

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ВИНЕСЕННЯ ТВЕРДОЇ ФАЗИ З ВИБОЮ ГАЗОВОЇ СВЕРДЛОВИНИ ЗАСТОСУВАННЯМ ПІННИХ СИСТЕМ

Р.М. Кондрат, Н.С. Дремлюх, А.В. Угриновський, А.І. Ксеніч

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727141,  
e-mail: public@nuing.edu.ua

*Показано негативні наслідки надходження піску із пласта в свердловину. Охарактеризовано методи очищення вибою свердловин від піщаних корків.*

*Розглянуто характеристики промивальних агентів, їх властивості та критерії, на основі яких необхідно вибирати промивальні агенти для здійснення технологічних операцій у свердловинах.*

*На лабораторній моделі свердловини проведено експериментальні дослідження швидкості винесення твердої фази із моделі пінними системами. За результатами експериментальних досліджень побудовано та проаналізовано графічні залежності швидкості винесення частинки піску піною від її діаметру при використанні водних розчинів піноутворюючих ПАВ з різною масовою концентрацією і стабілізатора піни.*

*За результатами дослідження підібрано склад піни, яка характеризується високою стійкістю і виносною здатністю, що попереджує випадання із піни частинок піску по шляху її руху з вибою свердловини на поверхню.*

**Ключові слова:** свердловина, піщаний корок, швидкість винесення, промивання свердловини, піноутворення.

*Показано негативные последствия поступления песка из пласта в скважину. Охарактеризованы методы очистки забоя скважин от песчаных пробок.*

*Рассмотрены характеристики промывочных агентов, их свойства, и критерии, на основе которых необходимо выбирать промывочные агенты для осуществления технологических операций в скважинах.*

*На лабораторной модели скважины проведены экспериментальные исследования скорости выноса твердой фазы с модели пенными системами. По результатам экспериментальных исследований построены и проанализированы графические зависимости скорости выноса частиц песка пеной от их диаметра при использовании водных растворов пенообразующих ПАВ различной массовой концентрации и стабилизатора пены.*

*По результатам исследования подобран состав пены, которая характеризуется высокой устойчивостью и выносной способностью, что предупреждает выпадение из пены частиц песка по пути ее движения из забоя скважины на поверхность.*

**Ключевые слова:** скважина, песчаная пробка, скорость выноса, промывка скважины, пенообразование.

*The negative consequences of the formation sand entry have been shown. The methods of borehole bottom cleaning from sand plugs have been described.*

*The characteristics of the flushing fluids, their properties, and the criteria by which the fluids have to be chosen for carrying out working operations in wells have been examined.*

*Experimental studies of the rate of the solids flow back from the model, applying foam systems have been conducted with the help of the laboratory well model. Due to the results of the experimental studies graphical dependences of the sand removal rate by using foam on its diameter when applying water solutions of foaming surfactants of different mass concentration and foam stabilizer have been analyzed.*

*Due to the results of the experimental studies the foam composition has been chosen, which is characterized by high stability and bearable ability. This will alert about the fallout of sand particles from the foam that are on their way to the surface from the bottomhole.*

**Keywords:** borehole, sand plug, removal rate, well washing, foaming.

### Постановка проблеми дослідження

Значна кількість газових і газоконденсатних родовищ України перебуває на пізній стадії розробки, яка характеризується: істотним зниженням пластового тиску, низькодебітністю і обводненням свердловин, інтенсифікацією процесів корозії обладнання та солевідкладень, руйнуванням привибійної зони пласта та рядом інших негативних чинників.

Експлуатація газових і газоконденсатних свердловин з нестійкими колекторами супроводжується винесенням із пласта частинок породи, що призводить до скучення твердої фази на вибої свердловин з утворенням піщаних ко-

рків, абразивного зношування підземного і наземного обладнання свердловин, порушення стійкості і обвалювання порід у привибійній зоні, прихоплення насосно-компресорних труб (НКТ), закупорювання піском прохідних отворів окремих елементів обладнання свердловин [1]. Ці чинники призводять до зниження продуктивності свердловини, аж до її повної зупинки.

Інтенсивне накопичення твердої фази на вибої свердловин і виникнення аварійних ситуацій починається, коли швидкість руху газу на вході в НКТ стає нижчою від мінімально необхідної (критичної) швидкості для винесення частинок породи на поверхню.

### Відомі методи боротьби з піщаними корками

На сьогоднішній день ліквідацію піщаних корків у свердловинах здійснюють періодичним промиванням свердловин методом циркуляції рідини або очищенням гідробурами та іншими пристроями [2-6]. Вибір способу ліквідації корка залежить від ступеня його сипкості.

Методи очищення свердловин від піщаних корків гідробурами малоефективні і застосовуються для неглибоких свердловин за невеликої товщини корка. Більш раціональним способом очищення свердловин від піщаних корків є промивання різними промивальними агентами.

Вибір промивального агента залежить від стану привибійної зони пласта, а також величини пластового тиску [7-9].

Промивальні агенти, які застосовують для промивання свердловин методом циркуляції рідини, поділяють на нестисливі (вода, сольові розчини, легкі фракції нафти, кислоти і рідкі біополімерні суміші) і стисливі (сухий стиснений газ, аеровані рідини і піни) [7, 10-11].

На виснажених родовищах свердловини характеризуються низькими пластовими тисками, які змінюються у межах від 10 до 50% відносно гідростатичного тиску. За цих умов промиванням водою не вдається винести зі стовбура свердловини весь піщаний корок. Частина піску разом із водою проникає у пласт внаслідок сильного поглинання, що викликає додаткове руйнування привибійної зони пласта, а іноді призводить і до деформації експлуатаційної колони [4, 12].

Нестисливі промивальні агенти використовують, якщо пластовий тиск є близьким до гідростатичного тиску.

На виснажених газових родовищах для ліквідації піщаних корків застосовують стисливі промивальні агенти. Зазвичай використовують газ (здебільшого – азот). Перевагами азоту є нетоксичність, інертність, погане розчинення у воді і вуглеводневих рідинах. Використання азоту дає змогу різко понизити величину протитиску на вибій свердловини. Однак у порівнянні з пінними системами використання азоту для ліквідації піщаних корків потребує використання компресорів великої потужності [13].

До ефективних стислих промивальних агентів відносять аеровані рідини і піни [12]. В основному промивання свердловин здійснюють аерованими рідинами з густиною 720-840 кг/м<sup>3</sup>. Піни мають ряд переваг перед газоподібними і аерованими системами, а саме: підвищену стійкість: можливість регулювання густини в широкому діапазоні; краєву виносну здатність за рахунок флотаційного ефекту; низьку фільтраційну здатність; підвищену в'язкість; здатність тимчасово блокувати пористе середовище при свердловинній зоні пласта [14-15].

Пінні системи, на відміну від нестисливих рідин, мають меншу густину і високу несучу (утримувальну) здатність, що дозволяє промивати свердловини без негативного впливу на

пласт, порівняно з іншими промивальними агентами [15-19].

У нафтогазопромисловій практиці використовують такі види піни: двофазну (отримують шляхом аерації води, обробленої ПАР), трифазну (готують шляхом аерації глинистого розчину з додаванням ПАР), пінокислотну (отримують шляхом аерації кислотного розчину з додаванням ПАР).

Двофазні піни використовують для: промивання піщаних корків у свердловинах з пластовим тиском, який становить 0,2 – 0,7 від гідростатичного тиску;

освоєння свердловин: видалення рідини з вибою газових і газоконденсатних свердловин.

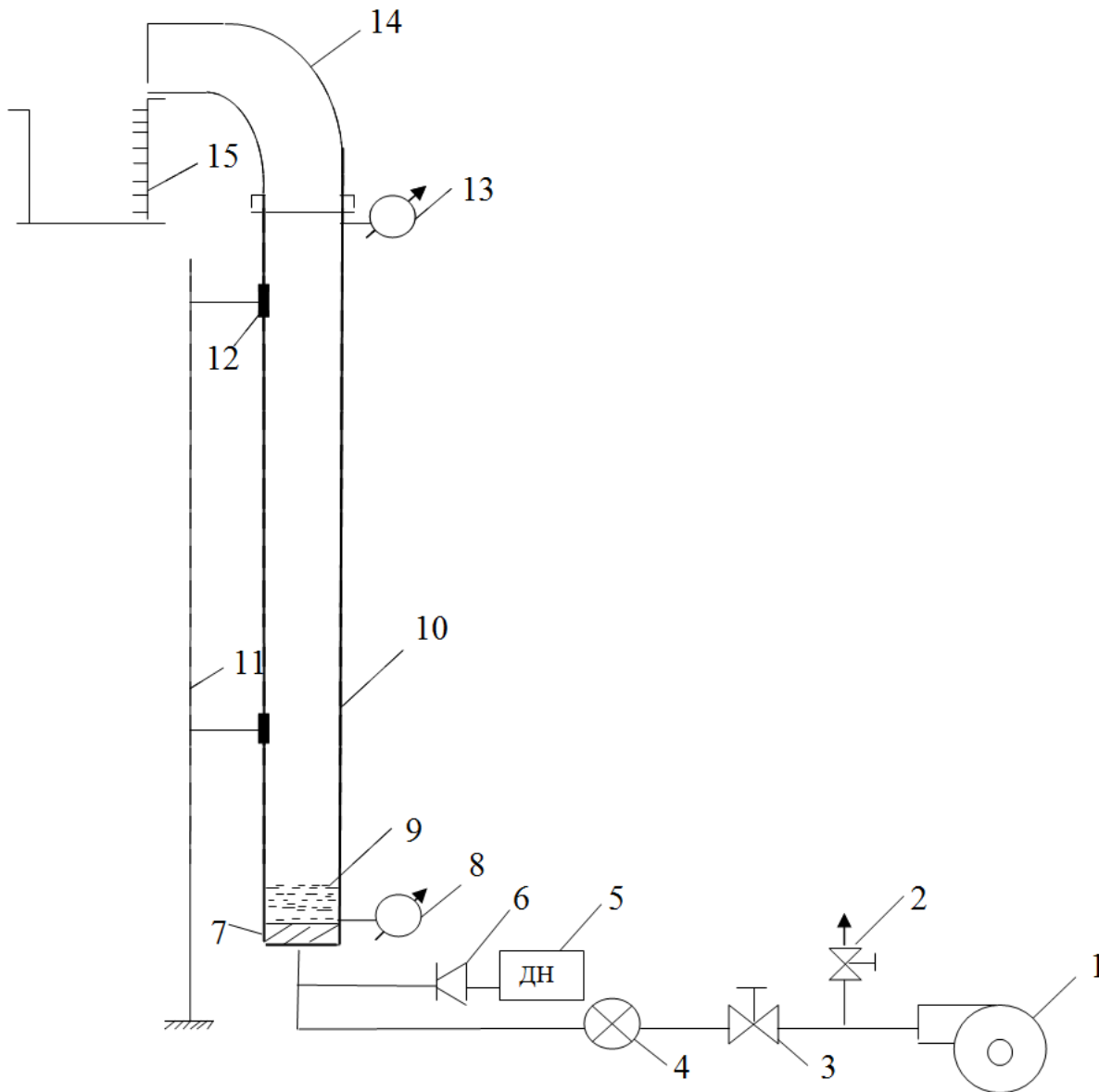
Трифазну піну використовують для промивання піщаних корків у свердловинах, в яких пластовий тиск близький до гідростатичного, розкриття продуктивних пластів з низькими пластовими тисками. Кислотні піни використовують для оброблення привибійних зон пласта з метою інтенсифікації припливу газу і нафти до вибою свердловин. Трифазна піна на основі глинистого розчину є стійкішою, ніж двофазна. Недоліком трифазної піни є те, що при промиванні свердловин трифазними пінами по незамкнутій (відкритій) системі циркуляції необхідні більші витрати ПАР і енергії для приготування нових порцій промивального агента. Стійка трифазна піна, яка виходить на денну поверхню в великих об'ємах, погано піддається руйнуванню і потребує великих фінансових витрат для її утилізації, що в умовах підвищених вимог до охорони навколишнього середовища обмежує її застосування. Для промивання піщаних корків переважно застосовують двофазну піну [14].

У нафтогазопромисловій практиці для приготування піни використовують водні розчини різних пінотворних ПАР, в якості газової фази – природний газ, азот, вуглекислий газ та інші гази [14].

Основним компонентом, який надає піні в'язкопластичних і пружних властивостей, є поверхнево-активна речовина (ПАР) [17].

Для винесення піску із вибою свердловини промивальним агентом дуже важливе значення має стійкість піни. При низькій стійкості піни можливе її руйнування з випаданням із піни частинок твердої фази і подальшим осіданням їх на муфтових з'єднаннях НКТ з утворенням «глухих» піщаних корків у затрубному просторі. Для підвищення стійкості піни використовують речовини-стабілізатори, які є органічними сполуками, мають високу гідрофільність і розчинність у воді, збільшують в'язкість розчину, сприяють сповільненню процесу витікання рідини із піни.

В нафтогазопромисловій практиці в якості речовин-стабілізаторів використовують органічні полімери. Детальні дослідження з вибору типу ПАР і речовин-стабілізаторів піни наведено у роботі [21].



1 – відцентровий компресор; 2, 3 – сферичні крани; 4 – аналоговий давач витрати газу AWM720P1; 5 – малопродуктивний дозувальний насос Peripatr Electronic; 6 – зворотний клапан; 7 – дротяний фільтр; 8, 13 – аналогові давачі тиску; 9 – піщаний корок; 10 – скляна колонка; 11 – штатив; 12 – монтажні кріплення; 14 – знімальне коліно; 15 – мірна ємність для винесеного піску піною

Рисунок 1 – Схема лабораторної установки для дослідження умов винесення частинок піску із моделі свердловини пінними системами

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питаннями застосування пінних систем для промивання піщаних корків і винесення рідини з вибоїв газових і газоконденсатних свердловин присвячена значна кількість робіт, зокрема таких науковців як: Аміян В.А., Аміян А.В., Юсупходжаєв М.А., Ходжаєв В.В., Гасумов Р.А. та ін. Але більшість досліджень пінних систем проведено без використання речовин-стабілізаторів піни, що послужило підставою для постановки додаткових досліджень.

#### Формулювання цілей статті

Для визначення умов винесення твердих частинок різного розміру з вибою свердловин на поверхню за допомогою пінних систем з додаванням речовин – стабілізаторів піни проведено відповідні експериментальні дослідження.

#### Методика дослідження

Для дослідження процесу очищення вибою газових і газоконденсатних свердловин від піщаного корка пінними системами розроблено лабораторну установку, принципову схему якої зображено на рисунку 1.

Основою проведеного експерименту було отримання піни в нижній частині скляної колонки (рисунок 1), а також підтримання постійної швидкості її руху, при якій відбувається винесення твердих частинок в ємність 15.

Експериментальні дослідження для визначення умов винесення піщинок з вибою свердловини на поверхню проводили у такій послідовності.

1. Підготовлену фракцію піску засипали у скляну колонку 9 при попередньому демонтуванні коліна 14 у верхній частині колонки 10.

2. Подавали в нижню частину колонки розчин ПАР із речовиною-стабілізатором піни дозувальним насосом 5 і газ за допомогою компресора 1, послідовно збільшуючи витрату газу.

3. За допомогою аналогових датчиків АWM720P1 4 вимірювали витрату газу та тиски в нижній (перед корком) 8 та у верхній частинах колонки 13.

4. Винесені частинки піску із піною збирали в мірну ємність 15.

5. Дослід закінчували коли із колонки виносився весь пісок.

Тип і концентрація піноутворюючого ПАР та речовини-стабілізатори піни вибрані за результатами проведених нами досліджень у роботі [21].

Досліди проводили з розчинами савенолу SWP і стінолу у прісній воді з масовою концентрацією 0,5 і 1%. Савенол SWP і стінол є нетоксичними ПАР, які випускаються вітчизняними підприємствами і використовуються при проведенні ремонтних робіт у газових і газоконденсатних свердловинах і для інтенсифікації винесення з них рідини спінюванням. В якості речовини-стабілізатора піни використовували природний біополімер – ксантанову смолу (ксантанову камедь) з масовою концентрацією 0,5% та фракції піску: 0,1–0,315 мм; 0,315–0,63 мм і 0,63–1 мм.

Основними показниками процесу промивання свердловин від твердої фази є значення швидкості руху промивального агента в промивальних трубах і у затрубному (кільцевому) просторі.

При визначенні швидкості руху висхідного потоку промивального агента для винесення твердої фази з вибою свердловини на поверхню враховують наявність шламу (твердих частинок). Якщо припустити, що проковзування між шламом і піною відсутнє, то швидкість руху піноного потоку можна визначити за формулою:

$$v = \frac{q_z + q_p + q_{ш}}{F}, \quad (1)$$

де 
$$q_z = \frac{q_o \cdot z(p, T) \cdot p_{ам} \cdot T}{p \cdot T_o} \quad (2)$$

$q_{ш}$  – витрата шламу (визначали експериментальним шляхом), м<sup>3</sup>/с;

$q_p$  – подача малопродуктивного дозувального насоса Peripamp Electronic, м<sup>3</sup>/с.

$q_z$  – витрата газу (повітря) за тиску  $p$  і температури  $T$ , м<sup>3</sup>/с .

$z(p, T)$  – коефіцієнт стисливості газу за тиску  $p$  і температури  $T$ ;

$F$  – площа поперечного перерізу колони труб, м<sup>2</sup>.

### Результати досліджень

У процесі проведеного експерименту з 0,5 % мас. водним розчином савенолу SWP фракцією піску з діаметром частинок 0,1–0,315 мм найперше виносились найдрібніші частинки піску, потім більші за діаметром в діапазоні швидкостей руху потоку піни 0,0395 – 0,069 м/с, в діапазоні швидкостей руху потоку піни 0,069 – 0,099 м/с виносилась фракція піску з діаметром частинок 0,315 – 0,63 мм, а фракції піску з діаметром частинок 0,63–1 мм виносились потоком піни в діапазоні швидкостей 0,099–0,11 м/с.

Аналогічні дослідження проведено для трьох фракцій піску з різною масовою концентрацією ПАР з додаванням і без з додавання речовини-стабілізатора піни.

Результати експериментів наведено у таблиці 1.

На рисунку 2 зображено скляну колонку – модель свердловини при винесенні частинок піску піною.

На рисунку 3 зображено залежності експериментально визначеної швидкості руху висхідного потоку піни без додавання і з додаванням речовини-стабілізатора піни від діаметру частинок піску.

Згідно з результатами експериментальних досліджень швидкість винесення частинок піску діаметром 0,1 – 1 мм з вибою модельної свердловини на поверхню потоком піни змінюється в межах: 0,0395 – 0,11 м/с для масової концентрації савенолу SWP у воді 0,5 %; 0,031 – 0,087 м/с для масової концентрації савенолу SWP у воді 1 %; 0,033–0,0994 м/с для масової концентрації стінолу у воді 0,5 %; 0,02–0,067 м/с для масової концентрації стінолу у воді 1 %; 0,027–0,079 м/с для масової концентрації савенолу SWP у воді 1 % + 0,5% ксантанової смоли; 0,017 – 0,064 м/с для масової концентрації стінолу у воді 1 % + 0,5% ксантанової смоли.

Швидкість руху потоку піни, яка необхідна для винесення із свердловини твердої фази, зростає із збільшенням діаметра фракцій піску і зменшується із збільшення концентрації піноутворюючого ПАР і при додаванні до водного розчину стабілізатора піни – ксантанової смоли. Кращими витіснювальними властивостями характеризується піна, утворена з водного розчину стінолу порівняно з використанням савенолу SWP. Додаткове уведення у водний розчин піноутворюючого ПАР запропонованого стабілізатора піни – ксантанової смоли підвищує як виносну здатність піни, так і її стійкість, що попереджає випадання з піни твердої фази по шляху її руху з вибою на поверхню. За візуальними спостереженнями піна, утворена з використанням

**Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень з визначення швидкості винесення частинок піску потоком піни з моделі свердловини**

Склад піни	Діаметр частинок піску, мм	Швидкість винесення частинок піску, м/с
Масова концентрація савенолу SWP у прісній воді 0,5 %	0,1 – 0,315	0,0395 – 0,069
	0,315 – 0,63	0,069 – 0,099
	0,63 – 1	0,099 – 0,11
Масова концентрація стінолу у прісній воді 0,5 %	0,1 – 0,315	0,033 – 0,062
	0,315 – 0,63	0,062 – 0,084
	0,63 – 1	0,084 – 0,0994
Масова концентрація савенолу SWP у прісній воді 1 %	0,1 – 0,315	0,031 – 0,0481
	0,315 – 0,63	0,0481 – 0,065
	0,63 – 1	0,065 – 0,087
Масова концентрація стінолу у прісній воді 1 %	0,1 – 0,315	0,02 – 0,03
	0,315 – 0,63	0,03 – 0,043
	0,63 – 1	0,043 – 0,067
Масова концентрація савенолу SWP у прісній воді 1% і ксантанової смоли 0,5 %	0,1 – 0,315	0,027 – 0,04
	0,315 – 0,63	0,04 – 0,053
	0,63 – 1	0,053 – 0,079
Масова концентрація стінолу у прісній воді 1% і ксантанової смоли 0,5 %	0,1 – 0,315	0,017 – 0,025
	0,315 – 0,63	0,025 – 0,04
	0,63 – 1	0,04 – 0,064



**Рисунок 2 – Фотографія скляної колонки під час винесення частинок піску піною**

стабілізатора, має вищу стійкість порівняно з пінами без стабілізатора.

Згідно з результатами досліджень найбільшу виносну здатність мають піни, утворені з розчину стінолу у прісній воді із додаванням ксантанової смоли.

Для значень діаметрів частинок піску 0,1; 0,315; 0,63; 1 мм швидкість руху потоку піни утвореної з розчину стінолу у прісній воді з додаванням ксантанової смоли, яка необхідна для їх винесення із свердловини, становить відповідно 0,017; 0,025; 0,04; 0,064 м/с.

За експериментальними даними залежність швидкості винесення частинок піску піною утвореного з водного розчину стінолу 1 % і ксантанової смоли 0,5 % від їх діаметру описується рівнянням:

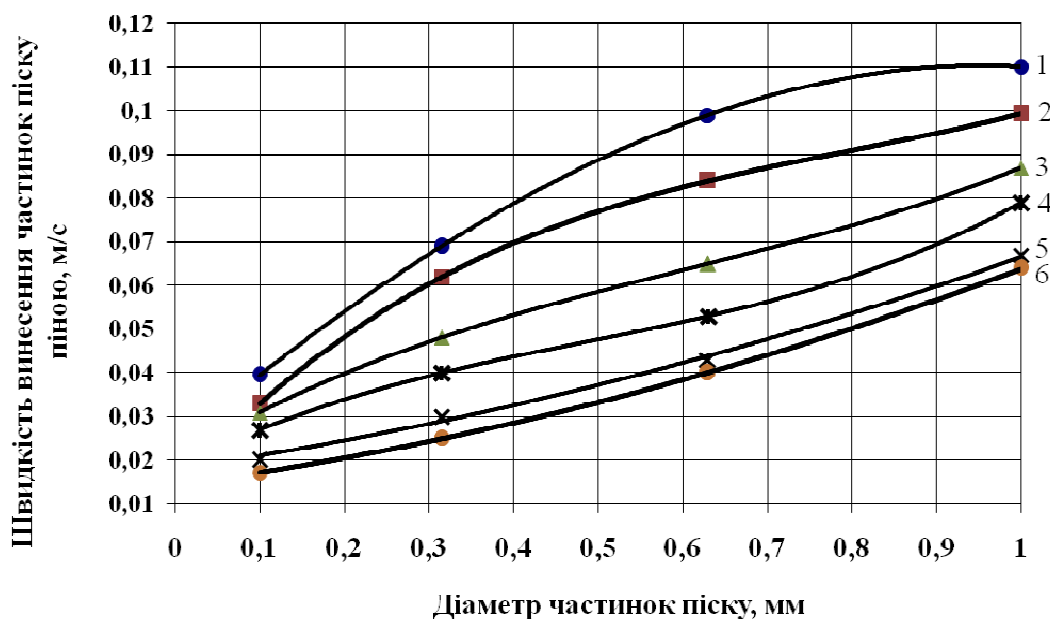
$$W = 0,023d_q^2 + 0,026d_q + 0,014, \quad (3)$$

$d_q$ , мм;  $W$ , м/с.

### Висновки

За результатами експериментальних досліджень на запропонованій лабораторній установці – моделі свердловини обґрунтовано склад композиції піноутворюючого ПАР і стабілізатора піни, визначено необхідні швидкості руху висхідного потоку піни, які забезпечують винесення із свердловини твердої фази.

Для запропонованого складу піноутворюючого ПАР і стабілізатора піни швидкість руху потоку піни для винесення частинок піску діаметром 0,1 – 1 мм змінюється від 0,017– 0,064 м/с. Піна, утворена із запропонованого складу характеризується високою стійкістю, що попереджує випадання із неї частинок піску по шляху її руху з вибою свердловини на поверхню. Згідно з результатами досліджень найбільшу виносну здатність мають піни, утворені з 1 % мас. розчину стінолу у прісній воді із додаванням 0,5 % мас. ксантанової смоли.



1 – 0,5 % савенол SWP; 2 – 0,5 % стінол; 3 – 1 % савенол SWP; 4 – 1 % савенол SWP і 0,5% ксантанової смоли; 5 – 1 % стінол; 6 – 1 % стінолу і 0,5% ксантанової смоли

**Рисунок 3** – Залежності швидкості винесення частинок піску піною від їх діаметру при використанні водних розчинів піноутворюючих ПАВ різної масової концентрації і стабілізатора піни

### Література

- Світлицький В.М. Поточний та капітальний ремонт свердловин [Текст] / В.М. Світлицький, С.І. Ягодівський, Г.Р. Галустан. – К.: Логос, 2001. – 344 с.
- Де Варгас Л. Борьба с выносом песка [Текст] / Л. Де Варгас // Нефть, газ и нефтехимия. – 1982. – №10. – С. 25–28.
- Кустышев А. В. Перспективы ремонта скважин в условиях аномально низких пластовых давлений [Текст] / А. В. Кустышев, Д.А. Кряквин, Д.А. Кустышев, А.В. Немков, Е.В. Паникаровский, Е.В. Вакорин, И. А. Бенгард // Наука и ТЭК. – 2011. – №4. – С. 41–43.
- Сулейманов Б.А. Промывка песчаной пробки газированными жидкостями [Текст] / Б.А. Сулейманов // Научные труды. – 2011. – №1. – С. 30–36.
- Ожгибесова А.В. Методы борьбы с образованием песчаных пробок на забоях газовых скважин [Текст] / Ожгибесова А.В., Мамчистова А.И. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2013. – № 3. – С. 50–56.
- Мамчистова А.И. Способы борьбы с образованием песчаных пробок на забоях газовых скважин / А.И. Мамчистова, А.В. Ожгибесова // Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании: материалы V Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – 2012. – С. 128–133.
- Грей Дж.Р. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей) [Текст] / Дж.Р. Грей, Г.С. Дарли. – М.: Недра, 1985.
- Ивачев Л.М. Промывочные жидкости в разведочном бурении [Текст] / Л.М. Ивачев. – М.: Недра, 1975.
- Гасумов Р.А. Опытные-промышленные испытания технологии и технических средств по удалению глинисто-песчаных пробок в условиях АНПД [Текст] / Р.А. Гасумов, А.А. Сингуров, О.С. Кондренко, В.З. Минликаев, Н.Д. Дубровский // Время колтюбинга. – 2005. – №3 – С.18–23.
- Сулейманов Н.Э. Об опыте применения гибких насосно-компрессорных труб в нефтегазодобыче [Текст] / Н.Э. Сулейманов / Нефтегазовое дело. – 2005. – №2.
- Ивачев Л.М. Промывочные жидкости в разведочном бурении [Текст] / Л.М. Ивачев. – М.: Недра, 1975. – 215 с.
- Эксплуатация свердловин у нестійких колекторах [Текст] / В.С. Бойко, І.А. Франчук, С.І. Іванов, Р.В. Бойко: монографія. – Київ: Книгодрук, 2004. – 400 с.
- Тагиев К.М. Техника и технология проведения ремонтных работ в газовых скважинах с образованием газообразных агентов [Текст] : / К.М. Тагиев, А.Н. Лобкин, С.В. Долгов // Обзор. информ. Вып. 3. – М.: ВНИИЭгазпром, 1985. – 45 с. – (Газовая промышленность. Разработки и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений).
- Гасумов Р.А. Техника и технология ремонта скважин [Текст]: [монографія] : у 2 т. / Р.А. Гасумов, В.З. Минликаев. – М.: ООО «Газпром экспо», 2013. – Т.1. – 360 с.
- Юсупходжаев М.А. Математическая модель промывки песчаной пробки на газовых и газоконденсатных скважинах пенными системами с применением колонны гибких труб [Текст] / М.А. Юсупходжаев, М.В. Галкин // Время колтюбинга. – 2005. – №2. – С.45–49.

16 Амиян А.В. Некоторые вопросы гидравлики пенных систем [Текст] / А.В. Амиян // Газовая промышленность. – 1976. – № 4. – С.24-26.

17 Амиян В.А. Вскрытие и освоение нефтегазовых пластов. 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / В.А. Амиян, А.В. Амиян, Н.П. Васильева. – М.: Недра, 1980. – 380 с.

18 Ахметов А.А. // Ликвидация пескопроявления при добыче газа [Текст] / А.А. Ахметов, К.А. Жуковский, А.М. Шарипов и др. // Газовая промышленность. – 1998. – №9. – С. 20-22.

19 Леонов Е.Г. Гидравлический расчет промывки скважин пеной [Текст] / Е. Г. Леонов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2004. – № 7. – С. 22-25.

20 Яковлев А.М. Бурение скважин с пеной на твердые полезные ископаемые [Текст] / А.М. Яковлев, В.И. Коваленко. – М.: Недра, 1987. – 128 с.

21 Кондрат Р.М. Дослідження процесу піноутворення з використанням водних розчинів піноутворюючих ПАВ і стабілізаторів піни [Текст] / Р.М. Кондрат, Н.С. Дремлюх, А.В. Угриновський // Науковий вісник НГУ. – 2017. – №3. – С. 14-20

*Стаття надійшла до редакційної колегії*  
28.04.17

*Рекомендована до друку*  
*професором Чудиком І.І.*  
*(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)*  
*д-ром техн. наук Акульшиним О.О.*  
*(ПАТ «Український нафтогазовий інститут»,*  
*м. Київ)*