

УДК 622.244.422

ДОСЛІЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОЦЕС ПРОМИВАННЯ СВЕРДЛОВИНИ ПРИ ВИРІЗАННІ ВІКНА В ОБСАДНІЙ КОЛОНІ

Чудик І.І., Пастух А.М., Дудич І.Ф.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Досліджено актуальне практичне питання впливу техніко-технологічних параметрів процесу промивання свердловини при вирізанні вікна в обсадній колоні. Запропоновано аналітичний підхід для визначення продуктивності бурового насоса, яка дозволить виносити із свердловини металевий шлам. Отримано низку графічних залежностей для визначення впливу техніко-технологічних параметрів на продуктивність бурового насоса з умови виносу металевих шламу. Встановлено, що найбільш вагомим чинником ефективного виносу шламу із свердловини є його розмір і реологічні параметри бурового розчину. Підтверджено можливість використання в процесі промивання свердловини при вирізанні бокового ствола серійного обладнання при нормальних режимах роботи.

Ключові слова: продуктивність бурового насоса, металевий шлам, вирізання вікна, обсадна колона, промивання свердловини.

Постановка проблеми. Серед основних проблем нафтогазової промисловості України виділяється скорочення обсягів загального видобутку вуглеводнів у міру виснаження запасів. Традиційні технології розробки нафтогазових родовищ, засновані на бурінні вертикальних і похило-спрямованих свердловин, дозволяють вилучати лише до 30% вуглеводнів. Тому останніх кілька років іде активний пошук ефективних методів збільшення нафтогазовіддачі продуктивних пластів із зменшенням затрат на їх освоєння. Одним з таких методів є буріння бокових стволів (БС) із фонду законсервованих, низькодебітних свердловин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні при розробці технологій спорудження БС з вищезгаданих свердловин приділяється багато уваги, особливо в техніко-технологічних підходах і методах їх реалізації [1-5]. Першочерговим і дуже важливим процесом при спорудженні

БС є вирізання вікна в обсадній колоні (ОК), що пов'язано із утворенням не тільки шламу гірської породи, а й металеві стружки. Для видалення останньої із зони утворення використовують традиційне промивання свердловини потоком очисного агента та спеціальні магнітні вловлювачі. Враховуючи те, що питома вага металеві стружки, утвореної від вирізання вікна в ОК, втричі більша від гірської породи, а її розмір – в рази менший, виникає необхідність до корегування параметрів режиму промивання свердловини в процесі буріння БС саме по величині продуктивності бурового насоса (БН) і густині промивального агента, його реологічних параметрів.

Виділення невирішених частин загальної проблеми. Під час промивання свердловин у процесі вирізання вікна в ОК використовують переважно технічну воду або малоглинистий буровий розчин (БР) [1-5]. Зважаючи на велику різницю між густиною промивного агента і

металевого шламу, очищення свердловини є складним і неефективним. Це потребує наукового вирішення проблеми якісного промивання свердловини під час вирізання вікна в ОК у процесі буріння БС.

Мета статті. Опираючись на вищенаведене основною метою роботи, виділеної в даній науковій публікації, є розроблення математичної моделі проектування продуктивності БН для промивання свердловини під час вирізання вікна в ОК. Для вирішення окресленої мети ставляться наступні **задачі дослідження**:

– формування математичного підходу для визначення величин і побудови моделі дослідження зміни продуктивності БН для забезпечення процесу промивання свердловини під час вирізання вікна в ОК;

– встановлення можливостей і ефективності використання під час вирізання вікна в ОК технічної води та малоглинистих БР для забезпечення процесу її промивання;

– дослідження швидкості піднімання металевого шламу по кільцевому простору (КП) свердловини і вивчення впливу на неї техніко-технологічних параметрів процесу;

– визначення впливу техніко-технологічних чинників на продуктивність БН і забезпечення ефективності процесу промивання під час вирізання вікна в ОК;

– формування техніко-технологічних пропозицій щодо підвищення якості очистки свердловини при вирізанні вікна в ОК.

Викладення основного матеріалу. Залежно від величини продуктивності БН, концентрація утвореного «металевого» шламу в БР у КП може змінюватися у широкому діапазоні від 2 до 5%, а то і більше. Останній ж параметр залежить від механічної швидкості буріння, реологічних властивостей БР і геометричних розмірів гідро-механічної системи [1-6].

За результатами досліджень [6; 7] для вибору ефективної продуктивності БН під час вирізування вікна в ОК використовують об'ємну концентрацію металевого шламу в КП, яка визначається за кількома підходами:

1. За густинами БР і металевого шламу:

$$C = \frac{\rho_{КП} - \rho_{БР}}{\rho_{ОК} - \rho_{БР}}, \quad (1)$$

де $\rho_{КП}$, $\rho_{БР}$, $\rho_{ОК}$ – відповідно густини БР в КП у бурильних трубах і металу ОК, в якій вирізається вікно.

2. За об'ємами БР і утвореного шламу у вигляді металевої стружки і уламків гірської породи в ньому [3]:

$$C = \frac{V_{ГП} + V_{М.ОК}}{V_{БР} + V_{ГП} + V_{М.ОК}}, \quad (2)$$

де $V_{ГП}$ – об'єм гірської породи, зруйнованої райбером при вирізанні вікна в ОК;

$V_{БР}$ – об'єм БР, яким виноситься шлам із свердловини при забезпеченні необхідної концентрації C .

$V_{М.ОК}$ – об'єм металу з вирізаного райбером вікна в ОК.

$$V_{М.ОК} \approx \delta_{ОК} S_B, \quad (3)$$

де $\delta_{ОК}$ – товщина стінки ОК, в якій вирізають вікно;

S_B – площа вирізаного вікна в ОК.

Згідно (рис. 1), по формі вікна, вирізаного в ОК, визначення її площі можливе при використанні залежності, наведеної в роботі [10]:

$$S_B = 4 \int_0^{b_1} dx \int_0^{\sqrt{\frac{x^2}{b_1^2}}} \sqrt{\frac{b_1^4 b^4 - b_1^2 b^4 x^2 - b_1^4 b^2 y^2 + b_1^2 b^2 x^2 + b_1^4 b^2 y^2}{b_1^4 b^4 - b_1^2 b^4 x^2 - b_1^4 b^2 y^2}} dy, \quad (4)$$

де b_i – геометричні параметри вікна, вирізаного в ОК, [9].

$$b = \frac{2(D_{ОК} - 3\delta_{ОК} - k)\cos(\alpha) - D_r + d_r}{4\sin(\alpha)}, \quad (5)$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{D_{ОК}^2}{4} - \left(\frac{D_{ОК} - D_r + \Delta}{8\Delta} + \frac{\Delta}{2}\right)^2}, \quad (6)$$

$$b_2 = \left(\frac{D_{ОК}}{2} - \delta_{ОК}\right) - \sqrt{\left(\frac{D_{ОК}}{2} - \delta_{ОК}\right)^2 - b_1^2}, \quad (7)$$

де $D_{ОК}$ – зовнішній діаметр ОК;

k – технологічний зазор між райбером і внутрішньою стінкою ОК;

α – кут скосу клинового відхилювача по відношенню до осі свердловини у вертикальній частині;

D_R і D_r – найбільший і найменший діаметри робочої частини райбера;

Δ – величина зміщення осі райбера відносно осі ОК (30-60 мм).

$$V_{ГП} \approx \frac{\pi}{4} D_r^2 L_r, \quad (8)$$

де L_r – довжина робочої частини райбера.

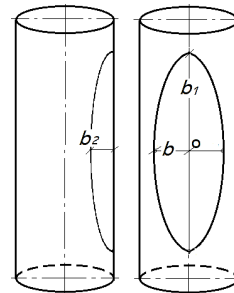


Рис. 1. Параметрична схема вирізаного вікна в ОК

Об'єднавши (2)- (8) та провівши перетворення, величина продуктивності БН з умови виносу шламу (за допустимої концентрації в $C = 3-5\%$ в БР КП) при встановленій механічній швидкості буріння визначається:

$$Q_1 = \left(\frac{\pi}{4} D_r^2 g_M + \frac{\delta_{ОК} S_B g_M}{L_r}\right) \left(\frac{1}{C} - 1\right), \quad (9)$$

де g_M – механічна швидкість фрезкування вікна в ОК.

3. За величиною механічної швидкості фрезкування вікна і осідання металевого шламу в КП вертикальної частини свердловини [6]:

$$C = \frac{g_M S_{ФР}}{(g - g_0) S_{КП}}, \quad (10)$$

де g_0 – швидкість осідання металевого шламу в КП;

g – швидкість підйому БР в КП свердловини; $S_{КП}$ – площа поперечного перерізу КП вертикального стовбура свердловини;

$$S_{КП} = \frac{\pi}{4} \left((D_{ОК} - 2\delta_{ОК})^2 - d_{БК}^2 \right), \quad (11)$$

де $d_{КП}$ – діаметр бурильної колони, яка використовується в процесі вирізання вікна в ОК.

Площа поверхні райбера $S_{ФР}$, яка максимально задіяна в руйнуванні металу ОК, цементного каменю і гірської породи визначається:

$$S_{ФР} = \frac{\pi}{2} (D_r + d_r) L_r \quad (12)$$

Для визначення g_0 використаємо залежність, запропоновану в [11]:

$$g_0 = \sqrt{a \left(\frac{\rho_{ОК}}{\rho_{БР}} - 1 \right) \frac{2g}{c}}, \quad (13)$$

де a – умовний розмір частинки металевого шламу ($a = 1,5 \div 3,5$ мм);

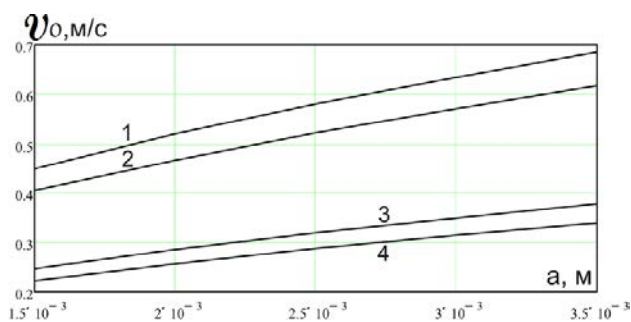
$c = 1,07 - 3,27$ – емпіричний коефіцієнт, який враховує вплив реологічних параметрів БР на його виносну здатність, [11].

Об'єднавши (10)- (13) величина продуктивності БН з умови забезпечення необхідної швидкості потоку БР в КП визначається:

$$Q_2 = \frac{\pi g_M}{2C} (D_r + d_r) L_r + S_{КП} \sqrt{a \left(\frac{\rho_{ОК}}{\rho_{БР}} - 1 \right) \frac{2g}{c}}. \quad (14)$$

Встановлені залежності (9) і (14) дозволяють визначати діапазон зміни величини продуктивності БН для забезпечення ефективного процесу промивання свердловини під час вирізання вікна в ОК. З їх використанням можна встановити діапазон зміни продуктивності БН для забезпечення високої ефективності виконання виробничого процесу.

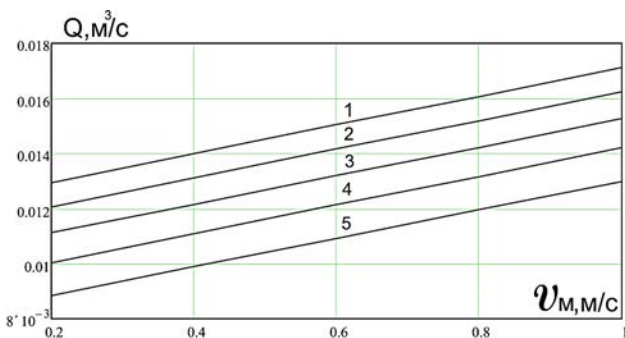
Для кількісної оцінки зміни технологічних параметрів процесу промивання свердловини під час вирізання вікна в ОК і було проведено відповідні розрахунки (по вихідних даних, наведених в таблиці 1) та отримано результати у вигляді графічних залежностей, рис. 2 – рис. 5.



$$1 - c = 1.07 \quad \rho_{БР} = 1000 \text{ кг/м}^3; \quad 2 - c = 1.07 \quad \rho_{БР} = 1200 \text{ кг/м}^3$$

$$3 - c = 3.27 \quad \rho_{БР} = 1000 \text{ кг/м}^3; \quad 4 - c = 3.27 \quad \rho_{БР} = 1200 \text{ кг/м}^3$$

Рис. 2. Залежність швидкості осідання шламу в БР від емпіричного коефіцієнту c , [11] і $\rho_{БР}$



$$1 - a = 3.5 \text{ мм}; \quad 2 - a = 3.0 \text{ мм}; \quad 3 - a = 2.5 \text{ мм};$$

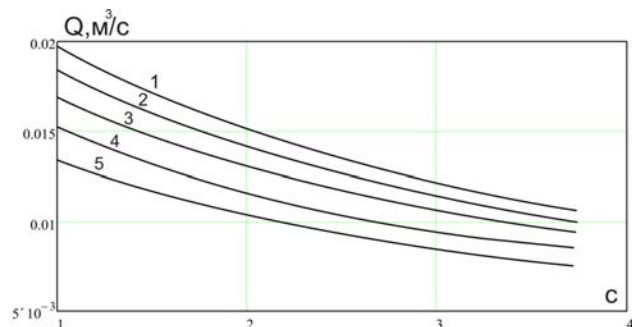
$$4 - a = 2.0 \text{ мм}; \quad 5 - a = 1.5 \text{ мм}$$

Рис. 4. Залежність величини продуктивності БН від механічної швидкості вирізання вікна в ОК

Таблиця 1
Вихідні параметри розрахунку

№ п/п	Вхідний параметр	Значення параметру
1.	Діаметр ОК	0.2445
2.	Товщина стінки ОК	0.01
3.	Кут скосу клина	2.5
4.	Діаметр райбера (великий)	0.19
5.	Діаметр райбера (малий)	0.15
6.	Довжина робочої частини райбера	0.7
7.	Технологічний зазор між райбером і ОК	0.048
8.	Механічна швидкість буріння під час вирізання вікна	0.25
9.	Допустима концентрація шламу в БР	0.02-0.05
10.	Зовнішній діаметр бурильної колони	0.127
11.	Густина БР	1000-1200
12.	Умовний розмір (діаметр) металевої стружки	0.001-0.003

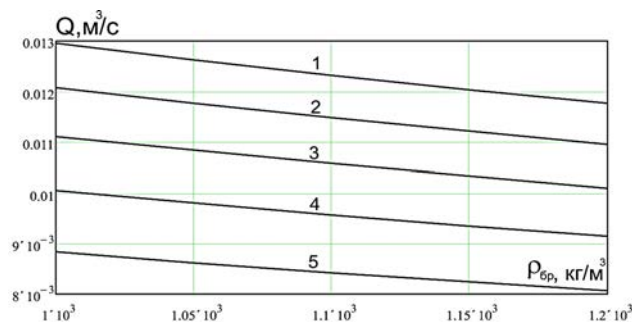
Висновки і пропозиції. 1. Запропоновано аналітичний підхід для проектування продуктивності БН з метою забезпечення процесу промивання свердловини під час вирізання вікна в ОК. При цьому враховано техніко-технологічні параметри вирізання вікна, особливості процесу промивання свердловини за цих умов. З його використанням визначено, що для забезпечення процесу видалення шламу із свердловини можна використовувати традиційні для буріння свердловин режими промивання в поєднанні з густиною БР від 1100 до 1200 кг/м³.



$$1 - a = 3.5 \text{ мм}; \quad 2 - a = 3.0 \text{ мм}; \quad 3 - a = 2.5 \text{ мм};$$

$$4 - a = 2.0 \text{ мм}; \quad 5 - a = 1.5 \text{ мм}$$

Рис. 3. Залежність величини продуктивності БН від емпіричного коефіцієнту c , [11]



$$1 - a = 3.5 \text{ мм}; \quad 2 - a = 3.0 \text{ мм}; \quad 3 - a = 2.5 \text{ мм};$$

$$4 - a = 2.0 \text{ мм}; \quad 5 - a = 1.5 \text{ мм}$$

Рис. 5. Залежність величини продуктивності БН від густини БР

2. Винесення металевого шламу потоком БР з низькими густинами (в межах 1000 кг/м^3) є мало-ефективним. Кращі результати при цьому досягаються за рахунок збільшення швидкості потоку БР в КП або збільшення реологічних параметрів БР. Видалення металевого шламу за цих умов суттєво покращується за рахунок зменшення швидкості осідання шламу в КП свердловини (рис. 2).

3. Проведено вивчення впливу техніко-технологічних чинників процесу промивання свердловини при вирізанні вікна в ОК і встановлено, що:

– при зміні розмірів металеві стружки a від 1.5 до 3.5 мм продуктивність БН збільшується приблизно в 1.8 разів по величині коефіцієнта c , а по значеннях величини a – вона зростає близько на 40% (рис. 3);

– при зміні механічної швидкості буріння від 0.25 до 1 м/год для забезпечення допустимої

концентрації шламу в БР, який виносить його при $C = 2\%$, продуктивність БН необхідно збільшувати до 40% для значень a від 1.5 до 3.5 мм, (рис. 4);

– при збільшенні густини БР від 1000 до 1200 кг/м^3 при цих же значеннях параметрів a від 1.5 до 3.5 мм та $C = 2\%$ спостерігається лінійне зменшення продуктивності БН до 10%.

5. Для виконання процесу вирізання вікна в ОК в якості очисного агента доцільно використовувати промивальні системи з густинами $1100\text{-}1200 \text{ кг/м}^3$ з високими тіксотропними властивостями. Це дозволить зменшити швидкість осідання шламу у висхідному потоці БР. Окрім того, для забезпечення процесу промивання свердловини під час вирізання вікна в ОК і подальшого буріння БС доцільно використовувати БН з регульованою подачею.

Список літератури:

1. Григорян Н. А., Григорян В. С. Экономика бурения наклонных скважин. – М.: Недра, 1977.
2. Климченко М. Г., Микерин Б. П. Восстановление бездействующих скважин методом резки второго ствола. – М.: Недра, 1965.
3. Восстановление бездействующих скважин резкой вторых стволов в АО «Татнефть» И. Г. Юсупов, Р. Г. Габдуллин, М. Ф. Асадуллин и др. // Нефтяное хозяйство. – 2001. – № 2. – С. 53-56.
4. Гасанов А. П. Восстановление аварийных скважин: Справочник. – М.: Недра, 1983.
5. Гилязов Р. М. Бурение нефтяных скважин с боковыми стволами. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2002.
6. Маковой Н. Гидравлика бурения. – М.: Недра, 1986.
7. Чудик І. І. Оптиміальна подача промивальної рідини на вибій свердловини при бурінні свердловини [Текст] І. І. Чудик, Р. Б. Бабій // Нафтогазова енергетика. – 2007. – № 3 (4). – С. 71-75.
8. Ясов В. Г. Вплив шламу вибуреної гірської породи у висхідному потоці бурового розчину на втрати тиску під час промивання свердловини / Ясов В. Г., Рибчин І. Й., Малярчук Б. М. // Нафтова і газова промисловість. – № 1. – 2000. – С. 15-16.
9. Воевідко І. В. Геометричні параметри вікна в обсадній колоні свердловини та специфіка проходження в ньому труб при бурінні бічних стовбурів у свердловині / Воевідко І. В., Чудик І. І. // Розвідка та розробка нафтових і газових нафтових і газових родовищ. – № 4 (37) – 2010. – С. 59-63.
10. Игнатъева А. В., Краснощекова Т. И., Смирнов В. Ф. Курс высшей математики, «Высшая школа», Москва 1968 г., 691 с.
11. Кожевников А. О. Аналитические исследования скорости оседания твердых тел в неподвижной жидкости / Кожевников А. О., Игнатов А. А. // Форум гірників – 2005. – Матеріали міжнародної конференції 12-14 жовтня 2005 р. – 2005. – С. 257-263.

Чудык И.И., Пастух А.М., Дудыч И.Ф.

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ПРОМЫВКИ СКВАЖИНЫ ПРИ ВЫРЕЗАНИИ ОКНА В ОБСАДНОЙ КОЛОННЕ

Аннотация

Исследован актуальный практический вопрос влияния технико-технологических параметров процесса промывки скважины при вырезании окна в обсадной колонне. Предложено аналитический подход для определения производительности бурового насоса, которая позволит выносить из скважины металлический шлам. Получен ряд графических зависимостей для определения влияния технико-технологических параметров на производительность бурового насоса из условия выноса металлического шлама. Установлено, что наиболее весомым фактором эффективного выноса шлама из скважины является его размер и реологические параметры бурового раствора. Подтверждена возможность использования в процессе промывки скважины при вырезании бокового ствола серийного оборудования при нормальных режимах работы.

Ключевые слова: производительность бурового насоса, металлический шлам, вырезанные окна, обсадная колонна, промывки скважины.

Chudyk I.L., Pastuch A.M., Dudych I.F.

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

RESEARCH OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS INFLUENCE ONTO WELL CLEANING QUALITY DURING CUTTING OUT OF CASING WINDOW

Summary

It has been investigated current question of technical and technological parameters influence onto well cleaning quality during cutting out of casing window. It is proposed analytical methodology for determining of mud pump rate to be able to wash out steel cuttings. It is determined that the most important parameters of well cleaning quality concerning to steel cuttings are mass of cuttings and drilling mud rheological parameters. It has been proved, that it is possible to use standard well equipment and normal operating condition for well cleaning when conducting casing window cutting out operation.

Keywords: mud pump rate, steel cuttings, cutting out of casing window, casing, well cleaning.