалау әдісі кеңінен таралған [6, 13]. Соққылау тұтқырлығы деген термин соққылаудан болатын жүктеменің әсерінен бұзылу немесе деформациялану процесінде материалдың, яғни біздің жағдайда цемент тасының механикалық энергияны сіңіру мүмкіндігін білдіреді.

Тампонаж тасының үлгілерін сынақтан өткізуге арналған тік динамикалық қада (копер) жүзеге асырылды (2 сурет). Тік динамикалық қада материалдардың соққыға төзімділігін бақылаудың негізгі әдістерінің бірі ретінде тампонаждық материалдың бұзылуы кезіндегі меншікті соққылау тұтқырлығы анықталды [6, 13].

Сынаудың мәні куб пішінді тампонаждық тастың стандартты үлгісі бұзылғанға дейін қабылданған тұрақты биіктіктен массасы белгілі жүкті кезекпен еркін тастауға негізделген. Меншікті соққы тұтқырлығы (A , Дж/см³) үлгінің бұзылуына шығындалған жалпы потенциалдық энергияны тампонаждық тастың көлеміне бөлу арқылы анықталды. Динамикалық қададағы соққылаушы ұштықтың массасы мен сынақтан өтетін тампонаждық тастың көлемінің тұрақты болуы материалдарды соққыға төзімділік бойынша салыстыруға мүмкіндік береді. Бұл жұмысты орындау кезінде сынақтар динамикалық қадада орындалды, және эксперименттік мәліметтерді дәлірек алу үшін үш үлгіден сыналды (3 сурет) [14].

Зертханалық зерттеу жұмыстарының нәтижелері

Зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында нәтижелерді салыстыру үшін базалық көрсеткіш ретінде таза цемент ерітіндісі қабылданды. Қалған рецепту-



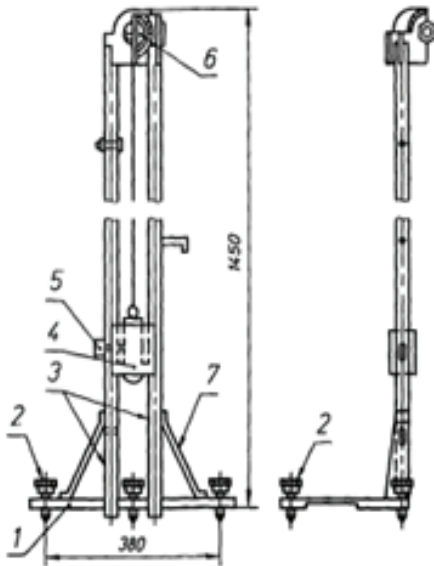
Сурет 2. Тампонаж тасының үлгілерін сынақтан өткізуге арналған тік динамикалық қада (копер) [14]

Figure 2. Vertical dynamic pile (derrick) to test plugging stone samples

ралардың барлығы тампонаждық ерітінділердің технологиялық қасиеттерінің барлығына API (spec. 10, 2012) стандарты мен ГОСТ 1581-96 бойынша да зерттелді. Тампонаждық тастың үлгілерін сынақтан өткізуге арналған тік динамикалық қада арқылы жүргізіліп, ГОСТ 30353-95. (Полы. Метод испытания на стойкость к ударным воздействиям) бойынша нәтижелері талданып, есептелді.

Зертханалық зерттеу жұмыстарының нәтижелері

Зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында нәтижелерді салыстыру үшін базалық көрсеткіш ретінде таза цемент ерітіндісі қабылданды. Қалған рецепту-ралардың барлығы тампонаждық ерітінділердің технологиялық қасиеттерінің барлығына API (spec. 10, 2012) стандарты мен ГОСТ 1581-96 бойынша да зерттелді. Тампонаждық тастың үлгілерін сынақтан өткізуге арналған тік динамикалық қада арқылы жүргізіліп, ГОСТ 30353-95. (Полы. Метод испытания на стойкость к ударным воздействиям) бойынша нәтижелері талданып, есептелді.



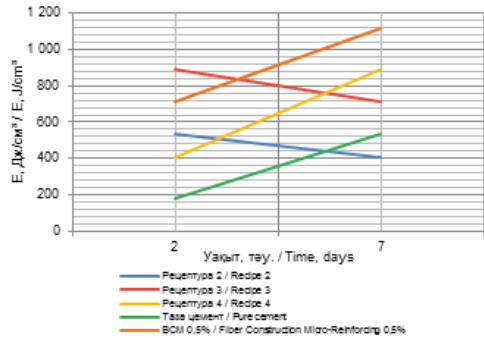
Сурет 3. Еденнің соққыға төзімділігін сынауға арналған қада (копер) [14]
Figure 3. Pile (derrick) to test the impact resistance of the floor

1 – жүктің өтуіне арналған ойығы бар алаң; 2 – реттеу бұрандалары; 3 – тік бағыттаушы; 4 – бүйірлік ойықтары мен ұрғышы бар жүк; 5 – таратылатын түйреуіштер; 6 – бағыттаушы ролик; 7 – тіректер

2 рецептураның көрсеткіші таза цемент ерітіндісімен салыстырғанда 2 тәулікте 1 рецептураның 7 тәуліктегі көрсеткішімен бірдей. Дегенмен, 1 рецептураның яғни қоспасыз таза цемент ерітіндісінен тұратын тығындау ерітіндісімен салыстырғанда 2 рецептураның көрсеткіші 7 тәуліктегімен салыстырғанда төмендегені байқалады. Дәлірек алағанда, 178,77-дан 536,30 Дж/см³ дейін көбейсе, 2-ші рецептураның көрсеткіші 536,30-дан 402,22-ге төмендеді. Жалпы алғанда ең жақсы көрсеткіш ВСМ 0,5%-те алынды. Одан кейінгі жақсы көрсеткіш 2 рецептураға тиесілі.

Қорытындылар

1. Эксперименттердің нәтижелері бойынша шырмаушы қоспа цемент тасының соққыға төзімділігі мен серпімділігін арттыратынын, сондай-ақ соққы жүктемелері кезінде тастың тұтас тығын сақтайтынын көрсетті. Демек, шырмаланған цементтің сынғыштығын төмендетудің перспективті шешімдерінің бірі болып табылады.



Сурет 4. Тампонач тасының үлгілерін 2 тәуліктегі және 7 тәуліктегі сынақтан өткізудегі нәтижелер
Figure 4. Test results of grouting stone samples for 2 and 7 days



Сурет 5. Құрамында шырмаушы күшейткіш қоспасы жоқ цемент тасының соққылау әдісі арқылы зерттеу нәтижесі
Figure 5. Result of an impact study on cement stone that does not contain an ivy enhancer additive



Сурет 6. Құрамында шырмаушы күшейткіш қоспасы бар цемент тасының соққылау әдісі арқылы зерттеу нәтижесі
Figure 6. Result of an impact study on cement stone that contains an ivy enhancer additive

2. ВСМ-0,5% қолданылғанда тығындау ерітіндісі басқа рецептуралармен алыстырғанда жақсы көрсеткіштерге ие болды. Дегенмен, өндірістік жағдайда 0,5% шырмаланған тампонач ерітінділерін сақиналы кеңістікке жеткізу көп қиындықтар туғызады.

3. Рецепттура 2 салысытармалы түрде төмен көрсеткішке ие болды.

4. Егер осы қорытындыдағы 2 пункттегі пайымдаманы ескеретін болсақ, Рецепттура 3 пен 4 салыстырмалы түрде жоғары көрсеткіштерге ие болды, өйткені

бұл рецептураларда не бары 0,25% фибра қолданылады.

5. Полипропилендік фибралар це-

мент тасының соққыларға қарсы тұру қасиетінің зерттеуде тиімділігін көрсетті.

Кесте 1. Зерттеулердің нәтижелері
Table 1. Findings

Құрамы	Ерітіндіні қалыпқа құю	Қалыптардан босату	Сынау	Е, орташа мән, Дж/см ³ ,	Е, квадраттық ауытқу, Дж/см ³ ,
Таза цемент. 2 тәулік	-	-	-	178,77	184,27
Таза цемент –7 тәулік	-	-	-	536,30	268,15
ВСМ 0,5%. 2 тәулік	-	-	-	715,06	513,46
ВСМ 0,5%. 7 тәулік	-	-	-	1 117,28	741,12
Рецепт 2. 3 тәулік	14.10	15.10	17.10	536,30	268,15
Рецепт 4. 3 тәулік	14.10	15.10	17.10	715,06	513,46
Рецепт 2. 2 тәулік	17.10	18.10	19.10	536,30	232,22
Рецепт 3. 2 тәулік	17.10	18.10	19.10	893,83	368,53
Рецепт 4. 2 тәулік	17.10	18.10	19.10	402,22	589,52
Рецепт 2. 7 тәулік	19.10	20.10	26.10	402,22	232,22
Рецепт 3. 7 тәулік	20.10	21.10	27.10	715,06	513,46
Рецепт 4. 7 тәулік	19.10	20.10	26.10	893,83	446,91

Кесте 2. Зерттеулердің нәтижелері
Table 2. Findings

Көрсеткіштер	Қоспасыз		Рецептура 2		Рецептура 3		Рецептура 4		ВСМ 0,5%	
Уақыт, тәу.	2	7	2	7	2	7	2	7	2	7
Е, Дж/см ³	178,77	536,30	536,30	402,22	893,83	715,06	402,22	893,83	715,06	1117,28

ҚОСЫМША

Қаржыландыру көзі. Мақала ИРН АР09058636 "Дифференциалды қасиеттері бар тампонаждық ерітінділерді жасау" жобасы аясында дайындалған. Жобаны қаржыландыру көзі – Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі болып табылады.

Мүдделер қақтығысы. Авторлар осы мақаланы жариялауға байланысты айқын және ықтимал мүдделер қақтығысының жоқтығын жариялайды.

Авторлардың қосқан үлесі. Барлық авторлар өздерінің авторлығының ICMJE халықаралық критерийлеріне сәйкестігін растайды (барлық авторлар тұжырымдаманы әзірлеуге, зерттеу жүргізуге және мақаланы дайындауға айтарлықтай үлес қосты, жарияланғанға дейін соңғы нұсқасын оқып, мақұлдады). Ең үлкен үлес келесідей бөлінді: Қабдушев А.А., Манапбаев Б.Ж. – зерттеу тұжырымдамасы, оны жүргізу және қолжазбаны редакциялау; Агзамов Ф.А. – тампонаждық материалдардың соққыға төзімділігін соққы тұтқырлығының шамасы бойынша бағалау әдістемесі; Деликешева Д.Н., Қорғасбеков Д.Р. – зерттеу деректерін жинау, талдау, түсіндіру.

ADDITIONAL INFORMATION

Source of funding. The article was prepared within the framework of the IRN project АР09058636 «Development of cement slurries with differential properties». The source of funding for the project is the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication). The greatest contribution is distributed as follows: Armsn A. Kabdushev, Bauyrzhan Zh. Manapbayev B. – the concept of the study, its conduct and editing of the manuscript; Farit A. Agzamov – methodology for assessing the impact resistance of grouting materials by the magnitude of impact strength; Dinara N. Delikesheva, Darkhan R. Korgasbekov –

collection, analysis, interpretation of research data.

ӘДБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Cheng XW, Khorami M, Shi Y, et al. A new approach to improve mechanical properties and durability of low-density oil well cement composite reinforced by cellulose fibres in microstructural scale. *Construction and Building Materials*. 2018;177:499–510. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.05.134.
2. Kiran R, Teodoriu C, Dadmohammadi Y, et al. Identification and evaluation of well integrity and causes of failure of well integrity barriers (A review). *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2017;45:511–526. doi:10.1016/j.jngse.2017.05.009.
3. Чернышев С.Е., Кармаенков М.С. Самовосстанавливающиеся тампонажные материалы для обеспечения долговечности крепи скважин // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2021. № 6(342). С.40–45. doi:10.33285/0130-3872-2021-6(342)-40-46.
4. Агзамов Ф.А., Кабдушев А.А. Особенности вытеснения бурового раствора в кольцевом пространстве при цементировании современных технологии в нефтегазовом деле // Сборник трудов международной научно-технической конференции «Современные технологии в нефтегазовом деле – 2018» в 2-х томах; Март 30, 2018; Уфа. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35453717>.
5. Кожевников Е.В., Николаев Н.И., Розенцвет А.В., Лырчиков А.А. Опорно-центрирующая оснастка обсадных колонн для крепления боковых стволов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2015. № 16, С.54–60. doi: 10.15593/2224-9923/2015.16.6.
6. Bonett A, Pafitis D. Getting to the root of gas migration. *Oil field Review*. 1996;5:37.
7. Гнибидин В.Н. Результаты исследований в области предотвращения потери герметичности затрубного пространства скважин в результате воздействия статических и динамических нагрузок. Булатовские чтения. 2017. Т. 3, С. 55–59.
8. Салихов Р.Г., Крапивина Т.Н., Крысин Н.И. Применение щелевой гидрокоструйной перфорации при вторичном вскрытии продуктивных пластов. Санкт-Петербург: Недра, 2005. 179 с.
9. Chernyshov SE, Galkin SV, Krisin NI, et al. Efficiency improvement of abrasive jet perforation. SPE Annual Caspian Technical Conf. & Exhibition; 2015 Nov 4–6; Baku, Azerbaijan. doi: 10.2118/177375-MS.
10. Агзамов Ф.А., Самсыкин А.Ф., Губайдуллин И.М., и др. Моделирование динамических воздействий на крепь скважины с применением метода конечных элементов // Нефтегазовое дело. 2011. Т. 9, № 4. С. 18–24.
11. Рябоконе С.А., Новохатский Д.Ф. Влияние опрессовки обсадных колонн на качество цементирования скважин // Нефтяное хозяйство. 2003. № 9. С. 41–43.
12. Ahmed A, Gajbhiye R, Elkatatny S, Rahman MK. Enhancing the Cement Quality Using Polypropylene Fibers. SPE Trinidad and Tobago Section Energy Resources Conference; 2018 June 25; Port of Spain, Trinidad and Tobago. Paper Number: SPE-191189-MS.
13. Ишбаев Г.Г., Дильмиев М.Р., Ишбаев Р.Р., Латыпов Т.Р. Разработка тампонажных материалов повышенной ударной прочности // Бурение и нефть. 2015. № 9. С. 38.
14. ГОСТ 30353-95. Полы. Метод испытания на стойкость к ударным воздействиям.

REFERENCES

1. Cheng XW, Khorami M, Shi Y, et al. A new approach to improve mechanical properties and durability of low-density oil well cement composite reinforced by cellulose fibres in microstructural scale. *Construction and Building Materials*. 2018;177:499–510. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.05.134.
2. Kiran R, Teodoriu C, Dadmohammadi Y, et al. Identification and evaluation of well integrity and causes of failure of well integrity barriers (A review). *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2017;45:511–526. doi:10.1016/j.jngse.2017.05.009.

3. Chernyshev SE, Karmaenkov MS. Self-healing grouting materials to ensure the durability of well lining. *Construction of oil and gas wells on land and at sea* (In Russ). 2021;6(342):40–45. doi:10.33285/0130-3872-2021-6(342)-40-46.
4. Agzamov FA, Kabdushev AA. Peculiarities of displacement of drilling fluid in the annular space during cementing modern technologies in oil and gas business. Proceedings of the international scientific and technical conference "Modern technologies in the oil and gas business – 2018" in 2 volumes; March 30 2018; Ufa. Available from: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35453717>. (In Russ).
5. Kozhevnikov EV, Nikolaev NI, Rozentsvet AV, Lyrchikov AA. Entering equipment for casing columns in sidetrack cementing. *Bulletin of PNRPU. Geology. Oil & Gas Engineering & Mining*. 2015;16:54–60. doi: 10.15593/2224-9923/2015.16.6.
6. Bonett A, Pafitis D. Getting to the root of gas migration. *Oil field Review*. 1996;5:37.
7. Gribidin VN. The results of the research in the field of loss prevention the tightness of the annulus of the wells in the result static and dynamic loads. *Bulatov read*. 2017;2:55–59.
8. Salikhov RG, Krapivina TN, Krisin NI. *The use of slotted hydrosandblast perforation in the secondary opening of productive formations*. Saint-Petersburg: Nerda; 2005. P. 179 (In Russ).
9. Chernyshov SE, Galkin SV, Krisin NI, et al. Efficiency improvement of abrasive jet perforation. SPE Annual Caspian Technical Conf. & Exhibition; 2015 Nov 4–6; Baku, Azerbaijan. doi: 10.2118/177375-MS.
10. Agzamov FA, Samsykin AF, Gubaydullin IM, et al. Modeling of dynamic influences on well fixing with finite elements method. *Petroleum Engineering*. 2011;9(4): 18–24.
11. Ryabokon SA, Novokhatsky DF. Drive pipe pressure testing influence on quality of wells casing. *Oil Industry Journal*. 2003;9: 41–43.
12. Ahmed A, Gajbhiye R, Elkhatny S, Rahman MK. Enhancing the Cement Quality Using Polypropylene Fibers. SPE Trinidad and Tobago Section Energy Resources Conference; 2018 June 25; Port of Spain, Trinidad and Tobago. Paper Number: SPE-191189-MS.
13. Ishbaev GG, Dil'miev MR, Ishbaev RR, Latypov TR. Development of grouting materials with high impact strength. *Burenie I neft*. 2015;9:38. (In Russ).
14. GOST 30353-95. Floors. Impact resistance test method.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ АҚПАРАТ***Қабдушев Арман Арстанғалиевич**PhD, e-mail: arman-kz@mail.ru.**Ағзамов Фарит Акрамович**e-mail: faritag@yandex.ru.**Манапбаев Бауыржан Жарқынбекович**

канд. техн. наук,

e-mail: jiboj@mail.ru.**Деликешева Динара Насипуловна**e-mail: delikeshewa@mail.ru.**Қорғасбеков Дархан Рахметоллаевич**e-mail: daha_korg@mail.ru.**AUTHORS' INFO*****Arman A. Kabdushev**PhD, e-mail: arman-kz@mail.ru.**Farit A. Akramov**e-mail: faritag@yandex.ru.**Bauyrzhan Zh. Manapbayev**

Cand. Sc. (Engineering),

e-mail: jiboj@mail.ru.**Dinara N. Delikeshewa**e-mail: delikeshewa@mail.ru.**Darkhan R. Korgasbekov**e-mail: daha_korg@mail.ru.

*Корреспондент автор/Corresponding Author