

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора

Базіла Костянтина Вікторовича

на дисертаційну роботу *Бута Вячеслава Олександровича*

на тему *«Інформаційно-вимірвальна система контролю параметрів та оцінювання ефективності адаптивного імпульсного впливу на привибійну зону нафтових свердловин»*,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 15 – «Автоматизація та приладобудування»

за спеціальністю 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»

1. Актуальність теми дослідження.

Тема дисертації В. О. Бута є актуальною, оскільки сучасний стан нафтогазовидобувної галузі характеризується необхідністю підвищення ефективності експлуатації нафтових свердловин в умовах виснажених родовищ, ускладнених гірничо-геологічних умов, погіршення фільтраційно-ємнісних властивостей привибійної зони та зростання вимог до технологічної надійності процесів інтенсифікації видобутку вуглеводнів. Зниження продуктивності свердловин часто пов'язане з кольматацією порового середовища, зміною фазової проникності, збільшенням скінофактора та іншими процесами, що потребують не лише технологічного впливу, а й достовірного контролю його параметрів і результативності.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню науково-прикладної задачі підвищення достовірності контролю параметрів та точності оцінювання ефективності адаптивного імпульсного впливу на привибійну зону нафтових свердловин. Особливого значення набуває створення інформаційно-вимірвальної системи, здатної поєднати функції реєстрації параметрів імпульсного впливу, оброблення вимірвальних сигналів багатопараметричного п'єзоелектричного датчика, аналізу реакції пласта та формування діагностичних рішень у режимі, наближеному до реального часу.



Актуальність роботи також визначається потребою у розвитку методів моделювання багатфункціональних п'єзоелектричних датчиків, які можуть одночасно реєструвати інформативні параметри динамічного стану контрольованого середовища, зокрема тиск, коливальні процеси, спектральні та енергетичні ознаки імпульсної дії. Розроблення таких методів і засобів має вагоме значення для метрології, інформаційно-вимірювальної техніки, автоматизації процесів нафтовидобутку та підвищення обґрунтованості прийняття рішень щодо вибору режимів відновлення продуктивності свердловин.

2. Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукові результати, отримані здобувачем, заслуговують на високу оцінку. Робота має логічну структуру, матеріал викладено послідовно, а мету, об'єкт, предмет і завдання дослідження сформульовано коректно. Наукові положення, висновки та рекомендації мають достатнє теоретичне, модельне й експериментальне обґрунтування.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- вперше розв'язано науково-прикладну задачу контролю параметрів та оцінювання ефективності адаптивного імпульсного впливу на привибійну зону нафтових свердловин шляхом розроблення методичного, математичного, інструментального та інформаційного забезпечення, на основі якого створено інформаційно-вимірювальну систему, що забезпечує достовірні та відтворювані вимірювання параметрів процесу, інтерпретацію реакції пласта та підвищення точності діагностування стану привибійної зони;
- удосконалено математичну модель електричного імпедансу багатопараметричного п'єзоелектричного датчика, яка, на відміну від відомих, враховує вплив параметрів адаптивної імпульсної дії, характеристик привибійної зони, динаміки тиску, імпульсних навантажень, коливальних процесів і дестабілізаційних чинників контрольованого середовища, що дозволило підвищити адекватність опису процесів вимірювального перетворення та точність виділення інформативних ознак реакції пласта;

- вперше запропоновано підхід до автоматизованого оцінювання ефективності адаптивного імпульсного впливу на привибійну зону нафтових свердловин, який ґрунтується на обробленні та інтерпретації вимірювальних сигналів багатопараметричного п'єзоелектричного датчика з урахуванням сукупності інформативних параметрів динамічної реакції пласта, що дозволило підвищити достовірність оцінювання результативності впливу, зменшити залежність від експертної суб'єктивності та покращити обґрунтованість діагностичних рішень;
- дістали подальшого розвитку методи оцінювання стану привибійної зони нафтових свердловин за рахунок використання даних багатопараметричного п'єзоелектричного датчика та встановлення взаємозв'язку між параметрами динамічної реакції пласта і результативністю відновлення продуктивності свердловини, що дозволило підвищити інформативність контролю, обґрунтованість вибору режимів адаптивного імпульсного впливу та якість інтерпретації його ефективності.

Достовірність одержаних результатів забезпечується коректною постановкою наукової задачі, використанням положень теорії вимірювальних перетворювачів, математичного моделювання, цифрового оброблення сигналів, методів аналізу динамічних процесів і експериментальної верифікації. Значущим є те, що у роботі враховано взаємозв'язок між параметрами імпульсного навантаження, характеристиками привибійної зони та вимірювальними властивостями багатопараметричного п'єзоелектричного датчика.

Таким чином, поставлені в дисертаційній роботі завдання вирішено, а здобувач продемонстрував належний рівень володіння методологією наукових досліджень у галузі метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

3. Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 221 сторінку, з них обсяг основного тексту – 157 сторінок, 47 рисунків, 36 таблиць,

список використаних джерел складає 162 найменування і займає 23 сторінки, а також 11 додатків на 17 сторінках. Оформлення роботи відповідає чинним вимогам.

За змістом дисертаційна робота здобувача В. О. Бута відповідає предметній області спеціальності 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» й узгоджується з освітньо-науковою програмою підготовки докторів філософії у галузі знань 15 – «Автоматизація та приладобудування».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, що засвідчує особистий внесок здобувача у розвиток інформаційно-вимірвальних систем контролю параметрів технологічних процесів та моделювання багатопараметричних п'єзоелектричних датчиків для складних умов експлуатації.

Розглянувши зміст дисертації, можна зробити висновок, що робота є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить ознак порушення принципів академічної доброчесності. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

4. Мова та стиль викладення результатів

Дисертація викладена українською мовою із застосуванням наукової термінології, що відповідає сучасним вимогам метрології, інформаційно-вимірвальної техніки, автоматизації та приладобудування. Результати дослідження подані у логічній і зрозумілій формі, що сприяє сприйняттю складних аспектів математичного моделювання, побудови п'єзоелектричного датчика, цифрового оброблення сигналів та оцінювання ефективності технологічного впливу.

Зміст *анотації* є стислим узагальненням основних положень дисертаційної роботи, наукової новизни, практичного значення та результатів дослідження. Анотацію подано державною та англійською мовами.

У *вступі* наведено загальну характеристику дисертаційного дослідження, обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, об'єкт, предмет і завдання дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, зазначено особистий внесок здобувача, апробацію результатів і структуру роботи.

У *першому розділі* виконано аналіз сучасного стану проблеми зниження продуктивності нафтових свердловин, розглянуто методи впливу на привибійну зону пласта, причини погіршення її фільтраційно-ємнісних властивостей та обґрунтовано необхідність створення інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів адаптивного імпульсного впливу.

У *другому розділі* удосконалено математичну модель електричного імпедансу багатопараметричного п'єзоелектричного датчика. Важливо, що модель враховує параметри імпульсного навантаження, динаміку тиску, коливальні процеси, характеристики привибійної зони та дестабілізуючі чинники контрольованого середовища, що підвищує адекватність опису процесів вимірювального перетворення.

Третій розділ присвячено розробленню методу та алгоритмів автоматизованого оцінювання ефективності адаптивного імпульсного впливу на основі оброблення сигналів багатопараметричного п'єзоелектричного датчика. У ньому обґрунтовано використання часових, спектральних та енергетичних ознак динамічної реакції пласта, а також структуру інформаційно-вимірювальної системи.

У *четвертому розділі* наведено результати експериментальних досліджень і випробувань розробленої інформаційно-вимірювальної системи. Показано, що система забезпечує високу точність і відтворюваність вимірювань, дозволяє оцінювати ефективність адаптивного імпульсного впливу та визначати раціональні режими дії для підвищення продуктивності свердловин.

У *загальних висновках* систематизовано основні результати теоретичних і експериментальних досліджень відповідно до поставлених завдань, а в *додатках* наведено матеріали, що підтверджують практичну значущість та апробацію результатів роботи.

5. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Результати досліджень, подані в дисертації, опубліковані у десяти наукових працях, у тому числі у п'ятих статтях у наукових фахових виданнях (з них – у трьох

статтях, включених до періодичних наукових фахових видань, проіндексованих у базі Scopus) та п'яти тезах доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Науковий рівень публікацій здобувача є достатньо високим, а їх зміст відповідає основним положенням дисертаційної роботи. Публікації відображають результати моделювання імпульсних пристроїв, алгоритмічного забезпечення, дослідження параметрів адаптивної електрогідравлічної імпульсної системи та застосування інформаційно-вимірювальних підходів для контролю технологічних параметрів нафтових свердловин.

Основні положення та результати досліджень доповідалися на міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях, що підтверджує достатній рівень апробації роботи та відкритість отриманих результатів для фахового обговорення.

Загалом, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повною мірою висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

6. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Дисертація є завершеною науковою працею, яка містить значні наукові та практичні результати. Водночас слід зазначити низку аспектів, які можуть бути враховані у подальших дослідженнях:

1. У розділі моделювання електричного імпедансу багатопараметричного п'єзоелектричного датчика доцільно було б детальніше проаналізувати вплив геометричних параметрів чутливого елемента, електродної структури та способу механічного закріплення на форму імпедансної характеристики.
2. Бажано було б розширити опис впливу матеріальних констант п'єзоелектричного елемента, зокрема коефіцієнтів електромеханічного зв'язку, діелектричної проникності та механічної добротності, на точність моделі вимірювального перетворення.
3. У роботі доцільно було б більш детально подати процедуру калібрування багатопараметричного п'єзоелектричного датчика за одночасної дії тиску, імпульсного навантаження та коливальних процесів, оскільки це має безпосереднє значення для метрологічної простежуваності вимірювань.

4. Певного уточнення потребує оцінювання перехресної чутливості каналів вимірювання багатофункціонального датчика, зокрема розділення впливів тиску, вібрації, температури та акустичних складових сигналу.
5. Доцільно було б додатково розглянути можливі нелінійні ефекти, гістерезис і зміну параметрів п'єзоелектричного елемента під час тривалого циклічного імпульсного навантаження, що є важливим для промислових умов експлуатації.
6. У розділі експериментальних досліджень варто було б ширше подати метрологічний аналіз невизначеності результатів, отриманих за допомогою багатопараметричного п'єзоелектричного датчика, з урахуванням похибок первинного перетворення, оброблення сигналів і формування інтегрального показника ефективності.
7. Корисним було б доповнити роботу порівнянням різних варіантів конструктивної реалізації п'єзоелектричного датчика або його вимірювальних каналів з погляду чутливості, стабільності, частотного діапазону та відтворюваності результатів контролю.

Зазначені зауваження не є критичними, не знижують наукової новизни та практичної значущості результатів дисертаційної роботи, а можуть бути використані як напрями подальшого вдосконалення запропонованої інформаційно-вимірювальної системи та методів моделювання багатофункціональних п'єзоелектричних датчиків.

7. Висновок про дисертаційну роботу

Дисертація Бута Вячеслава Олександровича на тему «Інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів та оцінювання ефективності адаптивного імпульсного впливу на привибійну зону нафтових свердловин» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням, сукупність теоретичних і практичних результатів якого розв'язує актуальне науково-прикладне завдання у галузі метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в

п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Дисертація може бути представлена для офіційного захисту в разовій спеціалізованій вченій раді, а її автор, В. О. Бут, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 – «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка».

Рецензент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри приладобудування,
мехатроніки та комп'ютеризованих
технологій Черкаського державного
технологічного університету



Костянтин БАЗІЛО

Підпис

д-ра техн. наук, професора К.В.Базіла
засвідчую

Учений секретар Черкаського
державного технологічного
університету, канд. техн. наук, доцент



Ірина МИРОНЕЦЬ