

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

ФЕМ'ЯКА ЯРОСЛАВА МИХАЙЛОВИЧА

***«Теорія та практика використання кавітаційних процесів
при бурінні свердловин»***,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.15.10 – Буріння свердловин.

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Актуальність теми досліджень, представлених в дисертаційній роботі, першочергово зумовлена необхідністю покращення ефективності буріння свердловин за рахунок встановлення раціональних параметрів кавітаційно-пульсаційної дії на масив гірської породи.

Безумовним фактом є те, що відомі нам традиційні технології буріння свердловин вже вичерпали свої потенційні можливості. Разом з тим значним резервом підвищення ефективності руйнування гірської породи при бурінні, який не реалізується повною мірою, залишається повноцінне використання енергія кавітаційно-пульсаційної дії потоку бурового розчину.

Впровадивши в практику буріння кавітаційно-пульсаційну технологію можна вирішити питання покращення ефективності руйнування гірської породи буровими долотами.

Тому, вирішення актуальної науково-практичної задачі, за яку взявся автор дисертаційної роботи, зосереджено саме на покращенні процесу руйнування гірських порід за рахунок застосування науково обґрунтованої кавітаційно-пульсаційної технології буріння, яка реалізується накладенням на породоруйнівний інструмент штучно створених кавітаційних потоків, згенерованих на вибої свердловини.

Загальна оцінка змісту дисертаційної роботи та її завершеність.

Дисертація Фем'яка Я. М. загальним обсягом 308 сторінок містить 61 рисунок і 26 таблиць та складається зі вступу, шістьох розділів, висновків та 6 додатків. Перелік використаних літературних джерел становить 196

найменувань.

У вступі представлено стан проблеми та її значення для нафтогазової галузі, обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, відображено наукове та практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача та подано інформацію про апробацію результатів роботи.

У *першому розділі* наведено основні відомості про кавітаційно-пульсаційну технологію бурінні свердловин, виконано огляд досліджень за тематикою роботи. Показано, що одним з найперспективніших методів руйнування гірських порід є метод кавітаційно-пульсаційного впливу на породу. Реалізація такого впливу можлива під час обертового буріння за рахунок переведення промивки свердловини в кавітаційний режим. Водночас показано можливості використання кавітаційної пульсації потоку рідини в інших напрямках гірничої галузі, наприклад для імпульсного впливу на вугільний пласт, боротьби з газовими і пиловими факторами в шахтних виробках, розширенні діаметра обсадних труб, приготуванні бурових розчинів, а також інтенсифікації процесів нафтовіддачі пластів при їх обводненні, селективному гідророзриві пластів в межах розкритої їх товщі, тощо.

У *другому розділі* проведено систематизацію кавітаційно-пульсаційних режимів промивання при бурінні на основі теорії спектрів, розроблено теоретичні основи керування кавітаційно-імпульсною дією на вибій свердловини в умовах такого режиму промивання. На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень проведено обґрунтування можливості використання режиму кавітаційно-пульсаційної подачі промивальної рідини при бурінні стандартними буровими долотами для підвищення ефективності руйнування гірської породи за рахунок кращого використання енергії на вибої свердловини.

У *третьому розділі* роботи досліджено кавітаційно-хвильові збурення у рідинах з пухирцевим режимом течії. На основі виведення рівняння Релея виведено рівняння руху стінки кавітаційного пухирця у нестисливій рідині і його розв'язки. Крім того, отримано нелінійне рівняння, що описує динаміку

кавітаційного пухирця з урахуванням сил поверхневого натягу і в'язкості рідини; виведено формулу, яка дозволяє визначити період коливань кавітаційного пухирця в залежності від співвідношення між гідростатичним тиском і тиском на відповідній глибині. Результати проведених досліджень дають змогу встановити розподіл тиску при русі рідини, в якій знаходиться кавітаційний пухирець з відповідним радіусом на довільній відстані.

У четвертому розділі розглянуто математичну модель та методи прогнозування кавітаційних режимів течії рідини на основі нелінійних коливань кавітаційного пухирця, що дозволяють більш повно враховувати конструктивні особливості кавітаційних пристроїв, особливості фізичних процесів, що відбуваються на вибої свердловини, та враховують кавітаційно-пульсаційний режим подачі промивальної рідини. Отримано нове лінійне інтегрально-диференціальне рівняння, що описує динаміку кавітаційного пухирця при дії амплітудно-частотного спектру хвиль тиску, які створюються внаслідок лускання пухирців в полі набігаючої хвилі заданої конфігурації. На основі виведеного інтегрально-диференціального рівняння отримано нову формулу для визначення амплітудно-частотного спектру в залежності від параметрів середовища та набігаючої хвилі.

У п'ятому розділі наведено методику розрахунку кавітаційно-імпульсного способу руйнування гірських порід. Встановлено гідродинамічну ув'язку конструктивних параметрів кавітатора з масивом гірської породи. Експериментальними дослідженнями визначено оптимальні розміри кавітаційних пухирців у якості основного оптимізаційного параметра, побудовано графічні залежності, які дозволяють оцінити ріст розмірів кавітаційних пухирців від зміни перепаду тиску та густини промивальної рідини, а також співвідношення розмірів насадок кавітатора. Експериментально підтверджена можливість кавітаційного руйнування на прикладі таких взірців гірських порід, як пісковик, вапняк, доломіт і мрамур. Обґрунтовано і рекомендовано раціональні режими кавітаційно-пульсаційного навантаження на вибій свердловини, які забезпечують ефективність технології.

У шостому розділі дисертації розглянуто перспективи практичної

значимості, які полягають в розробці технічних рішень з удосконалення конструкцій бурового інструменту. Промисловими випробуваннями наддолотного перехідника з вмонтованим кавітаційним пульсатором доведено його роботоздатність. Запропоновано нову конструкцію бурового долота, що дозволяє підсилити кавітаційно-пульсаційний ефект завдяки розміщенню співвісно до кавітаційних камер кавітатора стрижнів із зовнішньою гвинтовою поверхнею, що інтенсифікують генерування кавітаційних пухирців і досягається максимальний ефект в руйнуванні долотом масиву гірської породи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації, їх достовірність і новизна.

Задачі дисертаційної роботи сформульовано достатньо обґрунтовано, прийняті вихідні положення і припущення аргументовані, вони в основному забезпечують відповідність математичної моделі фізичним явищам у реальній фізичній системі.

Зміст дисертації свідчить про опанування автором сучасними методами розрахунків та теоретичних досліджень. Інтерпретація одержаних результатів дозволила дисертанту запропонувати нові підходи щодо підвищення ефективності реалізації керованої кавітаційно-пульсаційної дії на гірські породи вибою свердловини та вивести цей процес на якісно вищий рівень.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розвитку механізмів руйнування гірських порід при бурінні свердловин, що дозволяє враховувати як постійний механічний вплив на гірську породу озброєння бурового долота і кавітаційно-пульсаційну дію на поверхню вибою охолоджуючої промивальної рідини. У роботі виділено такі основні задачі, що складуть її наукову новизну:

1. Обґрунтовано розглянуто механізми руйнування гірської породи при бурінні свердловини, які враховують кавітаційно-пульсаційну дію потоку промивальної рідини.

2. Сформовано загальну задачу прийняття технологічних рішень з метою покращення руйнування гірської породи з урахуванням частотного розподілу енергії від лускання кавітаційних пухирців на вибої свердловини.

3. Встановлено закономірності, які визначають амплітудно-частотний спектр лускання кавітаційних пухирців для реалізації ефективно кавітаційно-пульсаційної дії, забезпечення стабілізації роботи кавітатора та якості буріння.

4. Уточнено динаміку ерозійної дії кавітації з урахуванням густини, в'язкості, сил поверхневого натягу промивної рідини, показника політропи та співвідношення тисків на вході і виході з кавітатора на розвиток кавітаційних пухирців, частоту і періодичність їх лускання.

5. Обґрунтовано закономірності впливу конструктивних особливостей кавітаторів за рахунок встановлення в них стрижнів із зовнішньою гвинтовою поверхнею, показано нові можливості підвищення ефективності руйнування гірської породи при бурінні шляхом удосконалення конструктивного виконання бурового долота.

Практична цінність одержаних результатів.

Результати наукових досліджень та розробок, представлених в дисертаційній роботі, на мою думку, лише покращать процес руйнування гірських порід при бурінні свердловин. Це забезпечить суттєве зниження енергоємності процесу руйнування породи, забезпечивши при цьому збільшення швидкості буріння та проходку.

Розробка рекомендацій і технічних рішень з удосконалення конструкції бурового інструменту, сприятиме інтенсифікації процесу руйнування шляхом переведення режиму промивання в кавітаційно-пульсаційний режим, що вагомо підвищить механічну швидкість буріння та проходку на долото.

Повнота висвітлення результатів в опублікованих працях, апробація роботи.

Основні наукові положення і результати дисертації опубліковані в 35 наукових працях, з яких 1 монографія, 15 статей у фахових виданнях, що входять до переліку МОН України, 6 статей в зарубіжних виданнях (з них 1 стаття, що індексується в науково-метричній базі Scopus), 8 статей в матеріалах наукових конференцій, 5 патентів.

Апробація результатів досліджень підтверджена чисельними доповідями

на вітчизняних і міжнародних конференціях, а також впровадженнями у ПрАТ «Нафтогазвидобування», ТОВ «Ендейвер» і ТОВ «Денімекс Юкрейн».

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації.

Зміст автореферату є ідентичним основним положенням та завданням, висвітленими в рукописі дисертаційної роботи.

Зауваження щодо змісту та оформлення роботи.

Відзначаючи наукову та практичну цінність дисертації Фем'яка Я. М., варто зазначити такі зауваження:

1. Наведену в розділі 1 (стор. 27 - 28) здобувачем класифікаційну схему способів виникнення кавітації доцільно порівняти з відомими аналогічними класифікаційними схемами.

2. Необхідно було б показати в роботі, яким чином отримана залежність для визначення частки енергії, що припадає на відповідний діапазон частот (формула (2.28) на стор. 87) і забезпечує керування процесом кавітаційно-пульсаційної дії на гірську породу.

3. В тексті дисертації застосовано термін «пухирцевий режим течії». Слід провести обґрунтування необхідності введення цього терміну.

4. При проведенні експериментальних досліджень механізму руйнування різних видів порід (розділ 5 табл. 5.3) застосовано тільки по одному діапазону робочого тиску в межах 4÷6 МПа, що дає уявлення лише про якісну картину процесу.

5. Доцільно було б провести дослідження впливу глибини свердловини на процеси руйнування породи і швидкість буріння при застосуванні кавітаційно-пульсаційної технології.

6. По тексті дисертації зустрічаються незначні описки та русизми.

Висновок.

Дисертаційна робота **Фем'яка Ярослава Михайловича** за обсягом та змістом наукових досліджень є завершеною науково–дослідною роботою, в якій розроблено технічні пропозиції, що містять рекомендації щодо вдосконалення

конструкцій бурових доліт для інтенсифікації процесу руйнування гірської породи при кавітаційно-пульсаційному впливі на вибій свердловини.

Вважаю, що дисертаційна робота Фем'яка Я.М. носить всі необхідні ознаки новизни, обґрунтованості тверджень, наукової та практичної цінності і відповідає вимогам ДАК України до докторських дисертацій та паспорту спеціальності, а її автор Фем'як Я.М. заслуговує присудження йому ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.10 – Буріння свердловин.

**Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
генеральний директор
ПрАТ «Науково-дослідне
і конструкторське бюро
бурового інструменту»**



Я.В. Кунцяк

Відгук надіслано в спец. Вченої ради Д.р. 05.202 11.11.2014 р.
Вчений секретар спец. Вченої ради (Ковбасова І.М.)

Підпис(и)	<i>Ковбасова І.М.</i>
посвідчую	<i>А.В. Прохор</i>
Учений секретар ІФНТУ	
« 11 » 11	20 14 р.