

ВІДГУК

офіційного опонента, провідного наукового співробітника,
доктора фізико-математичних наук
НЕЛІ ВОЛОДИМИРІВНИ НІКІТІНОЇ на дисертаційну роботу

Катерини Григорівни Левчук

« Удосконалення наукових основ моделювання динамічних процесів
ліквідації прихоплень бурильного інструмента », ,

подану до захисту у спеціалізовану вчену раду Д 20.052.04
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу
на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості

Актуальність проблеми досліджень та її зв'язок з державними і галузевими програмами

Для збільшення видобутку вуглеводневих ресурсів необхідно збільшити буріння глибоких та надглибоких свердловин, які в свою чергу вимагають використання надійного обладнання. В ускладнених умовах буріння збільшується кількість аварій, пов'язаних з прихопленнями бурильного інструмента. Процес вивільнення колони бурильних труб супроводжуються динамічними явищами, які істотно впливають як на ефективність ліквідації наслідків аварій, так і на надійність експлуатації бурових установок, механічних пристроїв ударної та вібраційної дії.

Ряд питань, пов'язаних з механічними способами ліквідації прихоплень бурильного інструмента залишаються недостатньо розробленими, до того ж не мають математичного підґрунтя. Відсутній обґрунтований методичний підхід до великого обсягу накопиченого статистичного матеріалу щодо вибору фізичних параметрів механізмів, які використовують для вивільнення прихопленої бурильної колони у породах з різними механічними властивостями. Не розроблено математичні моделі, що описують динаміку бурильної установки з урахуванням усіх її елементів.

Отже, зусилля для вивчення даних питань є не лише актуальними, а й потребують подальшого удосконалення. **Актуальність даної роботи** обумовлена необхідністю розвитку існуючих та створення нових високоефективних методів і технологій, пов'язаних з використанням імпульсу і енергії, що накопичуються механічними пристроями у процесі спорудження свердловин.

Дисертаційна робота Катерини Григорівни Левчук спрямована на удосконалення наукових основ, створення методології аналізу динамічних процесів у механічних системах бурових установок, що виникають під час вивільнення прихоплених бурильних труб, на основі застосування узагальненої континуально-дискретної бурильної колони з урахуванням динаміки всіх її елементів. Тому дослідження проведені у дисертації є актуальними і мають важливе наукове і практичне значення.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі «Нафтогазових машин та обладнання» Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу на актуальну тематику з удосконалення наукових основ моделювання динамічних процесів під час ліквідації прихоплень бурильного інструмента на основі розвитку теоретичних досліджень та узагальнення промислових даних.

Дисертаційну роботу виконано відповідно до координаційного плану держбюджетної науково-дослідної тематики комплексної цільової програми «Науково-організаційні засади нарощення видобутку вітчизняних нафти і газу та диверсифікація постачання енергетичних ресурсів для підвищення енергетичної безпеки України», спрямованої на реалізацію «Програми енергоощадливості», складової Стратегії сталого розвитку «Україна-2020».

Аналіз структури та змісту, ступінь обґрунтованості наукових положень дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел із 318 найменувань і шести додатків. Основний текст дисертації викладено на 282 сторінках і містить 101 рисунок, 39 таблиць.

Дисертаційна робота складається зі вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел із 318 найменувань і шести додатків. Основний текст дисертації викладено на 282 сторінках і містить 101 рисунок, 39 таблиць.

У вступі(с. 24–33) обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання дослідження, окреслено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, визначено особистий внесок здобувачки, наведено відомості про апробацію результатів роботи та про публікації за темою дисертації, подано структуру дисертаційної роботи.

Перший розділ(с. 34–76) присвячено аналізу стану розробок та публікацій щодо причин виникнення прихоплень, огляду способів ліквідації прихоплень бурильного інструмента. Розглянуто основні тенденції удосконалення ударних і вібраційних способів ліквідації прихоплень. Описано основні підходи, що застосовують математичні моделі ліквідації прихоплень. Складність і багатофакторність об'єктів, вимагає долучення комп'ютерних розрахунків. Здобувачкою виділено основні напрямки для удосконалення і подальшого розвитку наукових основ моделювання динаміки бурильної колони з вмонтованими механізмами для ліквідації прихоплень.

У другому розділі(с. 77–89) дисертаційної роботи авторкою вивчено природу виникнення сил опору в зоні прихоплення, які змінюють свої фізично-механічні або фізико-хімічні властивості. На основі даних про контактний тиск між гірською породою і прихопленими трубами за геофізичними промисловими даними вперше запропоновано побудувати аналітичні функції розподіленого тиску обтиснення бурильних труб за допомогою інтерполяційних поліномів Лагранжа або ортогональних поліномів Чебишова. Вперше одержано методику інтерполяції утримуючих сил.

Авторкою узагальнено рекомендації щодо попередження всіх видів прихоплень. На основі запропонованих рекомендацій здобувачкою у півавторстві створено конструкції випрямляча стовбура свердловини і шарошкового калібратора, які випрямляючи стовбур свердловини, запобігають процесу виникнення ускладнень при прокладанні газових і нафтових свердловин.

Третій розділ(с. 90–115) присвячено обґрунтуванню обраного підходу досліджень, описано багатомасову механічну систему. Досліджується, порядок здійснення її декомпозиції на структурні елементи.

Здобувачкою вперше сформульовано та розв'язано задачу ліквідації прихоплень колони бурильних труб методом фрикційних автоколиваний, одержано узагальнену математичну модель для дослідження динамічних процесів ліквідації прихоплень при бурінні вертикальних та похило-скерованих свердловин.

На основі досліджень коливальних явищ у континуально-дискретній бурильній колоні показано, що плавність її руху можна регулювати варіюванням швидкості на гакоб-лоці талевої системи, а нутаційних тремтінь необхідно позбавлятися шляхом регулювання частоти коливань талевого каната. Надано обґрунтовані рекомендації зі згладжування вібрацій бурильної колони, викликаних навантаженнями, що її утримують.

У четвертому розділі(с. 116–164) вивчено динамічні процеси ліквідації прихоплень бурильного інструмента за допомогою ударних пристроїв. Для цього на основі імітаційного моделювання досліджено динаміку бурової установки з вмонтованим ударним механізмом за теорією Г. Герца.

Порівняння отриманих результатів за класичною теорією Г. Герца з промисловими даними показало, що оцінити закон зміни ударної сили можна наближено, оскільки вона не враховує хвильових процесів, що розповсюджуються вздовж труб із швидкістю хвилі. Для отримання точнішої картини опису процесу удару запропоновано новий підхід, що описується теорією пружності для приконтатної зони, та методом плоскої хвилі Сен-

Венана. Здобувачкою вперше розроблена методика побудови хвильової діаграми для прихопленої бурильної колони у випадку використання ударних механізмів.

Подальший розвиток дослідження, спрямован на збільшення ударного імпульсу за рахунок тривалості удару шляхом вмонтування в обважену бурильну трубу амортизатора. Встановлено, якщо амортизатор вмонтовано у верхній частині обваженої бурильної труби, то ударний імпульс має один максимум на початку і з часом швидко згасає. У випадку опускання амортизатора вздовж обваженої бурильної труби максимальна ударна сила зменшується, максимум наступає пізніше, більше того з'являється ще і другий максимум.

Розвинені методики і математичні моделі, проведені розрахункові алгоритми і складені комп'ютерні програми для числового дослідження динамічних процесів, що виникають під час вивільнення прихопленої бурильної колони, значно підвищують точність визначення експлуатаційних характеристик ударних пристроїв, і на їхній основі здобувачкою у співавторстві запропоновано нові технічні рішення двох конструкцій пристроїв для ліквідації прихопленя при бурінні.

П'ятий розділ(с. 165–204) присвячено дослідженню динамічних процесів ліквідації прихопленя бурильного інструмента за допомогою вібрацій. Удосконалено наукові основи моделювання динамічного процесу передачі вібропристроєм коливань у місце прихоплення бурильної колони, розроблено рекомендації щодо застосування вібраторів.

За допомогою розрахункових схем бурильних колон з поверхневими і глибинними осциляторами для збурення вібрацій як поздовжніх, так і поперечних, розроблено нові математичні моделі та комплекс програм, що дозволили провести параметричні дослідження динамічних процесів у колонах з прихопленнями бурильними трубами.

У результаті розв'язку систем хвильових рівнянь з неоднорідними крайовими умовами і числових досліджень за допомогою комп'ютерних програм побудовано переміщення перерізів бурильної колони, амплітудно-частотні характеристики вимушених коливань. Проведені дослідження підтвердили, що за наявності в'язкого опору зменшення амплітуди таких коливань визначається в'язкістю промивальної рідини.

Показано, що у випадку збурення поздовжніх вібрацій додаткова складова вимушених коливань має форму стоячих хвиль і не переносить енергію вздовж бурильних труб. До того ж, їхнім впливом на вібрацію бурильної колони можна знехтувати. Таким чином, для ефективного вивільнення прихопленого бурильного інструмента при збуренні поздовжніх коливань, необхідно забезпечити оптимальні параметри саме біжучим хвилям.

У випадку використання осциляторів поперечної дії стоячі й біжучі хвилі вимушених коливань характеризуються співмірними амплітудами і тому підсилюють одна одну. У такому випадку вібраційний пристрій доцільно розміщувати поблизу «голови» прихоплення, щоб коливання нерухомих хвиль приводили до безпосереднього руйнування в'язей.

У шостому розділі(с. 205–226) проведено оцінювання залежності динамічних процесів ліквідації прихопленя бурильного інструмента від механічних властивостей матеріалів, з яких виготовляють бурильні труби. Наведено рекомендації з підбору матеріалу для трубопроводу.

Оскільки, щоб попередити прихоплення бурильного інструмента і знизити непродуктивні витрати необхідно проводити попередні дослідження і здійснювати оперативний контроль експлуатаційної міцності прихоплених бурильних труб. Ліквідація аварії вимагає застосування ударних пристроїв для вивільнення прихопленя, яке супроводжується нанесенням інтенсивних імпульсних зовнішніх навантажень, або тривалого використання вібраторів, яке зменшує довговічність і надійність матеріалу бурильних труб. У роботі проведено оцінювання напружено-деформованого стану бурильних труб у залежності від матеріалу, з якого вони виготовлені.

Розв'язано задачу теорії пружності бурильних труб, одержано аналітичні залежності для напружень, що виникають у поперечних перерізах прихопленої бурильної труби при

ударі й вібрації. Це дозволить значно підвищити точність визначення експлуатаційних навантажень, оцінити міцність, прогнозувати довговічність і залишковий ресурс бурильних трубті інших елементів бурових установок, що використовують для вивільнення прихопленої у свердловині колони труб.

Сьомий розділ(с. 227–277) присвячено розробці рекомендацій щодо застосування ударних і вібраційних пристроїв для зменшення тривалості та вартості ліквідації найскладніших аварій. Також у розділі описано принцип роботи та наведено конструкції запатентованих приладів, запропоновано шляхи їх використання.

Для проведення числових експериментів авторкою власноручно розроблено комп'ютерні програми, а розроблені рекомендації стали підґрунтям для створення інструктивних документів, наведених у додатках.

Дисертаційна робота завершується **висновками**(с. 278–282), які узагальнюють основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, і списком використаних джерел інформації (с. 284–313).

У **додатку А** (с. 314–320) наведено список публікацій за темою дисертації; у **додатку Б**(с. 321–331) наведено текст програм моделювання динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента способом фрикційних автоколиваний; у **додатку В** (с. 332–367) — текст програм розрахунку динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента ударним способом; у **додатку Г**(с. 368–407) — текст програм розрахунку динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента вібраційним способом; у **додатку Д** (с. 408–445) — Інструкції з використання механічних способів ліквідації прихоплень бурильного інструмента; у **додатку Е** (с. 446–449) — акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертаційної роботи і достатньо повно відображає основні її положення.

Отже, наукові положення, загальні висновки і розроблені рекомендації у роботі мають високий науковий ступінь та практичність, що підтверджено впровадженням результатів дисертації у виробництво та навчальний процес Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Достовірність та обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій основних положень дисертації

У результаті аналізу дисертаційної роботи можна зробити висновок, що наукові положення роботи ґрунтуються на ретельному вивченні динамічних явищ у бурильній колоні під час ліквідації прихоплень бурильного інструмента механічними способами. Достовірність та обґрунтованість основних результатів, висновків і рекомендацій забезпечуються узгодженістю побудованих математичних моделей, строгістю і коректністю постановки та розв'язання розглянутих у роботі завдань і підтверджується відповідністю одержаних наукових результатів відомим результатам аналітичних, експериментальних та промислових даних.

Наукова новизна результатів дисертаційних досліджень

Розроблені математичні моделі й проведені дослідження відображають наступну наукову новизну дисертаційної роботи:

- отримано аналітичні залежності для розподілених утримуючих сил на основі інтерполяційних поліномів Лагранжа і ортогональних поліномів Чебишова;
- запропоновано новий метод фрикційних автоколиваний щодо ліквідації прихоплень бурильного інструмента у похило-скерованих свердловинах;
- вперше робочий цикл процесу вивільнення бурильного інструмента за допомогою ударного способу розбито на чотири етапи;
- розроблено нові математичні моделі для дослідження динаміки вивільнення прихопленого бурильного інструмента при збуренні фрикційних автоколиваний, нанесенні удару,

або дії вібрації з урахуванням конструктивних та технологічних особливостей динаміки механічної системи;

– оцінено вплив параметрів механічних пристроїв на зусилля і напруження в поперечних перерізах бурильних труб та ефективність вивільнення бурильного інструмента;

– власноруч розроблені комп'ютерні програми для дослідження динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента на основі структурно-орієнтованого підходу при реалізації динамічних моделей;

– створено програмний комплекс для дослідження динаміки досліджуваних механічних систем з модулями, що забезпечують оперативну побудову конкретної механічної конструкції.

Практичне значення дисертаційної роботи

Розроблені у дисертаційній роботі математичні моделі, розрахункові алгоритми і комп'ютерні програми для проведення досліджень динамічних процесів, що виникають під час вивільнення прихопленої колони бурильних труб, дають можливість визначати динамічні експлуатаційні навантаження у перерізах бурильних труб, оцінювати міцність, прогнозувати довговічність бурових установок і пристроїв ударної та вібраційної дії.

Запропоновані дисертанткою нові технічні рішення випрямлячів і пристроїв для ліквідації прихоплень колони бурильних труб дають можливість попереджати виникнення прихоплень, збільшувати ударний імпульс, визначати ударні характеристики під час удару, що значно підвищує ефективність проведення ремонтно-відновлювальних робіт на свердловинах.

Розроблені інструкції з використання ударних пристроїв і осциляторів для ліквідації прихоплень бурильного інструмента пройшли промислові випробування на підприємствах ТЗОВ «Інтербур» ЛТД, ТЗОВ «Нафтогазтехнологія», ПНДП «ІНТТЕХ».

Результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес на кафедрі нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за спеціальністю 185 «Нафтогазова інженерія та технології».

Технічну новизну розробок захищено одним свідоцтвом про реєстрацію авторського права і чотирма патентами на корисні моделі.

Аналіз викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи автором опубліковано у 47 наукових працях, серед них 23 статі у наукових фахових виданнях України (з них 11 одноосібно) та 2 статті у наукових журналах інших держав, 9 з яких у журналах, що включено до міжнародних наукометричних баз; 4 патенти України на корисні моделі, 1 авторське свідоцтво на комп'ютерну програму, 13 тез у збірниках матеріалів конференцій.

В опублікованих працях повністю висвітлено всі основні положення, результати, висновки і рекомендації дисертаційної роботи, що вказує на достатньо повну апробацію дисертації. Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

Таким чином, отримані здобувачем наукові результати повністю висвітлені в публікаціях у фахових виданнях.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є особистим науковим доробком Левчук К. Г. Її особистий внесок полягає у визначенні та формулюванні мети і завдань роботи, наукових положень, постановці завдань, проведенні теоретичних та експериментальних досліджень, аналізі та обробці результатів, розробленні і теоретичному обґрунтуванні заходів та засобів, спрямованих на підвищення ефективності процесу вивільнення прихопленого бурильного інструмента.

Теоретичні та експериментальні дослідження, висновки та рекомендації сформульо-

вані у дисертації Катерини Григорівни Левчук. «Удосконалення наукових основ моделювання динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента» науково обґрунтовані, аргументовані, достовірні.

Матеріали дисертації викладено логічно, послідовно, на високому професійному рівні. Основні результати вносять певний внесок у нафтогазову наукову галузь. Зміст дисертації відповідає поставленій меті дослідження та її назві. Рукопис дисертації та автореферат оформлені згідно зі встановленими нормами.

Дисертаційна робота має науково-практичне спрямування і повністю відповідає паспорту спеціальності 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості.

Зауваження.

Вважаю, що кількість числових прикладів можна було б і збільшити для більш наочного представлення отриманих результатів. Вищезгадане побажання не впливає на позитивну оцінку дисертаційної роботи і не знижує її наукового та практичного значення.

Загальні висновки до дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Катерини Григорівни Левчук є завершеною науковою працею, в якій одержано нові науково обґрунтовані результати, які у сукупності вирішують наукове завдання підвищення ефективності ліквідації прихоплень бурильного інструмента. Дисертанткою удосконалено наукові основи моделювання динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента на основі застосування узагальнених розрахункових моделей з урахуванням усіх елементів бурильної установки ударним і вібраційним способами та вперше запропонованим методом фрикційних автоколивань. Одержані здобувачкою результати отримані вперше, нові, апробовані у промисловості і впроваджені у навчальний процес.

Матеріали дисертації викладено логічно та послідовно на високому професійному рівні. Автореферат точно і повно відображає основні положення дисертаційної роботи, ідентичний основному змісту дисертації.

На основі наведеного вище вважаю, що дисертаційна робота Катерини Григорівни Левчук «Удосконалення наукових основ моделювання динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента» є завершеною, самостійно виконаною науковою працею, що відповідає паспорту спеціальності 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості, вимогам пунктів 9, 10 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567, та вимогам Міністерства освіти і науки України щодо докторських дисертацій, а її авторка Катерина Григорівна Левчук заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості.

Офіційний опонент

доктор фізико-математичних наук
провідний науковий співробітник
Інституту механіки ім. С. П. Тимошенка
НАН України



Н.В. Нікітіна

Особистий підпис Н.В. Нікітіної засвідчую
Вчений секретар Інституту механіки
ім. С. П. Тимошенка НАН України
доктор фізико-математичних наук

*Відрук надійшов
всезу ряду 0 20.05*

Учений секретар

