

ВІДГУК

на дисертаційну роботу

Чернової Мирослави Євгеніївни

за темою «**Розвиток наукових основ підвищення ефективності буріння глибоких похило-скерованих свердловин (для умов нафтогазових родовищ України)**» яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.10 – Буріння свердловин.

1. Актуальність теми. На сьогодні з розвитком техніки та технологій буріння свердловини, систем та засобів аналізу інформації відкриваються широкі можливості більш глибокого дослідження механізмів, що мають місце впродовж такого складного технологічного процесу як буріння свердловин, зокрема глибоких з похило-скерованим чи горизонтальним завершенням. Зі зростанням об'ємів буріння собівартість будівництва свердловин неухильно зростає. Незважаючи на численні дослідження, що проводяться у цьому напрямку, на порядку денному залишається ще багато запитань, на яких варто зосередити свою увагу. До них належать, найперше, дослідження впливу різноманітних чинників на підвищення ефективності буріння глибоких похило-скерованих свердловин, дослідження режимних параметрів доведення осьового навантаження у вибій таких свердловини, боротьба з прихопленнями з врахуванням невизначеностей, що мають місце на вибої.

Тому розвиток наукових основ підвищення ефективності буріння глибоких похило-скерованих свердловин на нафтогазових родовищах України є актуальною проблемою як в науковому, так і в практичному сенсі.

2. Новизна та значимість результатів дисертаційної роботи.

Поставлені мета і завдання досліджень є оригінальними, виходячи з сучасних вимог науки й практики буріння глибоких свердловин. Тому на основі теоретичних досліджень пошукувачка виявила особливості геологічної будови нафтогазових родовищ України, умови роботи елементів бурильної колони в глибоких похило-скерованих свердловинах, дала

характеристику ускладненням, що відбуваються за умов буріння, проаналізувала вплив різноманітних чинників на довговічність елементів бурильної колони. У такий спосіб дисертантка розробила принципи математичного моделювання та методологічний підхід у дослідженнях.

Комплексний підхід у дослідженнях, що включає експериментальні, аналітичні та промислові випробування, дав можливість пошукувачці розробити науково обґрунтовані технологічні регламенти з оптимізації, регулювання та прогнозування технічно-економічних показників буріння з врахуванням гірничо-геологічних умов буріння, притаманних нафтогазовим родовищам України.

Таким чином авторкою удосконалено наукові основи оцінювання довговічності елементів бурильної колони із врахуванням теорії нелінійності та основ критеріїв механіки руйнування; визначено вплив коливань на властивості гідродинамічних циркуляційних процесів промивальної рідини та динаміку бурильної колони під час буріння глибоких свердловин; виконано математичне обґрунтування та застосовано математичні моделі для розроблення конструкцій камер генераторів гідроколивачів та для визначення місця їх розташування в КНБК; розроблено породоруйнівний інструмент, що безпосередньо поєднаний з генератором гідроколивачів задля збільшення швидкості буріння шляхом підвищення ефективності доведення осьового навантаження у вибій свердловини; визначено вплив покриття полімерно-композиційними матеріалами елементів бурильної колони на опір рухові та запобігання їх прихопленню в глибоких похило скерованих ділянках стовбура свердловин; розроблено технологію покриття полімерно-композиційними матеріалами (ПКМ) на основі фторопласту Ф4 елементів бурильної колони для умов експлуатації в глибоких свердловинах з високими термобаричними показниками; на основі методу математичного моделювання, що базувався на математичних розрахунках в основі яких є співвідношення пружності та рівняння руху криволінійного елемента розроблено нову методологію конструювання концентраторів серпоподібної форми для генераторів енергії спрямованої дії з метою зміцнення поверхні різьб ЗРЗ;

удосконалено конструкцію герметизуючого елемента, на основі полімеру Ф4, замкового різьбового з'єднання обсадних та насосно-компресорних труб для умов експлуатації у глибоких свердловинах з високими термобаричними показниками.

Варто відмітити, що під час розв'язання поставлених задач пошукувачка на високому рівні вміло застосовувала сучасні математичні алгоритми та моделі і це дало їй можливість прийти до оригінальних рішень.

Стосовно новизни, варто відзначити, що дисертаційна робота відповідає усім поставленим вимогам до докторських дисертацій і результати з наукової точки зору є обґрунтованими.

3. Достовірність отриманих у роботі результатів. На основі проведених пошукових дослідно-конструкторських та науково-дослідних робіт дисертанткою отримано 10 авторських розробок (патентів), результати роботи висвітлюватися у доповідях 17-ти науково-практичних конференцій, 1-му симпозиумі та 22 публікаціях у фахових та іноземних виданнях, що підтверджує достовірність отриманих у роботі результатів.

4. Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості запобігання явищам прихоплення бурильної колони в глибоких похило-скерованих свердловинах, підвищенні ефективності доведення осьового навантаження у вибій свердловини, підвищенні довговічності елементів бурильної колони та збільшенні швидкості будівництва нафтогазових свердловин.

Відмінною особливістю рецензованої роботи є впровадження розроблених дисертанткою нових технологій, зокрема застосування в КНБК розроблених нею конструкцій генераторів гідроколивачів, що засвідчили підвищення швидкості буріння на Ігнатівському родовищі на 19,6% а на Ярмаківському родовищі на – 33,5%. Також варто відмітити впровадження породоруйнівного інструменту в конструкції якого міститься генератор гідроколивачів, що засвідчило необхідність армування внутрішньої його камери.

До ефективних практичних результатів варто віднести методологію полімерного наплення елементів бурильної колони, з метою зменшення опору їх рухові в похило-скерованих ділянках стовбура свердловин.

5.3міст роботи. Рецензована дисертаційна робота викладена на 466 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 6-ти розділів та основних висновків, містить 24 таблиці й 64 рисунки.

У вступі подано оцінення ефективності будівництва глибоких похило-скерованих свердловин на нафтогазових родовищах України, обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовані мета, перелік завдань і новизна дисертаційної роботи.

Перший розділ приурочено дослідженням сучасного стану вивченості проблем буріння глибоких похило-скерованих свердловин на нафтогазових родовищах України. Розглянуто вплив різноманітних чинників, на підвищення ефективності глибокого похило-скерованого буріння та визначено фактори, що стримують розвиток цього процесу.

За результатами проведеного літературного огляду зроблено висновок про те, що найбільші ресурси вуглеводнів в Україні, знаходяться на великих глибинах ДДЗ; що промислова нафтогазоносність представлена не тільки глибокими (понад 4-5 км), але і надглибокими (понад 7-8 км) свердловинами, що інфраструктура та густонаселеність ДДЗ обумовлюють необхідність розвитку наукових основ та вдосконалення технології буріння похило-скерованих ділянок стовбурів свердловин на великих глибинах.

Класифіковано основні ускладнення, досліджено умови роботи елементів БК та визначено комплекс характеристик для кількісного опису ефективності буріння глибоких похило-скерованих свердловин. За результатами аналізу зроблено висновок про те, що дослідження коливних процесів, які мають вплив на елементи бурильної колони, на динаміку КНБК, на реологічні і транспортувальні властивості промивальної рідини мають важливе значення для успішного будівництва глибоких ПС свердловин. Зауважено, що недостатньо вивчено і потребують розробки теоретичні засади та експериментальні

дослідження способів зменшення сил тертя, що виникають між породою та стінками бурильної колони, підвищуючи опір переміщенню та ймовірність явищ прихоплень за умов буріння глибоких похило-скерованих свердловин на родовищах України. Відмічено, що високі термобаричні показники глибоких свердловин вимагають підвищення довговічності та надійності як елементів бурильної колони, так і їх різьбових з'єднань.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячено розробленню та обґрунтуванню принципів математичного моделювання досліджень, опису стендів та устаткування. Зокрема обґрунтовано метод скінченних елементів для прогнозування довговічності елементів БК, для оцінки їх напружено-деформованого стану з врахуванням теорії нелінійності механічних систем та принципів механіки руйнування.

Тут же описано застосування функції течії з розподілом поля швидкостей для дослідження гідродинаміки рідини затрубного простору під впливом віброколивних процесів та комплексного потенціалу руху, що дозволило дисертантці дослідити транспортуючі властивості рідини та рух твердих включень в ній.

Застосування статистичного методу Монте Карло з відповідними програмними надбудовами дозволяло отримувати візуальні картини розподілу основних характеристик, які потребували експериментального підтвердження. Так Мирославою Євгеніївною було отримано підтвердження виникнення структурного групування дрібної фракції вибуреної породи в затрубному просторі промивальної рідини під впливом поширення в ній віброколивань.

Досить цікавими є розроблені устаткування з визначення ступеня адгезії, коефіцієнта тертя, ступеня стирання полімерного покриття та устаткування для технологічного процесу покриття.

У цьому розділі наголошено, що принцип узгодженості результатів обчислень і їх адекватність зіставлялась з індексами ефективності відповідно до відомої теорії похибок, оскільки аналітичні, експериментальні та промислові дослідження дали велику кількість інформації, що повинна була бути

проаналізована, опрацьована, зіставлена таким чином, щоб якомога об'єктивніше оцінити ті чи інші процеси, закономірності та об'єкти дослідження.

У **третьому розділі** дисертаційної роботи наведено дослідження впливу основних чинників на довговічність елементів бурильної колони. Дослідження з врахуванням законів нелінійної деформації базувалися на використанні методу кінцевих елементів моментної схеми. Збурене зовнішнє навантаження включало симетричний та антисиметричний розподіл напружень. На основі застосованих математичних моделей дисертанткою отримано криві втоми та характеристичні залежності зміни напружень, які порівнювалися з результатами стендових досліджень натурних зразків.

Дослідження з врахуванням теорії механіки руйнування матеріалів за методом кінцевих елементів базувались на співвідношеннях кінетики втомного руйнування та знаходженні J – інтеграла, що характеризує інтенсивність вивільненої енергії за Гріфіцом. Такий підхід дав можливість, зіставивши результати стендових та математичних обчислень, довести, що математичні моделі враховують реальні умови навантаження елементів БК і дають розбіжність в 20%.

Автором у цьому розділі наведено дослідження впливу низькочастотних коливань на динаміку бурильної колони із застосуванням рівняння коливань потенціалу швидкості, що враховує розподіл потенціальної енергії у вузлових зонах хвильового фронту. Отримані результати засвідчили, що і для сферичних і для циліндричних хвильових фронтів відбувається зміщення центра кривизни обернено до кута розкриття хвильового фронту за степеневим законом, що у свою чергу викликає загасання енергії коливань до межі переходу між елементами КНБК.

У цьому ж розділі наведено математичну модель та обґрунтування її вибору, для дослідження міцності адгезійного з'єднання, що визначає основні механічні властивості полімерно-композиційних матеріалів. Високоеластична деформація полімеру з точки зору термодинаміки досліджувалась на основі рівняння Муни-Рівліна.

Дослідження взаємодії полімерного покриття зі стінками стовбура свердловини проводилось із застосуванням рівнянням Дерягіна, та рівняння Терцагі, що враховує консолідацію кірки свердловини. Результатом проведених досліджень став вибір ПКМ на основі фторопласту Ф4 та вибір трьох можливих способів покриття елементів бурильної колони з метою зменшення опору рухові елементів БК в похило-скерованих ділянках глибоких стовбурів свердловин. Стендові дослідження на зношуваність дали можливість визначити оптимальну товщину полімерного покриття для експлуатаційних умов.

Четвертий розділ є найбільш об'ємним і приурочений вирішенню питань конструктивних і технологічних методів підвищення ефективності буріння глибоких похило-скерованих свердловин. Дослідження наведені у цьому розділі спрямовані на інтенсифікацію впливу коливних процесів у високочастотному діапазоні на ефективність буріння глибоких похило-скерованих свердловин. Тут дисертантка наводить технічне рішення і методологічне забезпечення створення конструкції генераторів гідроколивань з метою впливу коливних процесів на технологічні характеристики буріння. Створення конструкції долота з безпосереднім поєднанням генератора гідроколивань у центральному промивному каналі та методика розміщення генераторів гідроколивань у КНБК спрямовані на вирішення таких важливих питань, як підвищення ефективності доведення динамічного осьового навантаження у вибій свердловини та запобігання явищам прихоплення КНБК у глибоких похило-скерованих свердловинах.

Тут же наведено методологію розрахунку конструкції серпоподібного концентратора для генератора енергії спрямованої дії, щоб проводити зміцнення різьбової поверхні ЗРЗ методом ультразвукової обробки. Вибір резонансної довжини концентратора базується на математичних розв'язках рівнянь руху криволінійного елемента та співвідношеннях пружності. Виготовленим концентратором, на основі отриманих у такий спосіб параметрів, проводили зміцнення поверхні різьби та досліджували на опір

втомі. З чого авторкою зроблено висновок про те, що зміцнення різьбової поверхні ЗРЗ труб нафтового сортаменту за рахунок пластичної деформації відбувається без зміни глибини западини різьби, що підвищує границю витривалості ЗРЗ до 50%.

У цьому ж розділі на основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень пружно-деформованого стану гірських порід стовбура свердловини, запропоновано застосування математичної моделі для одержання аналітичних залежностей зміни радіальних і колових напружень у породі на стінках викривленого стовбура глибоких свердловини залежно від кута зустрічі породоруйнівного інструменту з породою, що дозволяє науково удосконалити технологію буріння та обґрунтовано підходити до проектування профілів глибоких свердловин під час розроблення родовищ з горизонтами нестійких гірських порід.

П'ятий розділ дисертаційної роботи присвячений розробленню конструкції елемента герметизації муфтового з'єднання обсадних і насосно-компресорних труб для високотемпературних глибоких свердловин. Для цього аналізувались дослідні та методичні розроблення проведені для звичайних свердловин, та з врахуванням небезпеки утворення гальванопари в агресивному середовищі промивальної рідини авторкою запропоновано елемент герметизації з ПКМ на основі Ф4 з додаванням у матрицю пилу міді. Встановлено, що виготовлення й застосування елемента герметизації з ПКМ для різьбових з'єднань обсадних та насосно-компресорних труб повністю відповідає стандартам без змін стосовно норм та вимог.

Шостий розділ приурочений аналізу результатів промислового випробування розроблених дисертанткою засобів, пристроїв та технологій підвищення ефективності буріння глибоких похило-скерованих свердловин на родовищах України. Зокрема застосування генераторів гідроколивань у КНБК засвідчило підвищення швидкості буріння, найефективнішим виявився електростатичний спосіб полімерного покриття елементів бурильної колони, а впровадження конструкції долота з генератором гідроколивань довело

необхідність армування його внутрішньої частини. Усі впровадження розроблені на рівні винаходів, на які дисертантка отримала патенти України. Оскільки конструктивно і технологічно відпрацьований та на практиці реалізований комплекс досліджень засвідчив позитивний результат, дисертанткою розроблено, затверджено та передано до застосування на промислах нафтогазових родовищ України керівні документи та рекомендації щодо застосування розроблених в дисертаційній роботі засобів, пристроїв і технологій, впровадження яких підвищить ефективність буріння глибоких похило-скерованих свердловин, знизить їх комерційну вартість, підвищить енергетичну незалежність України.

6. Зауваження до дисертації незважаючи на велике науково-практичне значення результатів дисертаційної роботи є зауваження наступного змісту:

1. У другому розділі досліджували вплив коливних процесів на фазові включення, але відсутня інформація щодо якоїсь функціональної залежності стосовно величини цих включень.

2. У третьому розділі під час вибору типу полімеру увага зосереджена на фторопласті Ф4, але ж є інші модифікації фторопластів, про них автор не згадує в роботі нічого.

3. У четвертому розділі проводиться розрахунок продуктивності генератора і зауважено, що форма камер може бути двокамерною, трикамерною або тороїдальною. Для яких умов який тип камер може бути застосований в роботі не наведено.

4. У шостому розділі наведено результати промислових випробувань, де засвідчено підвищення швидкості буріння. Не пораховано економічний ефект, який викликаний таким результатом використання генераторів гідроколивачів.

5. Впровадження фторопластового напилення елементів БК не зазначає місця проведення, тобто де на яких промислах проводились промислові дослідження.

6. Висновок Варто відзначити, що вищенаведені зауваження до дисертаційної роботи не зменшують її загальної оцінки. Вважаю, що дисертаційна робота Чернової Мирослави Євгеніївни, враховуючи актуальність і важливість розв'язаних задач, новизну, теоретичну і практичну значимість отриманих результатів, відповідає усім вимогам ДАК МОН України, що ставляться до докторських дисертацій, а дисертантка заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.10 – Буріння свердловин.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник,
в.о. завідувача лабораторії «Бурового і
породоруйнівного інструменту»
інституту надтвердих матеріалів
ім.В.М. Бакуля НАН України



М. О. Бондаренко

Підпис Бондаренка М.О. засвідчую:
вчений секретар Інституту надтвердих
матеріалів ім.В.М.Бакуля
НАН України, к.т.н.



В.В.Смоквина

Відгук надіслав в спец. Вищу раду ДНО.052.02. 11.11.2019р
вчений секретар спец. Вищої ради

