

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

На сьогоднішній день традиційні технології буріння свердловин майже вичерпали можливості до підвищення ефективності, при цьому залишаючись достатньо енерговитратними технологічними процесами. Характерними викликами для сучасного, як континентального, так і офшорного буріння, є проведення бурових робіт на великих глибинах в складних умовах, в твердих і надтвердих гірських породах. Це потребує пошуку та розробки нових технологій, в яких для підвищення ефективності руйнування гірської породи використовують окрім механічного інші фізичні впливи. Одним з таких резервів, який не реалізується повною мірою, є енергія кавітаційно-пульсаційних процесів в буровому розчині. Використання таких гідродинамічних явищ для підвищення продуктивності буріння можливо шляхом створення штучної кавітації на вибої свердловини. Таким чином, тема дисертаційної роботи Фем'яка Я. М., яка присвячена науковому обґрунтуванню обертальної кавітаційно-пульсаційної технології, що дозволяє підвищити ефективність руйнування гірських порід порівняно з традиційним механічним обертальним бурінням, є актуальною.

Актуальність теми дослідження підтверджується відповідністю до «Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року»; виконанням в рамках науково-дослідної роботи «Розробка методів пошуку, технічних засобів і технологій освоєння ресурсів газу з газогідратних покладів Чорного моря», комплексного наукового проекту «Розробка методів і технологій видобутку газу з природних газогідратів та створення штучних газогідратів для оптимізації виробничих процесів» (№ ДР 0115U000661), комплексної цільової програми «Науково-організаційні засади нарощування видобутку вітчизняних нафти і газу та диверсифікації постачання енергетичних ресурсів для підвищення енергетичної безпеки України» (№ ДР 0115U007099).

Структура та зміст дисертаційної роботи

Дисертація Фем'яка Я. М. складається зі вступу, шістьох розділів, висновків та

6 додатків. Загальний обсяг роботи 308 сторінок, робота містить 61 рисунок і 26 таблиць, перелік використаних літературних джерел містить 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 буріння 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. 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 коливань

кавітаційного пухирця, що дозволяють більш повно особливості фізичних процесів, що відбуваються на вибої свердловини, та враховують кавітаційно-пульсаційний режим подачі промивальної рідини. Отримано 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 мармур. Обґрунтовано і рекомендовано раціональні режими кавітаційно-пульсаційного навантаження на вибій свердловини, які забезпечують ефективність технології.

У шостому розділі дисертації розглянуто перспективи практичної реалізації результатів дослідження, які полягають в розробці технічних рішень з удосконалення конструкцій бурового інструменту. Промисловими випробуваннями наддолотного перехідника з вмонтованим кавітаційним пульсатором доведено його працездатність. 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.

В результаті виконання роботи на основі комплексних теоретичних та експериментальних досліджень автором отримані нові результати в галузі буріння свердловин, наукова новизна яких полягає в наступному.

Набула подальшого розвитку теорія руйнування гірських порід при бурінні свердловин шляхом урахування спільної дії постійного механічного впливу

озброєння бурового долота на гірську породу і кавітаційно-пульсаційного впливу потоку промивної рідини.

Вперше обґрунтовано та розв'язано задачу з визначення частотно-амплітудних характеристик коливання кавітаційних пухирців з врахуванням зміни тиску за нелінійними законами.

Вперше встановлено закономірності впливу конструктивних особливостей кавітаторів: геометричних характеристик промивальної системи, кількості промивних каналів, конструкції кавітаційних камер бурового долота, на інтенсивність кавітаційно-пульсаційного впливу для руйнування гірської породи при бурінні.

Вперше визначено закономірності ерозійної дії кавітації на гірську породу при різних відстанях від кавітатора.

Вірогідність та достовірність одержаних результатів та висновків забезпечується використанням для теоретичних досліджень надійного та коректного математичного апарату, що ґрунтується на фундаментальних рівняннях механіки та гідромеханіки, строгістю математичних викладок при проведенні аналітичних досліджень, розробкою та використанням коректної методики проведення експериментальних досліджень з необхідною перевіркою вимірювального обладнання.

Також вірогідність одержаних рекомендацій та висновків підтверджується успішним впровадженням в практику результатів роботи. Результати роботи пройшли належну апробацію серед наукової спільноти, доповідались та обговорювались на наукових та науково-технічних конференціях різного рівня, наукових семінарах та науково-технічних радах спеціалізованих установ.

Практична цінність одержаних результатів.

Одержані результати мають чітке практичне значення. Зокрема, результати досліджень дисертаційної роботи покладено в основу розробленої «Методики практичного розрахунку оптимізації кавітаційно-пульсаційної дії на гірські породи при бурінні свердловини», яка отримала впровадження в виробничу практику низки бурових підприємств. За результатами проведених досліджень розроблено та рекомендовано до впровадження в промислову практику буровими компаніями конструкцію бурильного інструменту, що зменшує енерговитрати на руйнування масиву порід. Впровадження результатів роботи в бурову практику підтверджується відповідними документами, що наведені у додатках.

Одержані теоретичні, експериментальні і практичні результати рекомендовані до впровадження у навчальній процес для підготовки фахівців з буріння свердловин.

Повнота висвітлення результатів в опублікованих працях, апробація роботи.

Матеріали дисертаційної роботи Фем'яка Я. М. достатньою мірою висвітлені у 35 опублікованих наукових працях, з яких: 1 монографія, 15 статей у фахових виданнях, що входять до переліку МОН України, 6 статей в зарубіжних виданнях (у т. ч. 1 стаття, що індексується в науково-метричній базі Scopus), 8 статей в матеріалах наукових конференцій, 5 патентів.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації.

Зміст автореферату достатньою мірою відображає основні положення та результати, що отримані в дисертаційній роботі.

Зауваження щодо змісту та оформлення роботи.

1. У вступі поданого рукопису, параграф, що має декларувати наукову новизну одержаних результатів натомість дублює текст попереднього параграфу щодо методів дослідження використаних в роботі. В авторефераті роботи цієї помилки немає.

2. Нажаль в роботі немає порівняльного аналізу рівня виконання, відмінностей та переваг запропонованої технології з відомими світовими розробками та аналогами.

3. Необхідно було б показати методику визначення мінімальної витрати, яка забезпечує роботу вибійного пристрою в кавітаційному режимі. Ця величина залежить від розмірів пристрою, конструкції свердловини, властивостей промивального розчину та інших факторів.

4. Вираз (2.34) на стор.89 не є розв'язком рівняння (2.33), оскільки записаний для радіальної компоненти напружень σ_r , а шуканою функцією в (2.33) є переміщення u . Доцільно було б більш детально пояснити постановку задачі, зв'язок (2.34) з (2.33), навести систему координат та обґрунтувати вибір функції $f(\xi)$.

5. Необхідно зазначити, що модель коливання пухирців, що використовує рівняння Релея є справедливою лише у випадку поодинокого пухирця, що знаходиться в необмеженій рідині. В кавітаційних процесах має місце потужний ансамбль пухирців яки будуть істотно впливати один на одного. Потрібно було б

обґрунтувати межі використання результатів, що отримані в рамках моделі Релєя.

6. Рівняння (4.3) не є рівнянням стану газу, як це вказується в п.4.2 та 4.3.

7. Використання терміну «нелінійні коливання» в четвертому розділі роботи є суперечливим, оскільки йдеться про розв'язання лінійних (лінеарізованих) рівнянь з нелінійною правою частиною.

Висновок.

Наведені зауваження не носять принципового характеру і не знижують загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. Дисертація «Теорія та практика використання кавітаційних процесів при бурінні свердловин» є завершеною науково-дослідною роботою, яка виконана на актуальну тему, містить нові науково обґрунтовані результати, що одержані автором особисто, мають чітку практичну значимість. Зміст і отримані результати відповідають паспорту і напрямкам досліджень спеціальності 05.15.10 – «Буріння свердловин». Назва дисертації відповідає її змісту.

Вважаю, що представлена дисертаційна робота відповідає вимогам чинного «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого Кабінетом Міністрів України.

За вирішення актуальної науково-технічної проблеми підвищення ефективності технологій буріння шляхом інтенсифікації процесу руйнування гірської породи при бурінні за рахунок впливу нестационарних кавітаційних процесів на вибій свердловини, враховуючи високий науковий рівень досліджень та практичну цінність отриманих результатів, автор роботи Ярослав Михайлович Фем'як заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.10 – «Буріння свердловин».

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри аерогідромеханіки
та енергомасопереносу

Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара

А. Ю. Дреус

Підпис Дреуса А.Ю. завіряю

Вчений секретар ДНУ, доцент

Т.В. Ходанен

Відгук магістра В.В. Шевченко, секретар спец. Обласі фагу ДНУ.05.2.02 15.11.2019р.
Підпис Володимира Шевченка, секретар спец. Обласі фагу ДНУ.05.2.02 (Коваленко І.М.)
Підпис Галини Шевченко, секретар спец. Обласі фагу ДНУ.05.2.02 15.11.19
Підпис І.В. Прохоренко, секретар спец. Обласі фагу ДНУ.05.2.02 15.11.19