

## В І Д Г У К

офіційного опонента доктора технічних наук, професора  
Харченка Євгена Валентиновича на дисертаційну роботу  
ЛЕВЧУК Катерини Григорівни

### *«Удосконалення наукових основ моделювання динамічних процесів ліквідації прихоплені бурильного інструмента»,*

представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості

На розгляд представлено дисертацію і автореферат роботи, що виконувалася в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу. Дисертація Левчук К. Г. є узагальнюючою науковою роботою, яка виконана особисто у вигляді рукопису.

Робота містить: вступ, сім розділів, загальні висновки, перелік літературних джерел, який налічує 318 найменувань та додатки. Загальний обсяг роботи складає 449 сторінок машинописного тексту, а обсяг основного тексту складає 282 сторінки.

#### **1. Актуальність теми досліджень та її відповідність планам наукових досліджень**

Забезпечення України паливно-енергетичними і сировинними ресурсами — одна з найважливіших проблем, від якої залежить її вихід з глибокої економічної кризи. У середньому в Україні видобувається близько 21 млрд. м<sup>3</sup> газу при щорічній потребі 70 млрд. м<sup>3</sup>. Схожа ситуація спостерігається і у видобутку нафти. При потребі у 30 млн. т, Україна видобуває лише 2,3 млн. т. Особливе значення має розвідування, прокладання і експлуатація нафтогазових родовищ у надрах української землі.

Поряд з тим, бурові компанії несуть значні збитки з причини виникнення прихоплені бурильного інструмента, зумовлені втратами часу на їх ліквідацію, необхідністю буріння бокового стовбура, або до повною втратою свердловини. За статичними даними найрозповсюдженішими ускладненнями під час буріння є прихоплення бурильного інструмента, на які припадає понад 60% від загальної кількості аварій.

Отже, проблема попередження і ліквідації прихоплені бурильних і обсадних колон — одна з *найактуальніших у сучасному бурінні*. Для вивільнення прихопленого бурильного інструмента застосовують механічні механізми, зокрема, ударні пристрої та осцилятори. Проведений аналіз сучасних технічних засобів, технологій та існуючих моделей динамічних процесів бурильної колони в процесі ліквідації прихоплені показав доцільність і перспективність удосконалення саме механічних способів. Незважаючи на те, що в роботах можна ознайомитись з постановкою даної проблеми, але розв'язку математично змодельованих таких процесів на сьогодні не знайдено.

Оскільки, узагальнених математичних моделей, які б враховували особливості динаміки аварійної компоновки бурильної установки, не розроблено, основну увагу в представленій дисертації відведено вивченню динамічних процесів бурової установки з урахуванням всіх її елементів під час ліквідації прихоплені у залежності від їхніх параметрів та залежностей між ними.

Дисертаційна робота спрямована на вирішення *актуальної науково-технічної проблеми в галузі нафтової та газової промисловості*, яка пов'язана зі створенням обґрунтованого методичного підходу щодо ефективного застосування ударних і вібраційних пристроїв під час ліквідації прихоплені бурильного інструмента.



## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами**

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 ударними і вібраційними способами.

Дослідження проведено відповідно до 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».

Отже, рецензована дисертаційна робота Левчук К. Г. є актуальною і відповідає планам наукових досліджень Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

## **3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій**

Вказана вимога забезпечується системним підходом, чіткістю та послідовністю постановки задач дослідження.

У *вступі* автор обґрунтовує актуальність обраного для дослідження напрямку, формулює мету і задачі дослідження, наукову новизну, приводить дані про апробацію роботи, її практичну цінність, показує зв'язок з науковою тематикою.

У *першому розділі* на основі аналізу стану розробок та публікацій щодо причин виникнення і видів прихоплень, фізичної суті та огляду способів ліквідації прихоплень бурильного інструмента. Показано, що у випадку виникнення ускладнень найефективнішими залишаються ударний і вібраційний способи. Обґрунтовано, що існуючі математичні моделі динамічних процесів у процесі ліквідації прихоплень незамкнуті, оскільки необхідно описати сили взаємодії бурильних труб зі стінкою свердловини у разі їх прихоплення. Отже, проблема визначення взаємодії гірської породи і бурильних труб залишається невирішеною. Ця обставина і достатньо складний математичний апарат опису руху бурильної колони і наявність в системі неголономних реономних в'язей — основна перепона для розробки математичних моделей щодо методів ліквідації прихоплень бурильного інструмента у свердловині.

У цілому аналіз літературних джерел у роботі дуже переконливий.

На основі виконаного аналізу і огляду зроблено висновок, що створення нових методів і удосконалення основ моделювання динамічних процесів під час ліквідації прихоплень бурильного інструмента потребують подальшого розвитку.

У *другому розділі* запропоновано вперше розроблену методику інтерполяції розподіленого тиску обтиснення бурильних труб на основі даних про контактний тиск між гірською породою і прихопленими трубами. Одержані залежності дозволяють оцінювати екстремальні значення інтегральних сил прихоплень на кожній з прихоплених ділянок.

Нова методика спирається на аналіз причин виникнення й попередження прихоплень бурильного інструмента, існуючої техніки і методики робіт щодо визначення місця прихоплення.

Після проведення детального аналізу: місця, меж і виду прихоплення бурильної колони, напружено-деформованого стану бурильних труб надано рекомендації щодо вибору найефективнішого способу ліквідації аварії, а у випадку глибоких і надглибоких свердловин щодо розробки послідовності застосування різних способів вивільнення прихопленого



бурильного інструмента.

Узагальнено рекомендації щодо попередження різних видів прихоплень: перепаду тиску, прилипань до стінок свердловини, осипань і обвалів порід, зтяжок і заклинювань бурильних труб, плинності пластичних порід, сальників. Розроблені рекомендації стали підґрунтям для створення конструкцій випрямляча стовбура свердловини і шарошкового калібратора, що дозволяє випрямляти стовбур свердловини при ускладненнях (обвалах, зтяжках), а також порушувати в'язі бурильної колони зі стінками гірської виробки при проходженнях і розходжуванні бурильної колони.

У *третьому* розділі удосконалено наукові основи моделювання динамічних процесів бурова вежі, що містить усі її елементи: основа бурової установки, лебідка, талева система, з вмонтованим механізмом для ліквідації прихоплень. Запропоновано алгоритм дослідження коливань системи з розподіленими параметрами та зосередженими масами багаторозмірних конструкцій прихопленої бурильної колони зі змінними пружно-інерційними характеристиками. Показано, що спектр частот коливань колони бурильних труб не носить кратного характеру, і як наслідок коливання неперіодичні. Порушення періодичності коливань залежить від параметрів БК (матеріалу, площі поперечного перерізу, пружності секцій колони).

Вперше сформульовано та розв'язано задачу ліквідації прихоплень колони бурильних труб методом фрикційних автоколивань при бурінні вертикальних та похило-скерованих нафтових і газових свердловин. Оскільки рух прихопленої бурильної труби має коливальний характер, у якому періодично змінюються фази прилипання і ковзання-висмикування, виникають поштовхи викликані внутрішніми властивостями механічної системи, джерелом яких є тертя. Дослідження показали, що плавність руху та вібраційні тремтіння бурильної колони можна регулювати швидкістю на гакоблоці. Показано, що варіюванням швидкості та частоти коливань талевого каната можна налаштувати частоти коливань, інтервали руху і спокою, силу висмикування прихопленої бурильної колони. Надано обґрунтовані рекомендації зі згладжування вібрацій бурильної колони, викликаних навантаженнями, що її утримують.

На основі проведеного аналізу впливу швидкості підймання талевого блока, амплітуди і частоти збурювальної сили у верхньому перерізі аварійного компонування бурильної колони встановлено, що збільшення швидкості підймання гака талевого каната призводить до зростання амплітуди швидкості «голови» прихоплення, а збільшення частоти збурювальної сили вібраційного пристрою — до зменшення цієї ж амплітуди.

Надано обґрунтовані рекомендації зі згладжування вібрацій бурильної колони, викликаних навантаженнями, що її утримують, шляхом підживлення автоколивань гармонічним збуренням талевого каната на гаку.

У *четвертому* розділі удосконалено наукові основи моделювання динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента ударним способом. Дослідження проведено двома методами: за теорією Г. Герца та комбінованим методом, який для багаторозмірної бурильної колони запропоновано вперше. Для проведення досліджень створеної математичної моделі механічної системи, у якій використовують ударні механізми, динамічний процес вперше розбито на чотири етапи.

Показано, що теорія Г. Герца дозволяє досить наближено оцінити закон зміни ударної сили, оскільки розповсюдження напружень вздовж бурильних труб вважається миттєвим. Представлений метод добре відображає величину ударного імпульсу в місці зустрічі бойка із ковадлом, однак не враховує вплив фізичних властивостей гірських порід на за-



лежність ударної сили від часу в зоні прихоплення. Для отримання точнішої картини опису процесу удару розроблено методику дослідження динаміки колони бурильних труб з вмонтованим ударним пристроєм, що описується теорією пружності для приконтатної зони, та методом плоскої хвилі Сен-Венана.

В основі нового методу лежить побудова хвильової діаграми, вперше розроблена для бурильної колони здобувачкою. У результаті проведених досліджень з'ясовано, що ефективність ліквідації прихоплен аварійної компоновки бурильної колони визначається не величиною ударної сили, а ударним імпульсом. Тому хід бойка необхідно вибирати таким, що забезпечує допустимий напружено-деформований стан бурильних труб при максимально можливому ударному імпульсі. Проведені дослідження величини ударної сили за методом Г. Герца показали, що вона перевищує фізичну на 20–30%, тобто оцінити її можна досить наближено, оскільки розповсюдження напружень вздовж бурильних труб вважалися миттєвими.

Залежність величини коефіцієнта Герца від геометричних і фізичних характеристик бойка і ковадла лягли в основу створення у співавторстві конструкції пристрою для ліквідації прихоплен при бурінні зі зміненим геометриєю бойка і торця перехідника.

*П'ятий розділ* присвячено вібраційним методам ліквідації прихоплен бурильного інструмента. У цьому розділі удосконалено наукові основи моделювання динамічного процесу передачі вібропристроєм коливань у місце прихоплення бурильної колони, розроблено рекомендації щодо застосування вібраторів (налаштування резонансу на одну із власних частот бурильної колони, вибору амплітуди збурювальної сили, тривалості роботи) для ліквідації прихоплен бурильного інструмента.

У результаті експериментальних досліджень вдалося обґрунтувати рекомендації щодо вибору осциляторів, місця їх встановлення та методів передачі коливань, збурюваних ними, у зону прихоплення бурильної колони. За допомогою розроблених розрахункових схем бурильних колон з поверхневими і глибинними осциляторами для збурення вібрацій як поздовжніх, так і поперечних, одержаних математичних моделей та комплексу програм проведено параметричні дослідження динамічних процесів.

За результатами проведених досліджень вібраційного способу ліквідації прихоплен бурильної колони рекомендовано застосовувати поверхневі вібратори з поздовжнім збуренням коливань на глибинах до 200 м і налаштувати осцилятор на першу резонансну частоту; глибинні вібратори з поздовжнім збуренням коливань на глибинах понад 200 м і налаштувати вібропристрій на другу або третю власну частоту бурильної колони; на глибинах понад 2000 м — осцилятори, що збурюють поперечні нутаційні коливання; у випадку налаштування вібропристрою на власні частоти, вище третьої, осцилятор доцільно розташувати якомога ближче до зони прихоплення, оскільки збурені вібрації можуть привести до руйнування бурильних труб.

*У шостому розділі* проведено оцінювання впливу механічних властивостей матеріалів, з яких виготовляють бурильні труби, і гірських порід, що їх прихоплюють під час прокладання свердловин, на динамічні процеси ліквідації прихоплен бурильного інструмента. Наведено рекомендації з підбору матеріалу для трубопроводу.

Враховано, що стінки бурильних труб у похило-скерованій свердловині зазнають додаткових стискаючих контактних розподілених навантажень, зумовлених їх взаємодією із кіркою свердловини, і перебувають під дією фрикційних сил, викликаних тиском бурового розчину, який циркулює всередині та ззовні труб. Зазначено, що при моделюванні ліквідації прихоплен, що виникають у викривлених свердловинах, враховано ефект Стрі-



бека, оскільки контакт між бурильною колоною і свердловиною відбувається через змащення буровим розчином, що призводить до зниження сили тертя при ковзанні залежно від міри взаємодії контактуючих поверхонь та наявності змащувальної плівки. На криволінійних ділянках радіальні тиски є змінними величинами, що залежать від положення труб на свердловині та швидкості їхнього руху. Оскільки всі сили діють сумісно, враховується інтегральна сила опору руху бурильної колони.

Оскільки навантаження різко зростають із набором зенітного кута свердловини, а у випадку виникнення прихоплень внаслідок обвалів або налипання гірських порід можливе значне зростання сил опору, що перешкоджають переміщенню прихопленої бурильної труби і може привести до зупинки основних технологічних операцій буріння, у роботі розроблена методика оцінювання напружено-деформованого стану труб, тобто аналітичного дослідження динамічного процесу вивільнення прихоплених бурильних труб на викривлених ділянках свердловин.

Розроблена математична модель вивільнення прихопленого бурильного інструмента дозволяє шляхом проведення числових досліджень ще на етапі проектування попереджувати можливість виникнення і ліквідації прихоплень у розвіданих і спрогнозованих геологами небезпечних зонах. Дослідження динамічних процесів у прихопленій бурильній колоні під час вивільнення бурильного інструмента ударним або вібраційним способами показали, що для ефективної ліквідації аварії необхідно забезпечувати якомога більший імпульс ударних або збурених вібраційних сил, забезпечивши при цьому міцність бурильних труб.

Шляхом розв'язання задачі теорії пружності бурильних труб одержано аналітичні залежності для визначення радіальних зміцнень стінок прихопленої труби під дією удару й вібрації. Це дозволило обґрунтовано підбирати фізичні та конструктивні параметри, місце розташування механічних пристроїв, щоб уникнути залишкових деформацій при звільненні бурильного інструмента і не дозволити зазначеним пристроям перевищити допустимий рівень напружень. Проведено зіставлення роботи вібраційних, ударних та віброударних пристроїв для вивільнення прихопленої колони труб.

Показано, що при бурінні глибоких, надглибоких, похило-скерованих свердловин і, особливо, горизонтальних свердловин надзвичайно важливо знизити рівень напружено-деформованого стану бурильної колони, забезпечивши безаварійну роботу в умовах екстремальних навантажень, які доводиться прикладати у випадку ліквідації аварії.

У цьому розділі запропоновано методикку добору експлуатаційних параметрів ударних і вібраційних пристроїв для промислового застосування, описано роботу запатентованих конструкцій приладів, які рекомендовано до впровадження у практику аварійних робіт, на основі проведених досліджень наведено рекомендації з вибору параметрів і місця розташування ударних і вібраційних пристроїв для зменшення тривалості та вартості ліквідації найскладніших аварій.

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

Таким чином, у дисертації автором поставлено і вирішено комплекс задач, що обумовив широке застосування теоретичних та експериментальних досліджень з використанням розроблених математичних моделей динамічних процесів, які відбуваються у колоні бурильних труб при вивільненні прихопленого інструмента, сучасних методик досліджень та комп'ютерної техніки. Наукові положення, загальні висновки і розроблені рекомендації



у роботі мають високий ступінь наукової обґрунтованості та практичної доцільності. Це підтверджується впровадженням результатів дисертації у виробництво та у навчальний процес Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

#### **4. Достовірність наукових результатів та висновків**

У дисертаційній роботі значну увагу приділено всебічній теоретичній обґрунтованості основних наукових положень та висновків. Отримані результати теоретичних досліджень та експериментальних випробувань з динаміки аварійної бурильної установки підтверджують промислові дані, логічно доповнюючи їх.

Теоретичні дослідження проведено з використанням фундаментальних засад теоретичної механіки і математичної фізики та наступних методів: математичного моделювання динамічних систем, хвильової теорії та теорії локальних деформацій, апроксимації, плоскої хвилі Сен-Венана, обчислювальної математики, організації комп'ютерних систем моделювання складних динамічних об'єктів, обчислювального експерименту для числового дослідження різних форм моделей.

Прийняті в роботі основні положення та припущення є коректними, загальноприйнятими і не видозмінюють фізичної суті досліджуваних динамічних процесів у прихопленому бурильному інструменті, а також існуючих та розроблених методів ліквідації аварій.

Зазначене дозволяє зробити висновок, що сформульовані в дисертаційній роботі основні положення, рекомендації та висновки є *науково обґрунтованими*, а отримані результати досліджень – *достовірними*.

*Достовірність отриманих наукових результатів і висновків* забезпечується коректністю постановки задач дисертаційної роботи, системним підходом до розв'язання технологічних завдань, використанням науково обґрунтованих методів теоретичних і експериментальних досліджень. Основні висновки роботи узгоджуються з відомими промисловими даними.

#### **5. Наукова новизна результатів дисертації**

На основі результатів реалізації поставленої в дисертаційній роботі мети сформульовано наукову новизну щодо предмету дослідження.

Одержані у дисертації наукові результати об'єднують комплекс математичних моделей для дослідження динамічних процесів прихопленого бурильного інструменту, які охоплюють всі елементи бурової вежі та механічні пристрої, вмонтовані в неї, створено методологію технологічного застосування ударних і вібраційних методів для ліквідації аварій на нафтових і газових родовищах. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи полягає в наступному:

- отримано аналітичні залежності для утримувальних сил на основі удосконаленого методу визначення меж зон прихоплення та виділення ділянок з різним ступенем обтиснення колони бурильних труб гірською породою по довжині прихоплення;

- вперше сформульовано і розроблено метод фрикційних автоколивань щодо ліквідації прихоплень бурильного інструмента у похило-скерованих свердловинах з урахуванням багаторозмірності бурильної колони як механічної системи з розподіленими параметрами;

- при моделюванні та дослідженні динаміки ліквідації прихоплень бурильного інструмента ударним способом вперше робочий цикл процесу розбито на чотири етапи;

- розроблено нові математичні моделі для дослідження динаміки вивільнення прихопленого бурильного інструмента шляхом нанесення удару, або дії вібрації з урахуван-



ням конструктивних особливостей механічної системи «бурова вежа – бурильна колона – механізм для ліквідації прихоплень – гірська порода», особливостей технологічного процесу ліквідації аварії, а також збудження фрикційних автоколивань;

– досліджено і уточнено вплив параметрів механічних пристроїв на статичні та динамічні складові сил і напружень у поперечних перерізах бурильних труб та на ефективність вивільнення бурильного інструмента;

– створено алгоритмічні основи побудови комп'ютерних програм і розроблено програмне забезпечення для дослідження динамічних процесів у механічних системах на основі структурно-орієнтованого підходу до реалізації динамічних моделей за заданими критеріями якості;

– на основі розроблених методів та одержаних закономірностей створено програмний комплекс для дослідження динаміки механічних систем із структурою і набором модулів, що забезпечують оперативне визначення фізичних характеристик конкретної конструкції бурового комплексу, з цілеспрямованим добором пристроїв для вивільнення прихопленої колони труб.

## **6. Практична цінність отриманих результатів**

Практичне значення одержаних результатів для нафтогазової промисловості полягає в тому, що вперше розроблено комплекс технічних і технологічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності застосування механічних способів вивільнення прихопленого бурильного інструмента у свердловинах.

Крім цього, розроблено технологію та надано рекомендації щодо технічного застосування механічних пристроїв для ліквідації прихоплень, що дозволило шляхом числового експерименту добирати параметри ясів, гідравлічних і вібраційних ударних пристроїв, визначати частоту і необхідну тривалість роботи осциляторів задля зменшення витрат і скорочення часу ліквідації аварії. На базі цього розроблено і впроваджено у практику ліквідації аварій інструктивні документи, які регламентують використання ударних і вібраційних пристроїв. Розвинені у роботі методики та математичні моделі динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента можна застосовувати для подальших досліджень і розроблення технічних засобів.

Запропоновано корисні моделі випрямляча стовбура свердловини, шарошкового калібратора та двох пристроїв для ліквідації прихоплень та створено регламентні документи – інструкції з використання ударних пристроїв та осциляторів для ліквідації прихоплень бурильного інструмента, які передано для проведення дослідно-конструкторських робіт в ТзОВ «Інтербур» ЛТД, ТзОВ «Нафтогазтехнологія», ПНДП «ІНТТЕХ». Зазначені регламентні документи застосовують при прокладанні нафтових і газових свердловин. Результати роботи впроваджено у навчальний процес 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 1 авторським свідоцтвом на комп'ютерну програму і 4 патентами на корисні моделі.

## **7. Повнота викладу в опублікованих працях основних результатів дисертації та апробація**

За результатами наукових досліджень автором опубліковано 47 наукових праць, серед них 23 статі у фахових виданнях України і 2 у галузевих закордонних журналах, 9 з



яких у журналах, що включені до міжнародних наукометричних баз (Scopus, Web of Science Core Collection, Copernicus International), у тому числі 11 – одноосібно; 4 патенти на корисні моделі, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму, 13 публікацій у збірниках матеріалів конференцій, в тому числі і міжнародних науково-технічних конференцій. Судячи зі змісту друкованих праць можна стверджувати про повноту висвітлення здобувачем основних положень дисертаційної роботи у вказаних публікаціях та винаходах.

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

*Особистий внесок.* Дисертаційна робота є особистим науковим доробком Левчук К. Г. Її особистий внесок полягає у апробації ідей, формулюванні мети, завдань і наукових положень, розробці математичних й фізичних моделей, побудові алгоритмів і програмних кодів для проведення досліджень, які одержала особисто.

Матеріали дисертації викладено державною українською мовою, чітко, логічно, послідовно, на високому професійному рівні. Основні результати є змістовними і вносять певний внесок у нафтогазову наукову галузь. Зміст дисертації відповідає її назві та поставленій меті дослідження. Рукопис дисертації та автореферат оформлені загалом грамотно, згідно зі встановленими нормами.

Теоретичні та експериментальні дослідження, висновки та рекомендації сформульовані у дисертації Левчук К. Г. «Удосконалення наукових основ моделювання динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента» науково обґрунтовані, аргументовані, достовірні.

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

## **8. Зауваження**

Позитивно оцінюючи подану на рецензування дисертаційну роботу, необхідно зробити наступні зауваження.

8.1. Результати аналізу сучасного стану проблеми математичного моделювання динамічних процесів, що виникають під час експлуатації колон бурильних труб, авторка наводить не лише в першому (оглядовому) розділі дисертації, а й в подальших її розділах. Це, звичайно, полегшує сприйняття матеріалу, але є деяким відхиленням від традиційного розміщення літературного огляду в окремому розділі.

8.2. Запропонована у дисертаційній роботі методика визначення утримувальних сил, що діють на прихоплену частину колони труб (другий розділ), ґрунтується на застосуванні таблиці значень контактної тиску гірської породи і промивальної рідини на труби. На мою думку, одержання такої таблиці в інженерній практиці є утрудненим завданням.

8.3. Побудована у третьому розділі дисертації детальна математична модель динамічних процесів у талевій системі бурової установки дає можливість досліджувати нерівномірність розподілу підйимального зусилля між вітками каната, а також обумовлені цією нерівномірністю поперечні коливання бурової вежі. На жаль, результатів таких досліджень у роботі не наводиться.

8.4. У розділах 4 і 5 ґрунтовно вивчаються динамічні явища, що виникають у механічній системі прихопленої колони труб під час її вивільнення за допомогою механізмів ударної та вібраційної дії. При цьому автором докладно враховано вплив сил тертя на хвильові процеси в бурильній колоні. Бажано було б оцінити також вплив взаємодії коло-



ни з потоком промивальної рідини на ефективність вивільнення бурового інструмента.

8.5. У шостому розділі оцінюється напружено-деформований стан бурильних труб, виготовлених з металевих сплавів, проте не вказано, як це стосується вуглепластикових труб, а також колтубінгових колон, які все частіше використовують у бурінні.

8.6. Незважаючи на високу якість оформлення дисертаційної роботи, авторці, на жаль, не вдалося уникнути в тексті дисертації незначних описок і термінологічних неточностей.

Зазначені вище зауваження не мають принципового характеру і не зменшують цінності дисертації. Деякі з них можна розглядати як побажання автору на його подальшу наукову роботу.

## 9. Загальні висновки про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота за змістом і обсягом проведених досліджень є завершеною науковою працею, в якій одержано нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати у галузі нафтової та газової промисловості. Дисертанткою удосконалено наукові основи моделювання динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента на основі застосування узагальнених континуально-дискретних розрахункових моделей з урахуванням усіх елементів бурильної установки методом фрикційних автоколиваний, ударного і вібраційного способів. Одержані авторкою результати є новими, отриманими вперше, впровадженими у навчальний процес і апробованими у промисловості.

Матеріали дисертації викладено логічно та послідовно на високому професійному рівні. *Автореферат* з достатньою точністю і повнотою відображає основні положення дисертаційної роботи, а його зміст є ідентичним основним положенням дисертації.

Рукопис дисертації та автореферат оформлені згідно з вимогами. Внесок автора у підготовку публікацій, відображених у авторефераті, є визначальним.

На основі наведеного вище вважаю, що дисертаційна робота Левчук Катерини Григорівни «Удосконалення наукових основ моделювання динамічних процесів ліквідації прихоплень бурильного інструмента» є завершеною самостійною науковою працею, яка 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 Левчук Катерина Григорівна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – машини нафтової та газової промисловості.

Офіційний опонент –  
доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри опору матеріалів  
та будівельної механіки  
Національного університету  
«Львівська політехніка»

 Харченко С. В.

Підпис С. В. Харченка засвідчую.  
Учений секретар Національного  
університету «Львівська політехніка»



*Відрук на бланку спеціального паперу згідно з наказом № 052/04  
Ученої секретар ТФКТИП С. В. Процюк*