

© І.І. Чудик¹, І.Ф. Дудич¹

¹ Івано-Франківський Національний Технічний Університет Нафти і Газу, Івано-Франківськ, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОМИВАННЯ СВЕРДЛОВИН В РЕЖИМІ ПУЛЬСАЦІЇ

© I. Chudyk¹, I. Dudych¹

¹ Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE WELL FLUSHING PROCESS IN THE PULSATION MODE

Мета. Дослідити вплив пульсуючої течії промивальної рідини і техніко-технологічних параметрів процесу промивання свердловин на його ефективність за допомогою експериментальних досліджень.

Методика дослідження. Експериментальні дослідження процесу промивання свердловин виконано за допомогою використання загальних принципів математичного та фізичного моделювання. Обробка результатів виконувалась у середовищі MATHCAD PRIME і EXCEL. Моделювання процесу промивання свердловин виконувалось на розробленій експериментальній установці.

Результати дослідження. На основі положень теорії подібності і розмірностей сконструйовано експериментальну установку для моделювання процесу промивання свердловин. Для дослідження впливу технологічних параметрів і діапазону їх зміни на ефективність промивання свердловин побудовано план експерименту використовуючи метод «Тагуті». Досліджено вплив основних параметрів процесу промивання свердловин на якість винесення гірської породи: ексцентричне розміщення бурильної колони; тип промивальної рідини (реологічні властивості); розмір фракції гірської породи; частота пульсацій під час руху рідини; обертання бурильної колони; повздовжній рух бурильної колони. Зміна діапазону цих параметрів забезпечує зменшення об'єму осідання гірської породи на нижній стінці стовбура скерованої свердловини, що в свою чергу свідчить про позитивний вплив на промивання свердловин в цілому.

Наукова новизна. Встановлено залежності впливу пульсуючого потоку промивальної рідини та інших основних параметрів процесу на якість винесення гірської породи. Доведено, що пульсуюча промивка покращує процес очищення свердловин від шламу.

Практичне значення. Результати досліджень дозволяють зробити висновок про доцільність застосування пульсуючого потоку промивальної рідини для покращення винесення гірської породи із свердловин. Отримані дані є основою для подальших досліджень в напрямку покращення ефективності промивання свердловин.

Ключові слова: *свердловина, моделювання, критерії подібності, шлам, пульсуючий потік, обертання, повздовжні коливання, реологічні властивості.*

Вступ. Промивання свердловин – це складний техніко-технологічний процес, який включає в себе множини параметрів, здатних впливати на його перебіг. Дослідженню їх впливу на процес промивання свердловин присвячено багато до-

сліджень [1-3]. В основі цих робіт закладено вивчення окремих складових на якість самого процесу. Здебільшого це обумовлюється складністю вирішення багатofакторної техніко-технологічної задачі і потребує використання експериментальних досліджень, які дозволяють отримати очікуваний результат відповідної точності в лабораторних умовах на експериментальних установах та дослідних стендах. За постійної оптимізації процесу спорудження нафтогазових свердловин існує потреба в постійному вдосконаленні технології їх промивання і його коректуванні на основі нових результатів наукових досліджень.

Для ефективного моделювання процесу промивання свердловин при цьому необхідно враховувати максимально можливу кількість факторів на основі побудови системи критерії подібності та розроблення за ними експериментальної установки.

Формулювання мети статті та постановка завдання. Метою даної статті є вивчення впливу пульсуючого потоку промивальної рідини та інших основних параметрів процесу промивання свердловин на якість винесення гірської породи.

Завданнями дослідження є встановлення залежності впливу досліджуваних параметрів на покращення якості промивання свердловин за рахунок кращого винесення гірської породи із її стовбура.

Основна частина. На основі положень теорії подібності і розмірностей [4] для моделювання процесу промивання свердловини в лабораторних умовах пропонується використати основні параметри даної фізичної системи, де L – довжина каналу перетікання промивальної рідини, який умовно можна прирівняти до довжини бурильної колони (БК), $[L]=L$; EI – жорсткість на згин БК, $[EI]=L^3 \cdot M \cdot T^{-2}$; q – вага одиниці довжини БК, $[q]=M \cdot T^{-2}$; ω – кутова швидкість обертання БК, $[\omega]=T^{-1}$; $V_{\text{кп}}$ – швидкість руху промивальної рідини в кільцевому просторі, $[V_{\text{кп}}]=L \cdot T^{-1}$; g – прискорення вільного падіння, $[g]=L \cdot T^{-2}$. Основними одиницями вимірювання при цьому приймається: час – $[M]$; довжина – $[L]$; час – $[T]$.

З використанням розмірностей відповідних параметрів було отримано такі рівняння, які описано в роботі [4]:

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= (EI)^{\alpha_1} (g)^{\alpha_2} (q)^{\alpha_3} L \\ K_2 &= (EI)^{\beta_1} (g)^{\beta_2} (q)^{\beta_3} \omega \\ K_3 &= (EI)^{\xi_1} (g)^{\xi_2} (q)^{\xi_3} V_{\text{кп}} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

де α_i, β_i, ξ_i – невідомі коефіцієнти.

У разі використання незалежних параметрів із розмірностями $[M], [L], [T]$ система рівнянь (1) набуває вигляду:

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= (L^3 \cdot M \cdot T^{-2})^{\alpha_1} (L \cdot T^{-2})^{\alpha_2} (M \cdot T^{-2})^{\alpha_3} L = 1 \\ K_2 &= (L^3 \cdot M \cdot T^{-2})^{\beta_1} (L \cdot T^{-2})^{\beta_2} (M \cdot T^{-2})^{\beta_3} T^{-1} = 1 \\ K_3 &= (L^3 \cdot M \cdot T^{-2})^{\xi_1} (L \cdot T^{-2})^{\xi_2} (M \cdot T^{-2})^{\xi_3} L \cdot T^{-1} = 1 \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

При зведенні однотипних одиниць вимірювання отримано:

$$\left. \begin{aligned} (L)^{3\alpha_1 + \alpha_2 + 1} \cdot (M)^{\alpha_1 + \alpha_3} \cdot (T)^{-2\alpha_1 - 2\alpha_2 - 2\alpha_3} &= 1 \\ (L)^{3\beta_1 + \beta_2 + 1} \cdot (M)^{\beta_1 + \beta_3} \cdot (T)^{-2\beta_1 - 2\beta_2 - 2\beta_3 - 1} &= 1 \\ (L)^{3\xi_1 + \xi_2 + 1} \cdot (M)^{\xi_1 + \xi_3} \cdot (T)^{-2\xi_1 - 2\xi_2 - 2\xi_3 - 1} &= 1 \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Зіставлено однорідні показники степенів у відповідності до невідомих величин $\alpha_i, \beta_i, \zeta_i$ і отримано наступну систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} 3\alpha_1 + \alpha_2 + 1 &= 0 \\ \alpha_1 + \alpha_3 &= 0 \\ -2\alpha_1 - 2\alpha_2 - 2\alpha_3 &= 0 \\ 3\beta_1 + \beta_2 &= 0 \\ \beta_1 + \beta_3 &= 0 \\ -2\beta_1 - 2\beta_2 - 2\beta_3 - 1 &= 0 \\ 3\zeta_1 + \zeta_2 + 1 &= 0 \\ \zeta_1 + \zeta_3 &= 0 \\ -2\zeta_1 - 2\zeta_2 - 2\zeta_3 - 1 &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

У результаті розв'язку системи рівнянь (4) визначено:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_1 &= -\frac{1}{3}, \alpha_2 = 0, \alpha_3 = \frac{1}{3} \\ \beta_1 &= \frac{1}{6}, \beta_2 = -\frac{1}{2}, \beta_3 = -\frac{1}{6} \\ \zeta_1 &= -\frac{1}{6}, \zeta_2 = -\frac{1}{2}, \zeta_3 = \frac{1}{6} \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Підставляючи величини $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \zeta_i$ в (1) отримано:

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= \sqrt[3]{\frac{q}{EI}} \cdot L \\ K_2 &= \sqrt[6]{\frac{EI}{q}} \cdot \frac{\omega}{\sqrt{g}} \\ K_3 &= \sqrt[6]{\frac{q}{EI}} \cdot \frac{V_{\text{кп}}}{\sqrt{g}} \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Наведені критерії подібності K_i пов'язані однією величиною – безрозмірною одиницею довжини μ [4]:

$$\mu = \sqrt[3]{\frac{EI}{q}} \quad (7)$$

Зіставивши залежності (6) та (7) критерії подібності K_i набувають вигляду:

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= \frac{L}{\mu} \\ K_2 &= \omega \sqrt{\frac{\mu}{g}} \\ K_3 &= \frac{V_{\text{кп}}}{\sqrt{\mu \cdot g}} \end{aligned} \right\}. \quad (8)$$

Використовуючи необхідні та достатні умови подібності двох явищ або процесів [4], позначивши параметри моделі індексом «М» і натури – «Н» умови подібності набувають вигляду:

$$\left. \begin{aligned} \frac{L_H}{\mu_H} &= \frac{L_M}{\mu_M} \\ \omega_H^2 \mu_H &= \omega_M^2 \mu_M \\ V_{кп_H}^2 \mu_H &= V_{кп_M}^2 \mu_M \end{aligned} \right\} (9)$$

Відповідно до системи рівнянь (9) для моделювання бурильних труб діаметром 101,6 мм необхідним є застосування труби діаметром 13 мм, для діаметра свердловини 181 мм (діаметр долота 165,1 мм і лінійний коефіцієнт кавернозності 1,1) труби діаметром 23,2 мм (рис.1.).

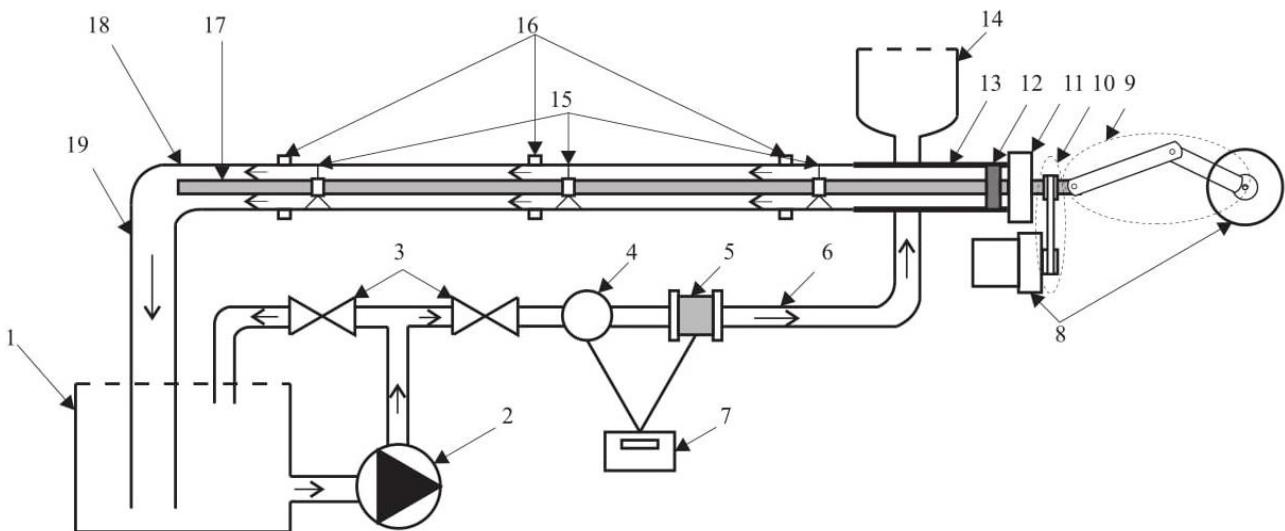


Рис. 1. Схема експериментальної установки для моделювання процесу промивання свердловин: 1 – резервуар для рідини; 2 – насос; 3 – крани для регулювання витрати промивальної рідини; 4 – датчик витрати промивальної рідини; 5 – електромагнітний клапан; 6 – нагнітальна лінія; 7 – блок керування; 8 – мотор-редуктор; 9 – кривошипно-шатунний механізм; 10 – пасова передача; 11 – сальник; 12 – підшипник; 13 – пластикова труба; 14 – резервуар для подачі гірської породи; 15 – центратори бурильної колони; 16 – датчики відстані; 17 – алюмінієвий стержень із резиновим шлангом; 18 – скляна труба; 19 – викидна лінія

Для моделювання бурильних труб згідно (2) застосовується алюмінієвий стержень на який надітий резиновий шланг зовнішнім діаметром 13 мм. Для моделювання стовбура свердловини в основній частині застосовується скляна трубка із внутрішнім діаметром 23,2 мм і товщиною стінки 1,4 мм.

З робочої ємкості (1) за допомогою відцентрового насоса (2) промивальна рідина рухається по нагнітальній лінії (6) до кільцевого простору основної частини установки. Тут розташовані регульовані крани (3) і датчик витрати промивальної рідини (4), а також електромагнітний клапан (5). Електромагнітний клапан створює пульсуючий потік промивальної рідини. Разом із датчиком витрати рідини, він підключений до

блоку керування (7), за допомогою якого здійснюється керування установкою і на екрані якого виводяться параметри його роботи. До моделі бурильної колони під'єднано два двигуни-редуктори (8). Один з них за допомогою пасової передачі (10) здійснює обертання вала навколо своєї осі, інший за допомогою кривошипно-шатунного механізму (9) здійснює рух вала вздовж осі. На одному з кінців модельованої бурильної труби встановлено сальник (11) для герметизації кільцевого простору і підшипник (12) для забезпечення якісного обертання вала. Також до цієї труби під'єднано резервуар для подачі гірської породи (14) з витратою, що моделює проходку 1 м/год. Для центрування і задання певного ексцентриситету відповідного розташування бурильної колони на валу розташовані центратори (15). Датчики відстані (16), за допомогою яких фіксується висота осідання гірської породи кріпляться до скляної труби (18). Промивальна рідина після скляної трубки по викидній лінії (19) потрапляє в робочу ємність, після чого відбувається повторний цикл.

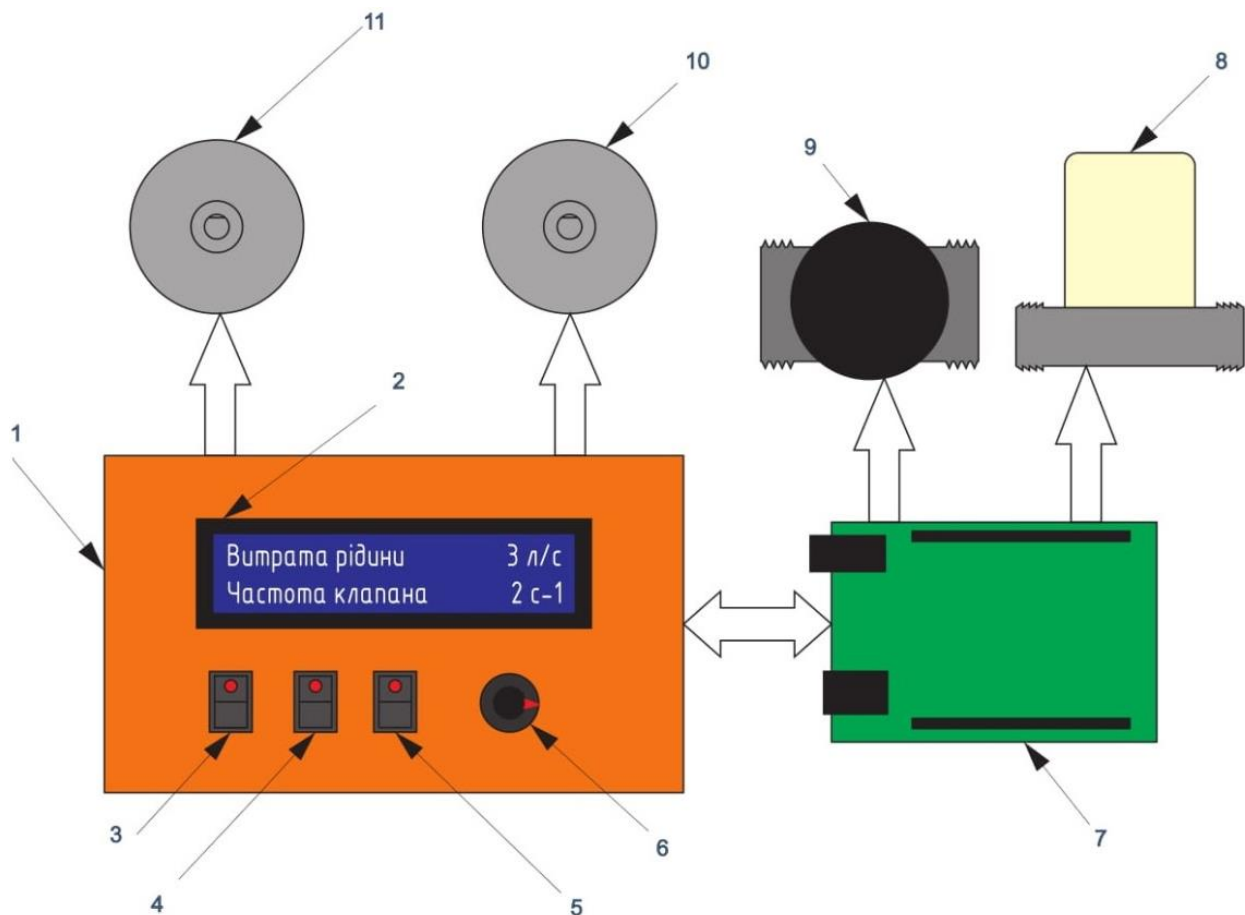


Рис. 2. Схема керування експериментальною установкою: 1 – блок керування; 2 – екран; 3 – вкл/викл. двигуна обертання бурильної колони; 4 – вкл/викл. двигуна повздовжнього руху вала; 5 – вкл/викл. клапана пульсації; 6 – енкодер для регулювання частоти пульсації; 7 – керуюча плата; 8 – електромагнітний клапан; 9 – датчик витрати промивальної рідини; 10 – двигун для повздовжнього руху бурильної колони; 11 – двигун для обертання бурильної колони

Управління установкою здійснюється за допомогою блоку керування відповідно до схеми, зображеної на рисунку 2. На його передній панелі встановлено кнопки (3,4,5) для

ввімкнення двигунів обертання (11) і осевого переміщення бурильної колони (10), її руху вздовж осі, та подачі струму на електромагнітний клапан (8) для створення пульсацій розчину. Також на панелі знаходиться енкодер (6) для зміни частоти роботи електромагнітного клапана і екран (2), на який виводяться основні параметри роботи установки.

Оскільки, промивання свердловин – це складний процес, на якість перебігу котрого можуть впливати різноманітні параметри, нами було розглянуто вплив наступних параметрів при проведенні лабораторних досліджень:

- ексцентричне розміщення бурильної колони;
- пластична в'язкість промивальної рідини;
- розмір фракції гірської породи;
- частота пульсацій під час руху рідини;
- обертання бурильної колони;
- повздовжній рух бурильної колони.

Для оцінки впливу цих параметрів діапазон їх зміни було прийнято на трьох рівнях. Після проведення тестових досліджень оцінки впливу цих параметрів діапазон їх зміни було прийнято на трьох рівнях з наступними значеннями параметрів: ексцентриситет бурильної колони – 0,0003; 0,0034 і 0,0051 м; розмір фракції гірської породи – 0,063-0,16; 0,16-0,4 і 0,4-0,8 мм; пластична в'язкість промивальної рідини – 1,3; 5; 7 Па·с; частота пульсацій – 0; 8 і 16 Гц; обертання та повздовжній рух бурильної колони – відсутній; періодичний і постійний.

Для оцінки впливу цих параметрів можуть бути використані різні плани експериментів [5]: повний факторний експеримент; дробовий факторний експеримент; центральні композиційні плани; метод латинських квадратів та інші.

Таблиця 1

План експерименту для оцінки впливу параметрів на процес винесення гірської породи

Дослід	Параметри і діапазон їх зміни					
	ексцентриситет бурильної колони, мм	пластична в'язкість, Па·с	розмір фракції гірської породи, мм	частота пульсацій, Гц	обертання бурильної колони	повздовжнє переміщення бурильної колони
1	0,0051	1,3	0,063-0,1	0	відсутнє	відсутній
2	0,0034	5	0,16-0,4	8	періодичне	періодичне
3	0,0003	7	0,4-0,8	16	постійне	постійне
4	0,0051	1,3	0,16-0,4	8	постійне	постійне
5	0,0034	5	0,4-0,8	16	відсутнє	відсутнє
6	0,0003	7	0,063-0,1	0	періодичне	періодичне
7	0,0051	5	0,063-0,1	16	періодичне	постійне
8	0,0034	7	0,16-0,4	0	постійне	відсутнє
9	0,0003	1,3	0,4-0,8	8	відсутнє	періодичне
10	0,0051	7	0,4-0,8	8	періодичне	відсутнє
11	0,0034	1,3	0,063-0,1	16	постійне	періодичне
12	0,0003	5	0,16-0,4	0	відсутнє	постійне
13	0,0051	5	0,4-0,8	0	постійне	періодичне
14	0,0034	7	0,063-0,1	8	відсутнє	постійне
15	0,0003	1,3	0,16-0,4	16	періодичне	відсутнє
16	0,0051	7	0,16-0,4	16	відсутнє	періодичне
17	0,0034	1,3	0,4-0,8	0	періодичне	постійне
18	0,0003	5	0,063-0,1	8	постійне	відсутнє

Для побудови плану експерименту згідно наших даних було використано план «Тагуті» для 6 факторів із 3 рівнями. Результати побудованого плану експерименту наведено в таблиці 1.

Під час проведення попередніх досліджень було визначено мінімальну витрату промивальної рідини, при якій не відбувається осідання шламу. Після чого з певним кроком її зменшували до значення, при якому відбувалось масштабне зашламування початкової ділянки лабораторної установки (вибій свердловини), що під час буріння призвело б до ускладнення чи аварії. При кожному значенні фіксувалось витрату промивальної рідини за допомогою датчиків відстані значення висоти осідання гірської породи записуючись на керуючу плату. Після обробки результатів отримано значення об'єму осідання гірської породи на нижній стінці свердловини. Результати проведених досліджень наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати експерименту для оцінки впливу параметрів на процес транспортування гірської породи потоком промивальної рідини

Дослід	Результати експериментів	Витрати промивальної рідини, л/с									
		0,198	0,189	0,167	0,156	0,139	0,127	0,109	0,094	0,083	0,075
1	Об'єм осідання гірської породи, мм ²	0,049	0,133	0,1634	0,3074	0,4629	0,9244	1,586	3,312	4,02	5
2		0	0,059	0,0909	0,1753	0,3158	0,5599	0,9804	1,549	2,29	3,386
3		0	0,041	0,0592	0,1192	0,1775	0,4304	0,7794	1,197	1,734	2,418
4		0	0,059	0,1006	0,2056	0,3464	0,5828	0,9917	1,853	2,416	3,612
5		0	0,053	0,0895	0,1711	0,2921	0,5089	0,9264	1,419	2,169	2,97
6		0	0,053	0,0857	0,1331	0,2483	0,5013	0,8395	1,221	1,976	2,724
7		0	0,057	0,0875	0,1536	0,2869	0,4809	0,9	1,233	2,059	2,877
8		0	0,067	0,1246	0,1994	0,3551	0,7099	1,093	2,086	2,608	3,723
9		0	0,054	0,0888	0,1517	0,2409	0,5205	0,8528	1,363	1,924	2,775
10		0	0,074	0,1371	0,2139	0,3745	0,6781	1,211	2,317	2,632	3,961
11		0	0,042	0,0745	0,1301	0,2264	0,4585	0,7945	1,21	1,697	2,492
12		0	0,056	0,1091	0,2045	0,3369	0,5845	1,007	1,883	2,435	3,608
13		0,252	0,076	0,1373	0,2321	0,3955	0,752	1,22	2,53	3,227	4,366
14		0	0,056	0,0857	0,1585	0,2702	0,5013	0,8625	1,364	1,91	2,677
15		0	0,053	0,0829	0,1463	0,2218	0,5089	0,848	1,302	1,85	2,623
16		0	0,066	0,1289	0,207	0,3586	0,6494	1,079	2,116	2,53	3,799
17		0	0,073	0,1331	0,2152	0,369	0,6764	1,207	2,318	2,58	3,767
18		0	0,054	0,077	0,1517	0,2092	0,47	0,8329	1,262	1,79	2,579

Витрата промивальної рідини є одним із найбільш вагомих параметрів впливу на зменшення об'єму осідання шламу на нижній стінці свердловини. Саме її зменшення під час проведення лабораторних досліджень призводило до збільшення об'єму осідання шламу в кільцевому просторі.

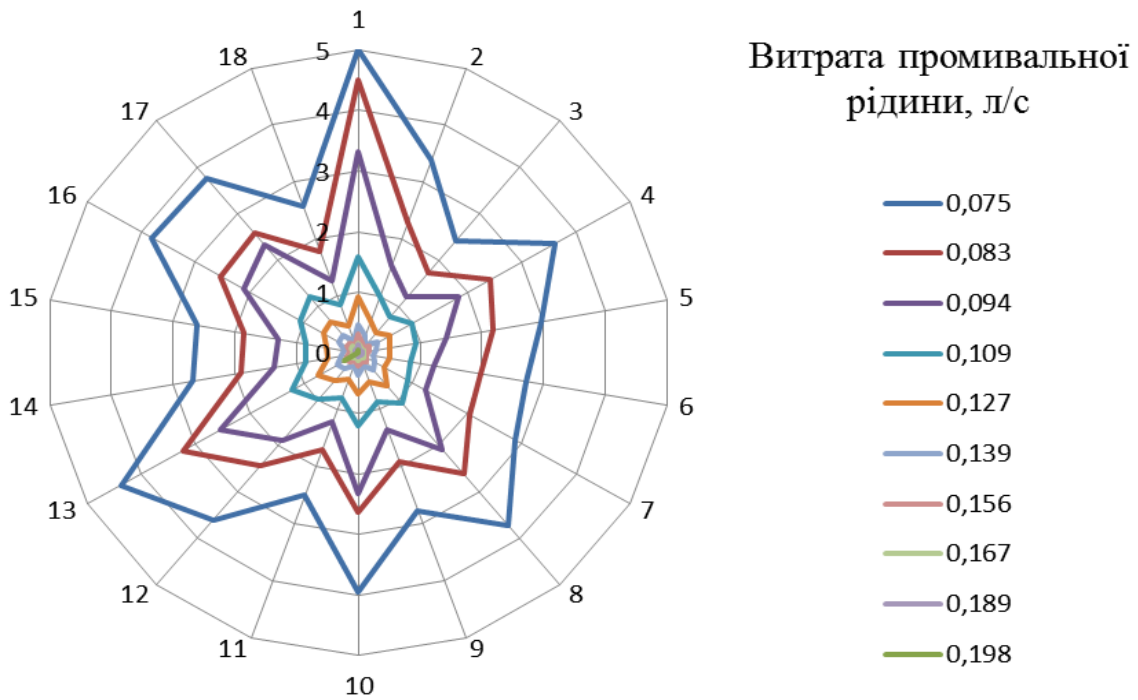


Рис. 3. Залежність об'єму осідання шламу від витрати промивальної рідини

Під час проведення досліджень встановлено, низку параметрів, які позитивно впливають на якість винесення шламу потоком бурового розчину (рис.4).

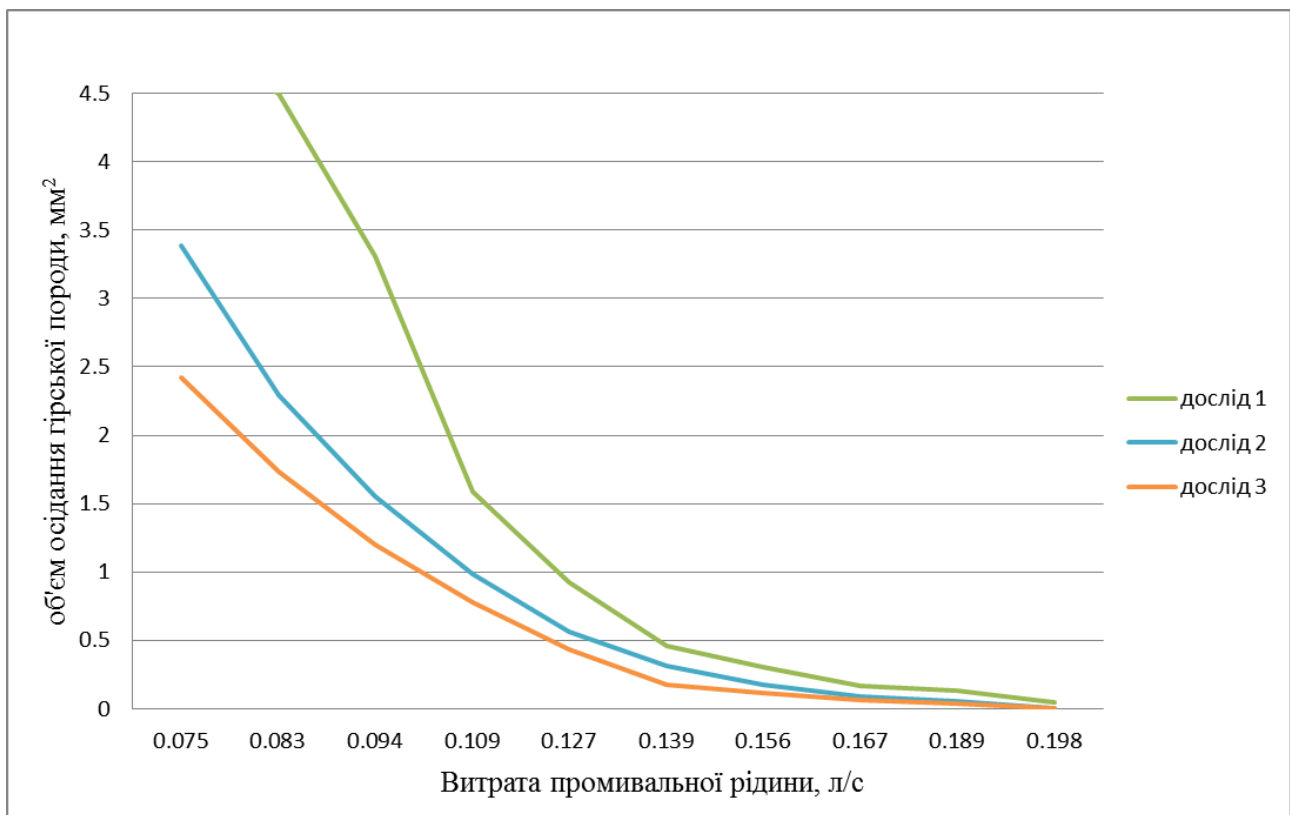


Рис. 4. Залежність об'єму осідання шламу від параметрів впливу

Для детальнішої інтерпретації впливу низки параметрів на промивання свердловини конкретизуємо їх вплив на зміну об'єму осідання шламу (рис. 5, 6).

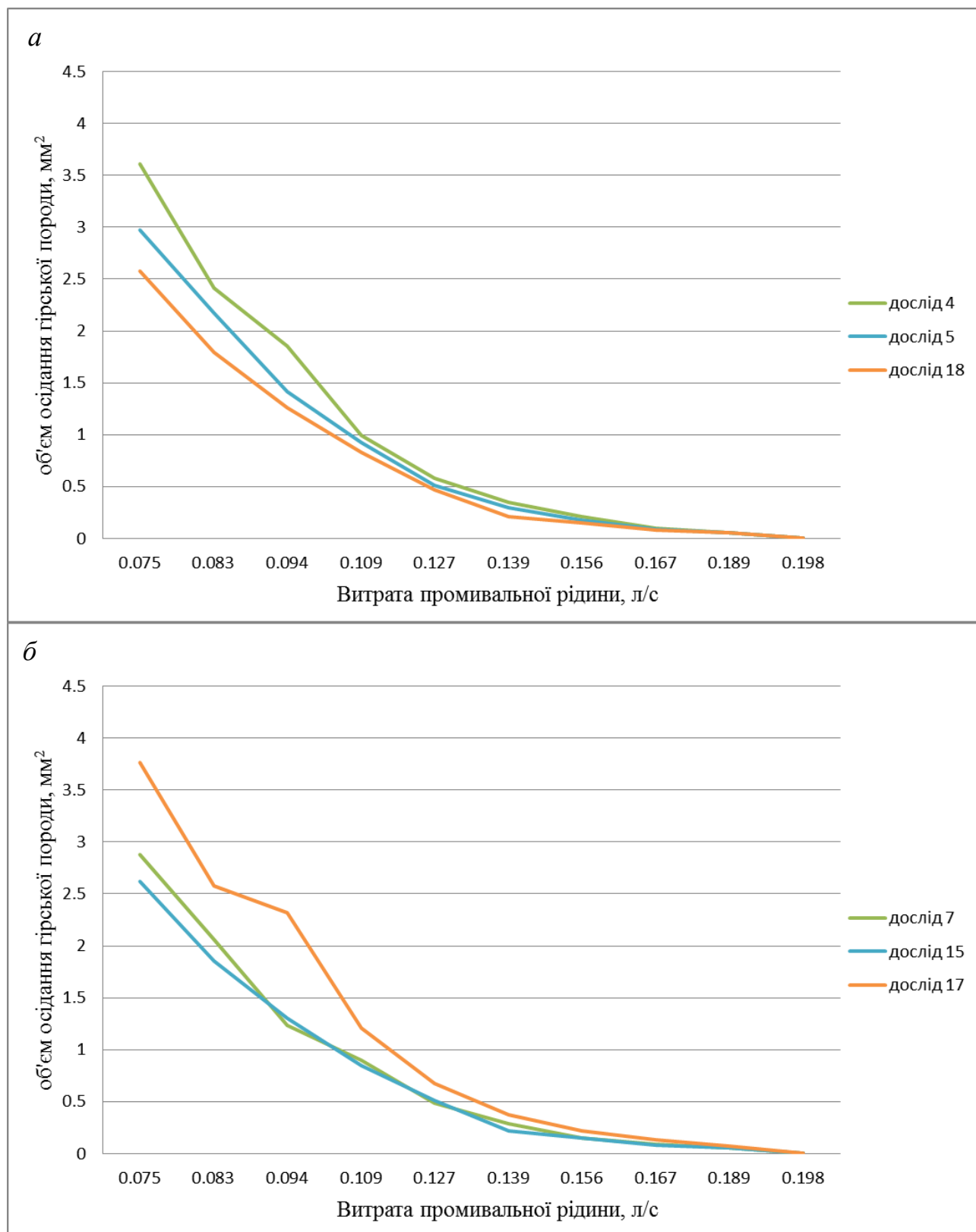


Рис. 5. Залежність об'єму осідання шламу в кільцевому просторі стовбура свердловини від пластичної в'язкості промивальної рідини та ексцентриситету (а) і від розміру фракції шламу (б)

Встановлено, що зменшення об'єму осідання шламу відбувається при зменшенні ексцентриситету у промивальній рідині з кращою пластичною в'язкістю.

Зміна розміру фракції шламу покращує його винесення. Проте, вплив інших параметрів є більш вагомим, що призводить до складності оцінки впливу розміру фракції шламу.

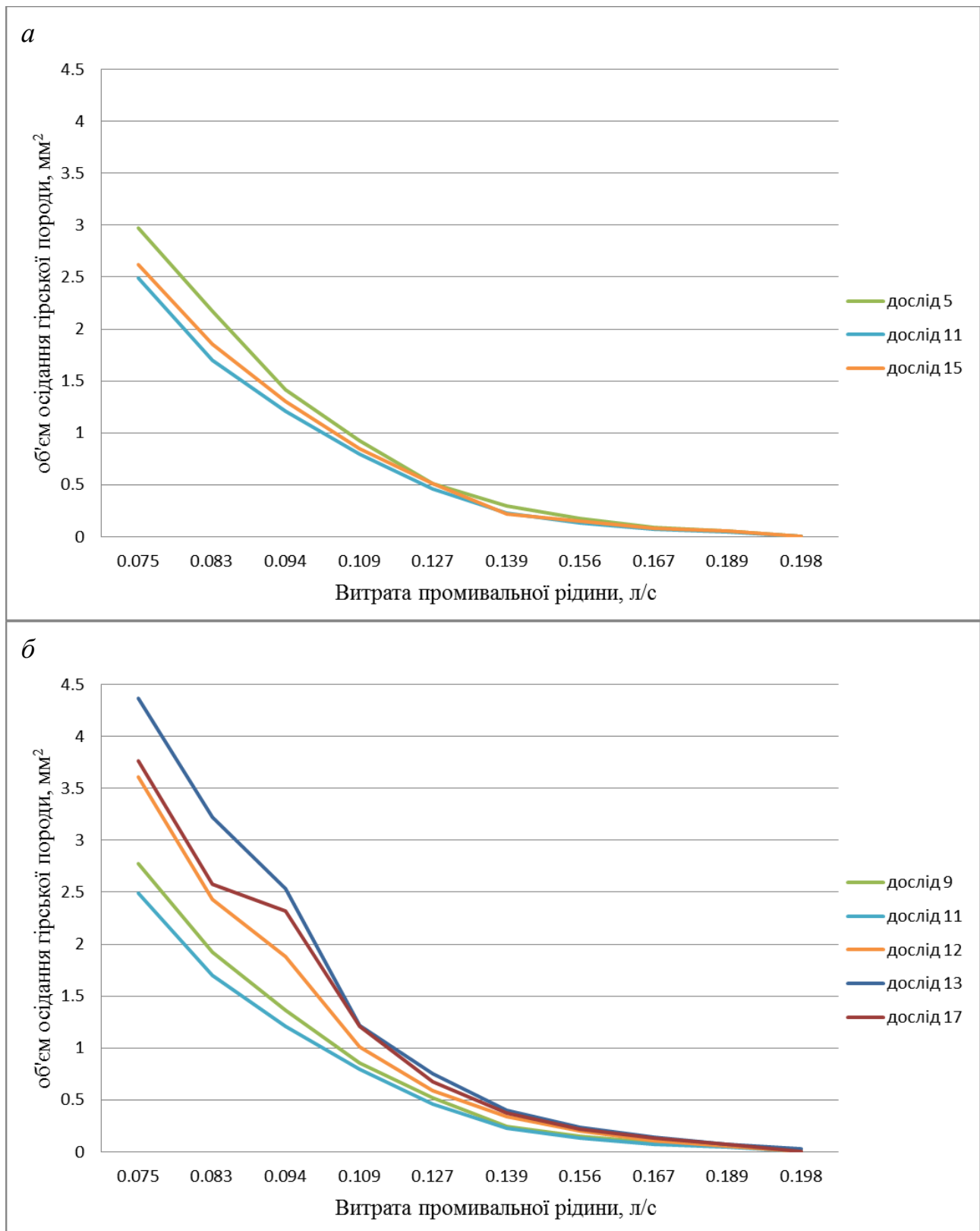


Рис. 6. Залежність об'єму осідання шламу від обертання та коливання бурильної колони (а) та від частоти пульсацій (б)

Обертання та коливання бурильної колони суттєво покращують якість винесення гірської породи за рахунок створення руху колони і її дії на можливі місця скупчення шламу в кільцевому просторі. Створення пульсуючого потоку промивальної рідини призводить до зменшення об'єму осідання шламу і покращення процесу промивання свердловин в цілому. У дослідження 12, 13, 17, в яких були відсутні пульсації (рис. 6, б) спостерігається великі значення об'єму осідання шламу. При створенні і збільшенні частоти пульсацій (дослід 9 і 15) об'єм осідання гірської породи зменшується, що підтверджує позитивний вплив пульсуючої промивки на процес промивання свердловин.

Дослідження показали, що зміна параметрів дозволяє зменшити витрату промивальної рідини для якісного винесення шламу, що є важливим під час буріння свердловин. Найбільш істотним і цікавим з точки зору подальших досліджень параметром є частота пульсацій під час руху рідини і рух бурильної колони в стовбурі свердловини.

Висновки. Побудовано план експерименту, для багатофакторної оцінки впливу на транспортування шламу в кільцевому просторі. З використанням лабораторної установки проведено експериментальні дослідження для визначення значимості впливу параметрів і їх діапазону зміни на об'єм осідання шламу на нижній стінці стовбура свердловини. Побудовано оцінки впливу цих параметрів на якість винесення гірської породи. Встановлено, що створення пульсуючого потоку промивальної рідини в кільцевому просторі і рух бурильної колони в стовбурі свердловини суттєво дозволяють зменшити кількість шламу на нижній стінці свердловини, що призведе до покращення процесу буріння в цілому. Оцінено можливість зменшення витрати промивальної рідини за рахунок дії певних параметрів.

Перелік посилань

1. Крылов В.И., & Крецул В.В. (2000). Гидродинамические особенности бурения горизонтальных скважин. *Бурение скважин*, 6, 18-21.
2. Тунгусов С.А. (2009) *Повышение эффективности промывки скважин за счет использования пульсирующего потока*. Дис.: канд. техн. наук.
3. Хабибуллин И.А. (2008). *Совершенствование процессов транспортирования выбуренной породы при проходке горизонтальных скважин*. Дис.: канд. техн. наук.
4. Чудик І.І. (2011). *Розвиток наукових основ буріння скерованих свердловин з мінімальними витратами енергії*. Дис.: док. техн. наук.
5. Мислюк М.А., & Салижин Ю.М. (2007). Система вибору оптимальних рецептур обробки бурових розчинів. *Нафтова і газова промисловість*, 5, 25-28.

АННОТАЦІЯ

Цель. Исследовать влияние пульсирующего потока промывочной жидкости и технико-технологических параметров процесса промывки скважин на его эффективность с помощью экспериментальных исследований.

Методика исследования. Экспериментальные исследования процесса промывки скважин выполнены с помощью использования общих принципов математического и физического мо-

делирования. Обработка результатов выполнялась в среде MATHCAD PRIME и EXCEL. Моделирование процесса промывки скважин выполнялось на разработанной экспериментальной установке.

Результаты исследования. На основе положений теории подобия и размерностей сконструирована экспериментальная установка для моделирования процесса промывки скважин. Для исследования влияния технологических параметров и диапазон их изменения на эффективность промывки скважин построено план эксперимента используя метод «Тагути». Исследовано влияние основных параметров процесса промывки скважин на качество вынесения горной породы: эксцентричное размещение бурильной колонны; тип промывочной жидкости (реологические свойства); размер фракции горной породы; частота пульсаций во время движения жидкости; вращение бурильной колонны; продольное движение бурильной колонны. Изменение диапазона этих параметров обеспечивает уменьшение объема оседания горной породы на нижней стенке ствола направленной скважины, что в свою очередь свидетельствует о положительном влиянии на промывку скважин в целом.

Научная новизна. Установлены зависимости влияния пульсирующего потока промывочной жидкости и других основных параметров процесса на качество вынесения горной породы. Доказано, что пульсирующая промывка улучшает процесс очистки скважин от шлама.

Практическое значение. Результаты исследований позволяют сделать вывод о целесообразности применения пульсирующего потока промывочной жидкости для улучшения вынесения горной породы из скважин. Полученные данные являются основой для дальнейших исследований в направлении улучшения эффективности промывки скважин.

Ключевые слова: скважина, моделирование, критерии подобия, шлам, пульсирующий поток, вращение, продольные колебания, реологические свойства.

ABSTRACT

Objective is to study the influence of pulsating currents of the flushing fluid and technical and technological factors of the well flushing process on its effectual search using experimental studies.

Research methodology. Experimental studies of the well flushing process were performed using the general principles of mathematical and Physical Modeling. The results were processed in MATHCAD PRIME and EXCEL environments. Modeling of the well flushing process was performed on the developed experimental unit.

Research results. The experimental setup for modeling the well flushing process is designed on the basis of the provisions of the theory of similarity and dimensions. The experiment plan is designed to study the influence of technological factors and the range of their changes on the efficiency of well flushing using the Taguchi method. The influence of the main parameters of the well flushing process was studied on the quality of rock removal: eccentric placement of the drill string; type of flushing fluid (rheological properties); size of the rock fraction; ripple frequency during fluid movement; rotation of the drill string; longitudinal movement of the drill string. Changing the range of these factors reduces the area of rock sedimentation on the lower wall of the directed wellbore, which in turn indicates a positive effect on the well flushing as a whole.

Originality. Dependences of the influence of the pulsating flow of the flushing fluid and other main parameters of the well flushing process are established on the quality of rock removal. It is proved that pulsating flushing improves the process of cleaning wells from sludge.

Practical implications. The results of the research allow us to conclude that it is advisable to use a pulsating flow of washing liquid to improve the removing rock from the wellbore. The data obtained are the basis for further research in the direction of improving the efficiency of well flushing.

Keywords: *well, modeling, similarity criteria, sludge, pulsating flow, rotation, longitudinal vibrations, rheological properties.*