

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента

Тичкова Володимира Володимировича

на дисертаційну роботу

Бута Вячеслава Олександровича

на тему «Інформаційно-вимірювальна 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»

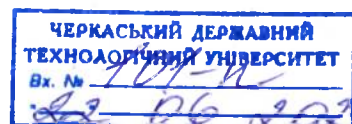
за спеціальністю 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

Актуальність теми дисертації.

Актуальність теми дисертаційної роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності, технологічної надійності та метрологічної достовірності процесів інтенсифікації нафтовидобутку в умовах виснажених родовищ, складної геолого-технічної будови свердловин і зростання вимог до енергоефективного керування технологічними впливами. Привибійна зона нафтових свердловин є динамічним і складно контрольованим об'єктом, стан якого визначається фільтраційно-ємнісними властивостями пласта, характером кольматації, режимами імпульсної дії, параметрами тиску, коливальними процесами та впливом дестабілізуючих чинників.

У цих умовах особливого значення набуває створення інформаційно-вимірювальних систем, здатних не лише реєструвати параметри адаптивного імпульсного впливу, але й виконувати оброблення сигналів, аналіз інформативних ознак, оцінювання ефективності впливу та підтримку прийняття діагностичних рішень.

Дисертаційна робота Бута В.О. присвячена розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі підвищення достовірності контролю параметрів та точності оцінювання ефективності адаптивного імпульсного впливу на



привибійну зону нафтових свердловин на основі створення інформаційно-вимірювальної системи нового покоління.

Запропоновані в роботі методичні, математичні, інструментальні та інформаційні рішення є важливими для розвитку метрології та інформаційно-вимірювальної техніки, оскільки забезпечують інтеграцію вимірювання, цифрового оброблення сигналів, нейромережевого та регресійного аналізу, оцінювання невизначеності і формування кількісно обґрунтованого показника ефективності технологічного впливу.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукові результати, отримані здобувачем, заслуговують на позитивну оцінку. Дисертаційна робота має логічну структуру, матеріал викладено послідовно, мету та задачі дослідження сформульовано коректно, а наукові положення, висновки і практичні рекомендації достатньо обґрунтовані результатами теоретичного моделювання, експериментальних досліджень та метрологічного аналізу.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у 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 приви́бійну 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 приви́бійної 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.

Положення та висновки дисертаційної роботи підтверджено комплексом методів, що включає математичне і комп'ютерне моделювання, теорію вимірювань, теорію інформаційно-вимірювальних систем, аналіз електричного імпедансу, цифрове оброблення сигналів, статистичний і нейромережевий регресійний аналіз, активне планування експерименту та оцінювання метрологічних характеристик розроблених засобів.

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректною постановкою задач дослідження, використанням адекватного математичного апарату, експериментальною перевіркою розробленої інформаційно-вимірювальної системи, аналізом похибок і невизначеності, а також зіставленням отриманих результатів із даними, характерними для сучасних систем моніторингу та діагностування процесів нафтовидобутку.

Отже, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання виконано повністю, а здобувач продемонстрував належне оволодіння методологією наукової діяльності.

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.

За своїм змістом дисертаційна робота Бута Вячеслава Олександровича узгоджується з предметною областю спеціальності 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» та відповідає освітньо-науковій програмі підготовки докторів філософії у галузі знань 15 – «Автоматизація та приладобудування».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, у якій отримано нові наукові результати та запропоновано практично орієнтовані рішення для побудови інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів і оцінювання ефективності адаптивного імпульсного впливу на привибійну зону нафтових свердловин.

Розглянувши зміст дисертаційної роботи, опубліковані наукові праці здобувача, а також характер використання літературних джерел, можна зробити висновок, що робота є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить ознак порушення академічної доброчесності. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертація написана українською мовою із застосуванням наукової термінології, що відповідає вимогам метрології, інформаційно-вимірювальної техніки, автоматизації технологічних процесів, цифрового оброблення сигналів і моделювання складних динамічних систем. Матеріал викладено логічно й послідовно, що сприяє розумінню як теоретичних положень, так і практичних аспектів побудови інформаційно-вимірювальної системи.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, об'єкт, предмет і задачі дослідження, сформульовано наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, наведено інформацію щодо апробації, публікацій та структури роботи.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану проблеми зниження продуктивності нафтових свердловин, методів впливу на привибійну зону пласта, причин погіршення фільтраційно-ємнісних властивостей та наявних технологій інтенсифікації припливу вуглеводнів. У розділі також обґрунтовано необхідність застосування інформаційно-вимірювальних систем, що поєднують функції контролю, аналізу та оцінювання ефективності імпульсного впливу.

У другому розділі удосконалено математичну модель електричного імпедансу багатопараметричного п'єзоелектричного датчика. Модель враховує параметри імпульсного навантаження, динаміку тиску, коливальні процеси, характеристики привибійної зони та вплив дестабілізуючих чинників контрольованого середовища.

Третій розділ присвячено розробленню методу та алгоритмів автоматизованого оцінювання ефективності адаптивного імпульсного впливу. У ньому обґрунтовано виділення часових, енергетичних і спектральних ознак динамічної реакції пласта, структуру інформаційно-вимірювальної системи та функціональну інтеграцію підсистем вимірювання, оброблення сигналів, аналізу і керування.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень і випробувань розробленої інформаційно-вимірювальної системи. Особливої уваги заслуговує використання нейромережевого регресійного аналізу та засобів машинного навчання для виявлення складних нелінійних залежностей між параметрами імпульсного впливу, характеристиками сигналів і показниками ефективності. Це підвищує обґрунтованість вибору раціональних режимів впливу та розширює функціональні можливості системи.

У загальних висновках систематизовано основні теоретичні та експериментальні результати відповідно до поставлених задач. У додатках наведено матеріали, що підтверджують практичну цінність запропонованих рішень, зокрема цільові метролого-функціональні характеристики, результати моделювання, програмні лістинги, експериментально-розрахункові дані та оцінку невизначеності.

Дисертація оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Результати дисертаційної роботи опубліковано у десяти наукових працях, у тому числі у п'ятьох статтях у наукових фахових виданнях, з яких: дві статті – у фахових виданнях України категорії Б та три статті, що включені до періодичних наукових фахових видань, проіндексованих у наукометричній базі Scopus, а також п'ять публікацій в матеріалах і тезах наукових конференцій.

Основні положення та результати досліджень доповідалися на наукових конференціях, що свідчить про належний рівень апробації дисертаційної роботи. Особистий внесок здобувача у працях, виконаних у співавторстві, визначено коректно, а тематика публікацій безпосередньо відповідає змісту дисертаційного дослідження.

Рівень і кількість публікацій відповідає «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою КМУ від 12 січня 2022 р. № 44.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

Подана дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням із вагомими науковими та практичними результатами. Разом із тим, окремі положення можуть бути уточнені або розвинуті у подальших дослідженнях:

1. У роботі доцільно було б ширше подати методику формування навчальної, валідаційної та тестової вибірок для нейромережевого регресійного моделювання, оскільки саме якість вихідних даних істотно впливає на достовірність прогнозування ефективності адаптивного імпульсного впливу.
2. Потребує додаткового пояснення вибір архітектури нейронної мережі, кількості прихованих нейронів, функцій активації та критерію зупинки навчання, що дало б змогу краще оцінити стійкість моделі до перенавчання та її придатність для практичних задач контролю.
3. Доцільним було б доповнити результати нейромережевого моделювання порівнянням із простішими регресійними або статистичними моделями за однаковими метрологічними показниками, зокрема середньоквадратичною похибкою, коефіцієнтом детермінації та стабільністю прогнозу.
4. У експериментальній частині роботи варто було б детальніше описати процедуру оцінювання невизначеності вимірювань для основних параметрів імпульсного впливу, зокрема тиску, тривалості імпульсу, енергетичних характеристик сигналу та інтегрального показника ефективності.
5. Бажано було б більш чітко виокремити внесок окремих складових похибки вимірювального каналу багатопараметричного

п'єзоелектричного датчика, зокрема похибок перетворення, дискретизації, частотної характеристики, температурного дрейфу та шумових складових.

6. Під час опису алгоритмів цифрового оброблення сигналів доцільно було б додатково розглянути процедури виявлення аномальних вимірювальних даних, фільтрації викидів та контролю стабільності сигналів перед їх поданням на вхід нейромережевої або регресійної моделі.
7. У розділі експериментальних досліджень варто було б подати розширену статистичну оцінку повторюваності та відтворюваності результатів для різних режимів адаптивного імпульсного впливу, що посилює метрологічне обґрунтування практичного застосування розробленої системи.

Водночас наведені зауваження не мають критичного характеру, не знижують загальної наукової новизни та практичної значущості отриманих результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

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, є завершеною кваліфікаційною науковою працею, містить нові науково обґрунтовані результати та має вагоме практичне значення для розвитку метрології, інформаційно-вимірювальної техніки, автоматизації та технологій моніторингу процесів нафтовидобутку.

За актуальністю теми, обсягом проведених досліджень, науковою новизною, достовірністю отриманих результатів, практичним значенням, рівнем апробації та публікаційною активністю дисертаційна робота відповідає вимогам «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, та вимогам до оформлення дисертації, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40.

Здобувач Бут Вячеслав Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 – «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 152 – «Метрологія та інформаційно-виміррювальна техніка».

Рецензент:

Кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри приладобудування,
мехатроніки та комп'ютеризованих
технологій Черкаського державного
технологічного університету



Володимир ТИЧКОВ

Підпис канд. техн. наук, доцента

Тичкова В.В. засвідчую

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



Ірина МИРОНЕЦЬ