

Висновки. 1. Основною вимогою, яка забезпечує безпечну експлуатацію крана, є систематичний і досконалий контроль технічного стану, в першу чергу, опорно-поворотних кругів.

2. Технічний стан опорно-поворотних кругів, а саме збільшення осевого зазору ОПК, спричиняє перерозподіл навантажень на тіла кочення, інтенсивне зношування поверхонь кочення бігових доріжок кілець, і, як наслідок, аварійний стан вантажопідйомного крана в цілому.

3. Для запобігання аварії крана необхідне своєчасне відновлення рівня параметрів ОПК. За неможливості відновлення параметрів ОПК до нормативного рівня необхідно обов'язково проводити корегування технічних характеристик крана.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Відомості про кількість об'єктів котлонагляду та підймальних споруд станом на 01.01.2009 року: // гол. ред. Г. Д. Герасимова та ін. / Подъемные сооружения. Специальная техника. – Одесса. : ООО «Крантест». – 2009. – № 3. – С. 17.

2. Відомості про кількість об'єктів, знятих з реєстрації (відпрацювали термін), станом на 01.01.2009 року: // гол. ред. Т. Г. Герасимова та ін. / Подъемные сооружения. Специальная техника. – Одесса. : ООО «Крантест». – 2009. – № 3. – С. 18.

3. НПАОП 0.00–1.01–07. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідймальних кранів. – К. : Основа, 2007. – 263 с.

4. ОМД 13801244.001–2005. Методика проведення експертного обстеження (технічного діагностування) баштових кранів, 2005. – 157 с.

5. ОМД 33497324.003–2005. Методика проведення експертного обстеження (технічного діагностування) стрілових, самохідних і залізничних кранів, 2005. – 115 с.

6. Rothe Erde. Slewing Bearing, 2005. – 170 с.– Режимдоступу: www.rotheerde.com.ua.

7. Колесник Н. П. Восстановление ресурса строительных кранов / Н. П. Колесник, С. И. Козарь, Е. В. Москвяк, А. Ф. Шевченко. – К. : Будівельник, 1989. – 128 с.

8. Заяц Г. В. Влияние величины осевого зазора в шариковом опорно-поворотном круге на нагруженность его деталей / Г. В. Заяц, Н. П. Колесник // Подъемно-транспортная техника. – 2009. – № 2. – С. 28 – 38.

9. Заяц Г. В. Моделирование перераспределения нагрузок на тела качения при износе шариковых опорно-поворотных кругов грузоподъемных кранов / Г. В. Заяц, Н. П. Колесник // Подъемно-транспортная техника. – 2007. – № 4. – С. 73 – 76.

10. Заяц Г. В. Влияние контактных напряжений на напряженное состояние кольца шарикового опорно-поворотного круга / Г. В. Заяц, Н. П. Колесник // Подъемно-транспортная техника. – 2009. – № 1. – С. 54 – 62.

УДК 666.9

ПОЛЕГШЕНІ СУХІ ТАМПОНАЖНІ СУМІШІ З ДОБАВКАМИ-СПОВІЛЬНЮВАЧАМИ ДЛЯ ЦЕМЕНТУВАННЯ ГЛИБОКИХ СВЕРДЛОВИН

*В. С. Терлига, асп., Х. С. Соболев, д. т. н., проф., Н. І. Петровська, к. т. н., доц.
Національний університет «Львівська політехніка»*

Ключові слова: свердловина, тампонажний матеріал, аномально низький пластовий тиск, сповільнювач тужавіння, мінеральні добавки, час загуснення

Постановка проблеми. Різноманітні умови, якими характеризуються свердловини нафтових та газових родовищ України, вимагають розробки матеріалів із широким спектром застосування. Особливо гостро постає питання використання тампонажних матеріалів при високих температурах. Закачування тампонажних сумішей на задану глибину без втрати ними реологічних властивостей вимагає введення до їх складу хімічних добавок-модифікаторів. Використання технології сухих будівельних сумішей (СБС) при виготовленні тампонажних матеріалів дозволяє у виробничих умовах точно здозувати усі компоненти і отримати матеріал із наперед заданими властивостями [1].

Цементування свердловин з аномально низьким пластовим тиском (АНПТ) вимагає

застосування спеціальних матеріалів. У першу чергу, такі матеріали повинні характеризуватись густиною розчинової суміші в межах 1,45 – 1,65 г/см³ [2]. Використання з цією метою звичайних тампонажних матеріалів є неможливим, оскільки густина таких сумішей при В/Ц = 0,5 становить 1,80 – 1,82 г/см³. Збільшення кількості води замішування задля полегшення даних композицій викликає зростання водовідділення та водовіддачі під тиском розчинової суміші.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для зменшення густини розчинових сумішей як добавки-полегшувачі використовують алюмосилікатні мікросфери, що характеризуються низькою насипною густиною та високою питомою поверхнею. Відомі дослідження з розробки рецептур сумішей із середньою густиною 1100 – 1500 кг/м³ [3]. Доведено, що використання даних добавок значно підвищує седиментаційну стійкість розчинових сумішей, а також дещо збільшує адгезію розчину до обсадної колони. Проте стінки зерен мікросфери не витримують тиску понад 20 МПа, що обмежує глибину застосування подібних композицій.

Збільшення глибини свердловин супроводжується зростанням вибійних тисків і температур, що суттєво впливає на реологічні властивості розчинових тампонажних сумішей. Різка зміна консистенції тампонажної суміші може викликати втрату прокачуваності та затвердіння розчину в обсадній колоні, що спричинює консервацію свердловини та багатомільйонні втрати. Головним фактором, що впливає на терміни тужавіння та час загуснення цементних сумішей, є температура. Як показали дослідження, проведені А. І. Булатовим [4], використання добавок синтетичної винної кислоти (СВК), сульфатно-дріжджової бражки (СДБ), гідролізованих сполук акрилової кислоти (гіпану) дозволяє регулювати реологічні властивості цементних композицій при підвищених температурах у необхідних межах. Однак їх уведення викликає суттєве зменшення міцності цементного каменю.

Мета роботи: розробка та дослідження полегшених сухих тампонажних сумішей з регульованими реологічними та фізико-механічними характеристиками для цементування глибоких свердловин

Методи досліджень і матеріали. У роботі було використано портландцемент ПЦ І-500 виробництва ВАТ «Волиньцемент», цеоліт Сокирницького родовища та метакаолін. Як хімічні добавки-модифікатори використано комплексну хімічну добавку, що складається з пластифікатора на основі полікарбоксилату та стабілізатора на основі ефіру целюлози. До складу сумішей вводили також піногасник та поліпропіленові волокна. Для сповільнення тужавіння використовували нітрилотриметилфосфонову кислоту (НТФК).

Цеоліт та його основний мінерал клиноптилоліт $\text{Na}_6[(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30}] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ належать до водних алюмосилікатів каркасної будови і характеризуються відкритою тривимірною каналною пористістю. Завдяки особливій будові порового простору цеоліт може поглинати і віддавати воду без зміни об'єму, по суті являючи собою жорстку кристалічну «губку», об'єм пор якої може досягати 50 %. Завдяки цьому при введенні цеоліту до складу тампонажних розчинів він не тільки відіграє роль активної мінеральної добавки пуцоланічної дії, а й одночасно виступає ефективним полегшувачем [5].

Метакаолін – це аморфізований силікат алюмінію $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, який утворюється в результаті термообробки природного каоліну при контрольованих параметрах, що забезпечує одержання матеріалу, стабільного за складом та властивостями. Серед мінеральних добавок метакаолін відрізняється найвищим вмістом високоактивних оксидів алюмінію та кремнію. Маючи надзвичайно високу питому поверхню (1500 м²/кг) та низьку насипну густину (360 кг/м³), метакаолін з успіхом може бути використаний як полегшувач у тампонажних сумішах [6].

Результати досліджень. Як показує досвід проведення тампонажних робіт, закачування сумішей на глибину понад 2 км вимагає обов'язкового використання добавок-сповільнювачів тужавіння. У статті досліджена можливість використання з цією метою нітрилотриметилфосфонової кислоти (НТФК). Крім реологічних властивостей полегшених тампонажних сумішей був вивчений вплив НТФК на фізико-механічні властивості тампонажного розчину при підвищених температурах.

Для проведення досліджень було використано тампонажну суміш наступного складу, мас. %: ПЦ-І – 70, цеоліт – 20, метакаолін – 10, КХД – 0,2, піногасник – 0,1, поліпропіленові волокна – 0,03. НТФК вводилась у суміш у кількості 0,02 – 0,08 мас. %. Як видно з результатів, наведених у таблиці 1, досліджувані тампонажні суміші належать до полегшених із густиною 1,60 г/см³, характеризуються розтічністю 230 – 237 мм та відсутністю водовідділення.

Властивості полегшених сухих тампонажних сумішей

№ скл.	НТФК	В/Т	Водовідділення, мл	Час загуснення, хв.	Розтічність, мм	Густина, г/см ³	Границя міцності у віці 2 діб при t =75° С, МПа	
							на розтяг при вигині	при стиску
1	-	0,67	0	92	230	1,60	5,4	14,25
2	0,02	0,67	0	103	232	1,60	4,35	12,09
3	0,04	0,67	0	117	233	1,60	3,36	9,58
4	0,08	0,67	0	165	237	1,60	2,59	7,54

Оціночним критерієм реологічних властивостей тампонажних сумішей, що визначають прокачуваність матеріалу у свердловину, є розтічність та час загуснення, а не терміни тужавіння, загальноприйняті у будівельній галузі [2]. Встановлено, що добавка НТФК суттєво не впливає на розтічність, на відміну від часу загуснення: збільшення вмісту добавки у суміші різко подовжує час загуснення системи. Так за присутності вже мінімальної кількості 0,02 % НТФК час загуснення суміші збільшується з 92 до 103 хв, а при введенні її в кількості 0,08 % він становить 2 години 45 хвилин (рис. 1).

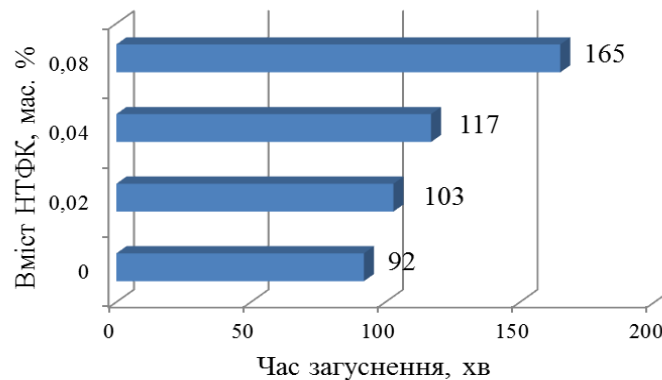
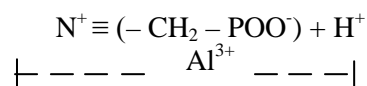


Рис. 1. Вплив НТФК на час загуснення тампонажної суміші при температурі 75° С

Таким чином, НТФК є ефективною сповільнювальною добавкою для тампонажних сумішей, які використовуються при підвищених температурах вибою. Її сповільнювальна дія на раннє структуроутворення систем на основі портландцементу пояснюється здатністю НТФК, як типового фосформісткого комплексу, проявляти свої хелатні властивості й утворювати стійкі циклічні комплекси з катіонами металів, у першу чергу, з катіоном Al^{3+} [7]:



Утворення на поверхні зерен C_3A комплексонатів алюмінію гальмує осадження та швидку кристалізацію гідратних фаз, що знаходить своє відображення у подовженні часу загуснення тампонажних сумішей.

Але сповільнювальна дія НТФК не обмежується періодом загуснення системи. Її наслідки проявляються при подальшій гідратації в'язучого та викликають зменшення міцності, особливо у ранньому віці. Так, навіть при введенні 0,02 мас. % НТФК спостерігається зменшення міцності розчину майже на 20 % – до 4,35 МПа (рис. 2). При подальшому збільшенні вмісту НТФК відмічається закономірне падіння міцності – аж до 2,59 МПа при введенні 0,08 мас. % добавки. Тому з огляду на вимоги ДСТУ Б В.2.7-88-99, згідно з якими міцність полегшеного тампонажного розчину через 2 доби тверднення повинна становити не менше 2 МПа, при використанні НТФК як сповільнювальної добавки її граничний вміст не повинен перевищувати 0,08 мас. %.

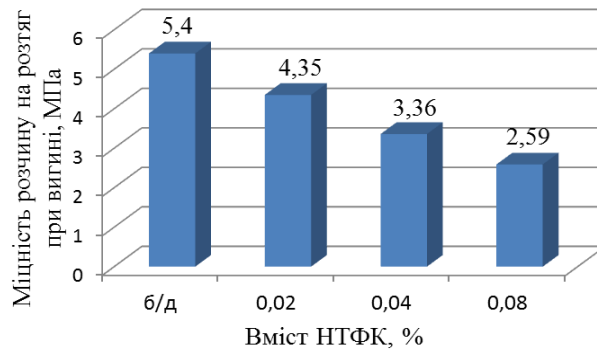


Рис. 2. Вплив НТФК на міцність тампонажного розчину у віці 2 діб при температурі тверднення 75° С

За допомогою програми ORIGIN на основі проведених досліджень побудовано залежність міцності і часу загуснення тампонажних сумішей від вмісту добавки НТФК. Дана діаграма допомагає обрати оптимальний вміст добавки, який потрібно ввести до складу суміші залежно від умов свердловини та техніки, яка є в наявності.

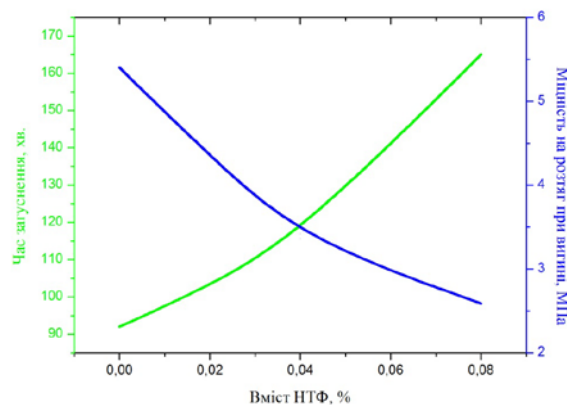


Рис. 3. Діаграма залежності міцності розчину та часу загуснення від вмісту НТФК

Висновки. Розроблено полегшену суху тампонажну суміш для цементування глибоких свердловин, яка характеризується низьким водовідділенням, достатньою розтічністю та регульованими реологічними властивостями. Використання як сповільнювальної добавки НТФК у кількості 0,02 – 0,08 % забезпечує необхідний час загуснення розчинової суміші та високу ранню міцність тампонажного розчину.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. **Захарченко П. В.** Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали / П. В. Захарченко, Е. М. Долгий, Ю. О. Галаган, О. М. Гаврик та ін.: підруч. – К. : КНУБА, 2005. – 512 с.
2. **Горський В. Ф.** Тампонажні матеріали і розчини: посіб.-моногр. / В. Ф. Горський. – Чернівці, 2006. – 524 с.
3. **Куценко Г. В.** Создание рецептур облегченных тампонажных растворов плотностью 1 100 – 150 кг/м³ с использованием акриламидных и эпоксиуретановых полимеров / Г. В. Куценко, В. М. Зиновьев, Н. А. Карнаухов, Н. Е. Щербич и др. // Сб. науч.тр. и инженер. разработок: Ориентированные фундаментальные исследования – М. : Эксподизайн, 2007 – С. 392 – 394.
4. **Булатов А. И.** Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин/ А. И. Булатов, Ю. М. Проселков, С. А. Шаманов – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 1007 с.
5. **Терлига В. С.** Багатокомпонентні тампонажні розчини з покращеними технологічними властивостями / В. С. Терлига, Х. С. Соболев // Вісник НУВГП «Технічні науки». – 2010. – Випуск 4(52) – С. 104 – 109.

6. Терлига В. С. Дослідження впливу мінеральних добавок на властивості сухих тампонажних сумішей / В. С. Терлига, Х. С. Соболев, В. Б. Ничка // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва». – 2011. – № 697. – С. 225 – 229.

7. Дятлова Н. М. Комплексоны / Н. М. Дятлова, В. Я. Темкина, И. Д. Колпакова – М. : Химия, 1970. – 417 с.

УДК 666:913

НАНОМОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

В. Н. Деревянко, д. т. н., проф., А. Г. Чумак, асп., В. А. Тельянов, асп.,
Н. В. Кондратьева, * к. т. н., доц.

* ГВЗУ «Украинский государственный химико-технологический университет»

Ключевые слова: гипсовые вяжущие, наномодификация, добавки, повышение прочности, таурит

Актуальность. Вяжущие в системе $\text{CaO} - \text{SO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ имеют преимущества перед другими: однородность состава, наличие значительного количества сырья, низкие температуры и экологичность процесса обжига, короткие сроки схватывания и твердения.

К существенным недостаткам следует отнести низкую водостойкость и относительно небольшие прочностные показатели.

Решение данных проблем осуществляется двумя основными направлениями исследований. Первый – управление процессами тепловой обработки с целью получения вяжущих, удовлетворяющих предъявляемым требованиям. Второй – создание смешанных вяжущих, например, гипсоцементных, гипсоцементно-пуццолановых и т. д.

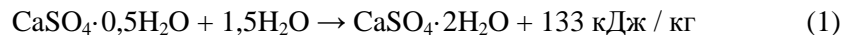
Такие системы отличаются экономической эффективностью, но, как показывает многочисленный опыт, сложность систем не позволяет создать вяжущие, стабильные по своим свойствам.

Интересными в этом плане являются работы по созданию САЦ (сульфоалюминатных цементов) на основе гипса и САК (сульфоалюминатного клинкера), разработанные французскими и китайскими учеными.

САЦ характеризуется наличием большого количества сульфоалюмината кальция (елимита $4\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$) или «Компонента Клейна» в составе клинкера. Гидратация данного минерала способствует развитию высокой прочности бетонов и растворов на основе САЦ в ранние сроки твердения, высокую водонепроницаемость, хорошее сопротивление переменным циклам замораживания и оттаивания.

Одним из отрицательных свойств вяжущего является нестабильность фазы этtringита, что препятствует его широкому применению.

Решением **проблемы**, по нашему мнению, является управление процессами гидратации, сопровождающимися переходом полугидрата в дугидрат сульфата кальция с помощью введения наномодификаторов:



В процессе твердения гипсовых вяжущих происходит гидратация в двух направлениях: формированием через растворение – образование насыщенного раствора и выкристаллизацией дугидрата, а также топохимически, то есть в результате проникновения молекул воды в поверхностные слои, коллоидации, затем кристаллизации.

Таким образом, на процесс гидратации влияет скорость растворения полугидрата сульфата кальция [6; 7]. Скорость растворимости подчиняется законам диффузии и описывается уравнением:

$$\frac{d_m}{d_t} = S \cdot D \frac{C_1 - C}{\delta}, \quad (2)$$

где: $\frac{d_m}{d_t}$ – количество вещества, растворяющегося за единицу времени в единице объема;

D – коэффициент диффузии;

S – удельная поверхность растворимого тела;

C_1 – концентрация насыщенного раствора;