

У статті розглянуті питання що до вибору параметрів комплекту рухомих навантажувачів для підвищення ефективності буріння шарошковими долотами.

Ключові слова: свердловина, шарошкове долото, рухомі навантажувачі, ефективність буріння.

The article takes up problems of measurements choice for a flexible loading materials set in order to raise efficiency of hole drilling using rock roller bit.

Key words: borehole, rolling cutter bit, flexible loading materials, drilling efficiency.

Литература

1. Александров Е. В., Соколинский В. Б. Прикладная теория и расчет ударных систем. – М.: Наука, 1969. – 199 с.
2. Булатов А. И., Проселков Ю. М., Шаманов С. А Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин. – М.: ООО «Недра-бизнесцентр», 2003. – 1007 с.

Поступила 03.06.12

УДК 622. 233:551.49

А. О. Кожевников, д-р техн. наук; **А. К. Судаков**, канд. техн. наук; **О. Ф. Камишацький**,
О. А. Лексиков, **Д. А. Судакова**, **М. О. Науменко**, **Є. В. Скрипка**

*Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»,
м. Дніпропетровськ, Україна*

РЕЗУЛЬТАТИ СТЕНДОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКА КРІОГЕННО-ГРАВІЙНОГО ФІЛЬТРА

Приведены результаты стендовых исследований технологии доставки экспериментального образца криогенно-гравийного фильтра на модели буровой скважины.

Ключевые слова: гидгидрогеологическая скважина, криогенная технология, гравийный фильтр, минераловязущее вещество.

Вступ

На кафедрі техніки розвідки родовищ корисних копалин Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» впродовж багатьох років розробляють технологію створення криогенно-гравійних елементів (КГЕ) фільтрів та технології обладнання водоприймальної частини гідрогеологічних свердловин криогенно-гравійними фільтрами (КГФ) [1; 2]. Ідею роботи та основні результати виконаних раніше робіт викладено у [3–5]. Різного часу в періодичних журналах публікувалися статті з результатами стендових досліджень технології транспортування КГЕ фільтра стовбуром свердловини [6; 7]. Через нестандартність поставлених завдань і прийнятих рішень, а головне багатofакторність досліджень, останнім часом здійснено багато експериментів, результати яких істотно відрізняються від опублікованих раніше.

Мета пропонованого дослідження – визначити граничну довжину КГЕ фільтра, глибину свердловини для його встановлення та часу розмонолічування КГЕ для кожної масової концентрації в'язучої речовини у процесі транспортування стовбуром свердловини до водоприймальної її частини.

Тому об'єктом стендових досліджень були експериментальні зразки циліндрично-порожніх КГЕ фільтра.

Основний матеріал

На етапі стендових досліджень технології стояло завдання уточнити оптимальну концентрацію в'язучого та пов'язану з ним довжину криогенно-гравійної секції (КГС), а

також технологічних параметрів транспортування КГФ до водоприймальної частини свердловини. Передбачалося, що експеримент буде багатофакторним. При його проведенні мінялися: концентрація в'язучого, температура свердловинної рідини, швидкість спуска КГФ, гранулометричний склад КГЕ, стан черевика фільтрової колони (закритий, відкритий), довжина КГС.

Відповідно до технології в умовах, наближених до реальних, параметри визначали на спеціальному стенді [6], основними елементами якого, є модель свердловини з внутрішнім діаметром 200 мм і заввишки 3,5 м, верхня частина якої виконана прозорою, насос НБ-5, зумпф і магістральні трубопроводи.

Рух рідини в стенді відбувався по замкнутому контуру. Із зумпфа рідина насосом НБ-5 за допомогою нагнітального трубопроводу подавалася в нижню частину моделі свердловини. Нижня частина моделі свердловини довжиною 2 м і призначена для заспокоєння потоку рідини перед її прозорою частиною довжиною 1 м, над якою встановлена воронка з приєднаним до неї скидаючим трубопроводом, по якому рідина потрапляла назад в зумпф.

Для випробувань виготовляли зразки КГЕ циліндрової форми із зовнішнім діаметром 180 мм, внутрішнім 110 мм. Висота зразків КГЕ складала 200 мм, вага ~60–62 Н, діаметри гравію 0,5–0,75 та 1,0–2,5 мм. Вагова концентрація в'язучого 2; 3,5; 5; 10 %.

З метою імітації дії навантаження КГС на її нижній частині КГЕ привантажувався сталевим вантажем. Кожний КГЕ незалежно від концентрації в'язучого навантажувався масою 28, 56 і 84 кг, тим самим моделювалася довжина КГС фільтра, відповідно 1, 2 і 3 м.

При виконанні технологічних операцій зі спускання КГФ на колоні бурильних труб зразок КГЕ піддається гідродинамічній дії. У такий спосіб моделювали процес спускання КГФ на величину свічки з характерними для цього процесу тривалістю розгону, сталим рухом і гальмуванням.

В результаті контакту з промивальною рідиною КГЕ розмонолічується найінтенсивніше нижня його частина. Характеристика міцності нижнього циліндрично-порожнього КГЕ фільтра визначає граничну довжину секції фільтра для кожної концентрації в'язучої речовини та тривалість його розмонолічування, а отже, максимальну глибину встановлення КГФ.

Після заморожування протягом доби зразки КГЕ витягували з морозильної камери і звільняли з форм. Потім їх надягли на фільтрову колону, витримували протягом 30 хвилин у повітряному середовищі при температурі 15–20 °С, імітуючи збирання фільтра, привантажували сталевим вантажем, доставляли до прозорої частини моделі свердловини з подальшою циклічною подачею буровим насосом промивальної рідини. Температура промивальної рідини на момент досліджень становила 5–17 °С.

Швидкість обтікання промивальною рідиною КГФ у кільцевому зазорі залежно від подачі насоса НБ-5 становила 0,25; 0,5 м/с та 1 м/с. Тривалість циклу розраховували виходячи з того, що на приєднання бурильної труби до колони потрібно 2 хв, спускання колони на 10 м свічки відповідно до швидкості спускання 40; 20 та 10 с.

Крім того, на етапі підготовки стендових досліджень припускали, що площа прохідного перерізу у свердловині впливає на глибину транспортування КГФ. Це припущення обумовлене гідродинамічною дією свердловинної рідини на поверхню КГЕ фільтра. Тому при проведенні досліджень фільтрова колона мала як відкритий, так і закритий відстійник.

Як критерій оцінювання досягнення максимальної глибини транспортування КГФ стовбуром свердловини при певному навантаженні на КГЕ фільтра залежно від концентрації мінералов'язучої речовини взяли момент його руйнування з утворенням зяючих порожнин, внаслідок розмонолічування КГЕ при підвищенні його температури і зміні агрегатного стану мінералов'язучої речовини. На рис. 1 приведено КГЕ фільтра, що досяг початку розмонолічування.

Результати спостереження за станом КГЕ фільтра були такі:

- зразки розмонолічувалися на останньому циклі спускання;

- характер розмонолічування КГЕ фільтра незалежно від масової концентрації мінералов'язучої речовини не змінювався; спостерігалось розширення з одночасним ущільненням КГЕ фільтра під дією навантаження; Процес зміни геометричних розмірів ретельно реєструвався;
- при перекритті кільцевого простору КГЕ фільтру циркуляція свердловинної рідини не припинялася, а продовжувалася без підвищення тиску в циркуляційній системі.



а



б

Рис. 1. Характер руйнування КГЕ в кінці експерименту: а – $\delta = 0,5-0,75$ мм, б – $\delta = 1,0-2,5$ мм

При проведенні стендових досліджень відпрацювали понад 500 зразків з гранскладом 0,5–0,75 мм.

Результати стендових досліджень експериментальних зразків КГЕ фільтра наведено в табл. 1 та показано на рис. 2. Графіки побудували за усередненими даними.

З аналізу отриманих результатів стендових досліджень випливає, що початковими даними для визначення граничної глибини транспортування КГЕ фільтра, залежно від його маси є кількість циклів, тривалість розмонолічування КГЕ і глибина транспортування КГЕ фільтра.

У разі тривалості циклу до 3 хв, то:

- глибина транспортування значно залежить від концентрації в'язучого, висоти та маси КГС, температури свердловинної рідини та стану черевика фільтрової колони;
- використання як в'язучого замороженої води неможливе, оскільки КГЕ з додатковим навантаженням 28 кг миттєво розтеплюється, розчиняючись у свердловинній рідині;
- при висоті КГС фільтра 1 м, масі 30 кг, концентрації в'язучого 5 % мас. температурі свердловинної рідини 5 °С, він може бути доставлений до водоприймальної частини свердловини, що знаходиться на глибині понад 250 м, а при підвищенні довжини до 3 м, маси до 90 кг та такої самої концентрації в'язучого – 80 м при відритому черевіку та 120 м – при закритому;
- у разі підвищення температури свердловинної рідини доцільно збільшити концентрацію в'язучого до 10 % мас. при збереженні довжини КГС (3 м) та швидкості спускання до 1 м/с. При цьому можна обладнати свердловину глибиною понад 100 м.

Результати стендових досліджень технології транспортування КГЕ фільтра

| Насос | | Тривалість | | Швидкість спуску свічки (швидкість обтікання рідиною КГЭ), $V_{\text{спл}}, \text{с}$ | Еквівалентна довжина свічки, м | Грансклад гравію, мм | Зразок | | Маса додаткового навантаження, кг | Еквівалентна довжина гравійного обсіпання, м | Середня кількість циклів, $k_{\text{ц}}$ | | | |
|----------------------------------|--------------|--|--------------------------------|---|--------------------------------|----------------------|----------|--|-----------------------------------|--|---|---|--|--|
| Тип насоса (сів) | Подача, л/хв | простою $T_{\text{п.б.к.}}, \text{хв}$ | СПО $T_{\text{СПО}}, \text{с}$ | | | | Маса, кг | Концентрація желатину, $C_{\text{ж}}, \% \text{ мас.}$ | | | з відкритим черевиком при $t_{\text{в}} = 17^{\circ}\text{C}$ | із закритим черевиком при $t_{\text{в}} = 17^{\circ}\text{C}$ | з відкритим черевиком при $t_{\text{в}} = 5^{\circ}\text{C}$ | із закритим черевиком при $t_{\text{в}} = 5^{\circ}\text{C}$ |
| НБ-5 | 88 | 2 | 40 | 0,25 | 10 | 0,5-0,75 | 6,0-6,2 | 2 | 28 | 1 | 5 | 5 | 10 | 8 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 4 | 2 | 7 | 7 |
| | | | | | | | | | 90 | 3 | 2 | 2 | 4 | 5 |
| | | | | | | | | 3,5 | 28 | 1 | 9 | 9 | 8 | 9 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 6 | 7 | 7 | 6 |
| | | | | | | | | | 90 | 3 | 4 | 4 | 6 | 6 |
| | | | | | | | | 5 | 14 | 0,5 | 51 | - | - | - |
| | | | | | | | | | 28 | 1 | 8 | 14 | 28 | 30 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 4 | 10 | 17 | 26 |
| | | | | | | | | 10 | 90 | 3 | 3 | 5 | 8 | 9 |
| | | | | | | | | | 28 | 1 | 40 | 48 | 51 | 59 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 7 | 11 | 26 | 40 |
| НБ-5 | 180 | 2 | 20 | 0,5 | 10 | 0,5-0,75 | 6,0-6,2 | 2 | 28 | 1 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 2 | 2 | 5 | 7 |
| | | | | | | | | | 90 | 3 | 2 | 2 | 4 | 5 |
| | | | | | | | | 3,5 | 28 | 1 | 7 | 8 | 10 | 13 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 5 | 5 | 8 | 10 |
| | | | | | | | | | 90 | 3 | 4 | 4 | 5 | 11 |
| | | | | | | | | 5 | 14 | 0,5 | >100 | >100 | - | - |
| | | | | | | | | | 28 | 1 | 7 | 15 | 27 | 35 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 4 | 7 | 15 | 20 |
| | | | | | | | | 10 | 90 | 3 | 3 | 5 | 8 | 12 |
| | | | | | | | | | 28 | 1 | 55 | 70 | 73 | 76 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 37 | 50 | 43 | 57 |
| НБ-5, 320 л/хв НБ-32, 40 л/хв | 360 | 2 | 10 | 1,0 | 10 | 0,5-0,75 | 6,0-6,2 | 2 | 28 | 1 | 3 | 3 | 7 | 8 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 3 | 2 | 5 | 6 |
| | | | | | | | | | 90 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 |
| | | | | | | | | 3,5 | 28 | 1 | 10 | 11 | 16 | 17 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 6 | 6 | 14 | 13 |
| | | | | | | | | | 90 | 3 | 5 | 4 | 7 | 7 |
| | | | | | | | | 5 | 28 | 1 | 9 | 8 | 33 | 42 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 6 | 7 | 19 | 25 |
| | | | | | | | | | 90 | 3 | 4 | 5 | 11 | 15 |
| | | | | | | | | 10 | 28 | 1 | 63 | 80 | 91 | 105 |
| | | | | | | | | | 56 | 2 | 10 | 15 | 54 | 68 |
| | | | | | | | | | 90 | 3 | 6 | 6 | 13 | 17 |

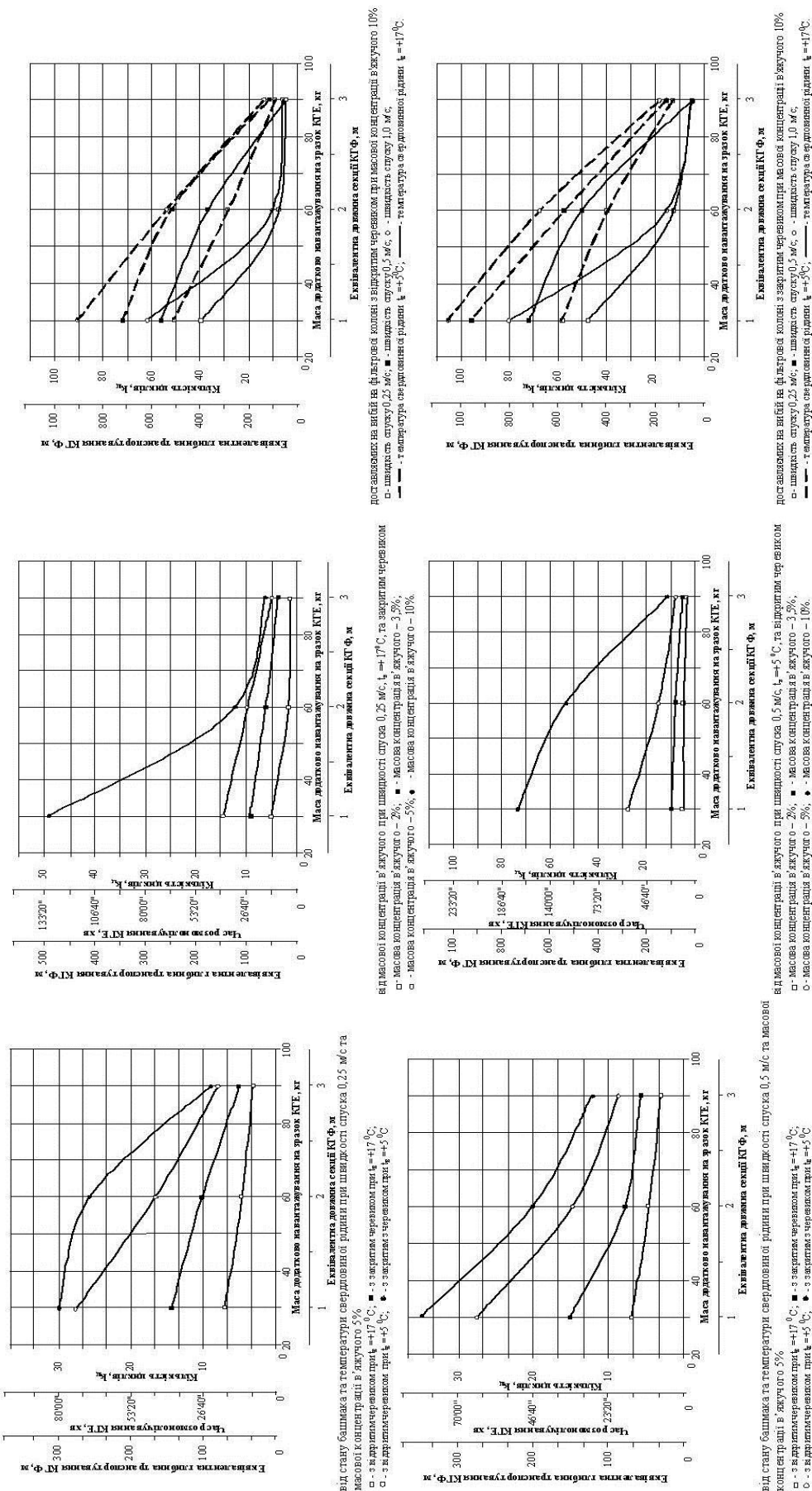


Рис. 2. Залежність часу розмонтування експериментальних зразків КТЕ фільтру

Отримані залежності справедливі для КГЕ фільтрів будь-якого радіального розміру.

Опрацювання отриманих результатів триває.

Із досвіду буріння свердловин для питного і технічного водопостачання населення України відомо, що із загального обсягу пробурюваних свердловин у 75–80 % випадків водоприймальна частина свердловин знаходиться на глибинах до 100 м, а отже, виходячи з економічних міркувань, для цих умов доцільно застосовувати КГЕ фільтра з концентрацією желатину 5 % мас. та довжині КГС фільтра 3 м.

Якщо припустити, що довжина КГЕ і глибина його транспортування залежать від тривалості розмонолічування КГЕ фільтра резервом збільшення довжини КГЕ фільтра і глибини його транспортування стовбуром свердловини є скорочення тривалості циклу $T_{ц}$, а отже збільшення швидкості спускання свічки.

Висновок

У результаті стендових досліджень технології доставки КГФ до водоприймальної частини бурової свердловини встановлено можливість обладнання КГФ водоприймальної частини бурової свердловини глибиною понад 1000 м.

Наведено результати стендових досліджень технології доставки експериментального зразка криогенно-гравійного фільтра на моделі бурової свердловини.

Ключові слова: гідрогеологічна свердловина, криогенна технологія, гравійний фільтр, мінералов'яжуча речовина.

The results of stand researches of technology of delivery of experimental standard of cryogenic-gravel filter are resulted on the model of drillhole.

Key words: hydrogeological well, cryogenic technology, gravel filter, mineral-astringent material.

Література

1. Кожевников А. А., Судаков А. К., Гриняк А. А. Гравийные фильтры с использованием эффекта двухфазного инверсного перехода агрегатного состояния вязущего вещества // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В. М. Бакуля НАН Украины, 2008. – Вып.11. – С. 84–88.
2. Кожевников А. А., Судаков А. К. К вопросу об оборудовании водоприемной части буровых скважин криогенно-гравийными фильтрами // Наук. вісн. НГУ. – 2009. – № 7. – С. 13–16.
3. Результаты исследования реологических свойств криогенно-гравийного элемента фильтра/ А. О. Кожевников, А. К. Судаков, О. Ф. Камишацкий та ін. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В. М. Бакуля НАН Украины, 2010. – Вып.13. – С. 198–202.
4. Кожевников А. А., Судаков А. К., Пашенко А. А. Влияние физических полей на свойства ледового и ледово-гравийного композитов // Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун. Сер. «Гірнично-геологічна». – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – Вип. 13(178). – С. 36–39.
5. Технологія виготовлення блочного криогенно-гравійного фільтра бурових свердловин / А. О. Кожевников, А. К. Судаков, О. Ф. Камишацкий та ін. // Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун. Сер. «Гірнично-геологічна». – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2010. – Вип. 14(181). – С. 83–86.
6. Стендові дослідження технології доставки експериментального зразка криогенно-гравійного фільтра по стовбуру бурової свердловини / А. О. Кожевников, А. К. Судаков, О. Ф. Камишацкий та ін. // Матер. міжнар. конф. «Форум гірників 2011». – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2011. – С. 120–125.

Поступила 13.06.12