

В І Д Г У К

офіційного опонента Сокола Богдана Івановича на дисертаційну роботу
Гутого Андрія Володимировича
«Динамічні процеси в бурових установках
під час вивільнення прихопленої колони труб»,
подану до захисту у спеціалізовану вчену раду Д 35.052.06
Національного університету «Львівська політехніка»
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Збільшення обсягів буріння геологорозвідувальних і нафтогазових свердловин є необхідною умовою забезпечення України сировинними і паливно-енергетичними ресурсами. Це, у свою чергу, вимагає підвищення технічного рівня бурових комплексів, удосконалення технології буріння. Важливим чинником підвищення ефективності технологічних процесів буріння свердловин є зменшення непродуктивних витрат, пов'язаних з ліквідацією прихоплень колон бурильних чи обсадних труб у свердловинах. Процеси вивільнення колон труб супроводжуються динамічними явищами, які істотно впливають як на ефективність ліквідації наслідків аварій, так і на надійність експлуатації бурових установок, бурильних та обсадних труб, спеціальних пристроїв ударної дії.

У літературі широко висвітлені питання динаміки і міцності бурових машин у штатних режимах роботи, розглянуто класичні задачі розрахунку динамічних процесів, що виникають в колоні бурильних труб під дією імпульсних навантажень, проте методологія дослідження динамічних явищ у механічних системах бурових установок під час вивільнення прихопленої колони труб за сумісного застосування привідних систем і пристроїв ударної дії не набула належного розвитку.

Дисертаційна робота Гутого Андрія Володимировича спрямована на удосконалення методології аналізу динамічних процесів у механічних системах бурових установок, що виникають під час вивільнення прихопленої колони труб, на основі застосування узагальненої континуально-дискретної розрахункової моделі та урахування динамічних властивостей двигунів і особливостей сумісної роботи підіймальної системи установки і спеціального пристрою ударної дії, тому дослідження проведені у дисертації є актуальними і мають важливе наукове і практичне значення.

2. Аналіз структури та змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 207 найменувань і додатків. Загальний обсяг роботи становить 210 сторінок і містить 58 рисунків, 12 таблиць і 3 додатки.

У вступі (с. 17 - 23) обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання дослідження, окреслено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, визначено особистий внесок автора, наведено відомості про апробацію результатів роботи та про публікації за темою дисертації, подано структуру дисертаційної роботи.

Перший розділ (с. 24 - 44) присвячено аналізу сучасного стану проблеми динаміки бурових установок під час вивільнення прихопленої у свердловині колони труб. Розглянуто основні тенденції удосконалення пристроїв ударної або вібраційної

дії для вивільнення прихопленої колони труб. Проведено аналіз відомих досліджень у галузі динаміки бурових установок в експлуатаційних та аварійних режимах роботи.

Звернено увагу на те, що буріння нафтогазових свердловин є надзвичайно важким технологічним процесом, в ході якого можуть виникати різного роду аварії. Найбільш поширеними серед них є прихоплення колон бурильних труб у свердловинах. В останні роки для вивільнення прихоплених колон труб широко застосовують ударні механізми та машини імпульсної дії.

Ефективність ліквідації прихоплень колон бурильних труб суттєво залежить як від параметрів колони, так і від конструктивних чинників гідравлічного ударного механізму. Однак, динамічні явища у бурильній колоні, які виникають під час сумісної дії приводу і гідравлічних ударних механізмів досліджені недостатньо. Не з'ясовані раціональні шляхи підвищення ефективності вивільнення прихопленої колони. У зв'язку з цим, методи розрахунку динамічних процесів в бурових установках під час вивільнення прихопленої колони труб потребують подальшого розвитку і уточнення.

У другому розділі (с. 45 - 85) дисертаційної роботи розглядаються динамічні процеси в буровій установці, що виникають під час вивільнення прихопленої колони труб. Важливим досягненням автора є наведена методологія розрахунку нестационарних процесів у підймальній системі бурових установок в аварійних режимах експлуатації за рахунок урахування одночасної роботи приводу установки і механізму ударної дії для створення імпульсних навантажень колони. На основі опрацьованої методології побудована нелінійна математична модель динамічних процесів у підймальній системі установки з урахуванням тісного взаємозв'язку електромагнітних явищ в асинхронному двигуні і коливальних та хвильових явищ у континуально-дискретній механічній системі. Обґрунтовано раціональні параметри процесу вивільнення прихопленої колони бурильних труб за допомогою підймальної системи та гідравлічного ударного механізму. Проведено дослідження динамічних процесів, що відбуваються під час ліквідації прихоплення колони бурильних труб.

У третьому розділі (с. 86 - 115) автором висвітлена методологія аналізу хвильових процесів, що виникають у заблокованій частині прихопленої колони труб під час її вивільнення за допомогою пристроїв імпульсної дії. Під час досліджень детально враховується внутрішнє та зовнішнє тертя у механічній системі, обумовлене розсіюванням енергії у матеріалі, а також взаємодією труб зі стінкою свердловини і з промивальним розчином.

Досліджено вплив сил тертя на проходження поздовжніх хвиль у колоні бурильних труб. Обґрунтовано практичні рекомендації щодо підвищення ефективності проведення ремонтно-відновлювальних робіт на свердловинах.

Розроблено математичні моделі, розрахункові алгоритми і комп'ютерні програми для проведення досліджень динамічних процесів, що виникають під час вивільнення прихопленої колони труб. За рахунок цього значно підвищується точність визначення експлуатаційних навантажень, оцінки міцності, прогнозування довговічності і залишкового ресурсу відповідальних деталей і вузлів бурових установок і пристроїв ударної дії для вивільнення прихопленої у свердловині колони труб.

У четвертому розділі (с. 116 - 148) наведено результати експериментальних досліджень динамічних процесів, що виникають під час вивільнення прихопленої колони труб. Розроблена і виготовлена Гутим А. В. фізична модель колони бурильних труб і ударного пристрою для ліквідації прихоплень, на якій проведено дослідження впливу параметрів зазначеного пристрою (сили спрацювання і ходу бойка) на значення поздовжньої сили в колоні труб під час ліквідації прихоплення. Експерименталь-

ною перевіркою результатів теоретичних досліджень підтверджена достовірність та обґрунтованість отриманих результатів, запропонованих автором рішень, висновків і рекомендацій. Встановлено, що максимальна розбіжність теоретичних і експериментальних результатів не перевищує 8,5%.

Наведено також запропоновані автором нові технічні рішення гідравлічного ударного механізму і пристрою для ліквідації прихоплення колони труб. Вони дають можливість значно підвищити ефективність проведення ремонтно-відновлювальних робіт на свердловині за рахунок забезпечення можливості нанесення ударних навантажень по прихопленій колоні труб не лише вгору, а й вниз, а також в обертальному напрямі.

Дисертаційна робота завершується **висновками**, які узагальнюють основні результати теоретичних та експериментальних досліджень, і списком використаних джерел інформації.

У **додатку А** (с. 174 - 180) наведені акти впровадження результатів дисертаційної роботи у навчальний процес кафедри механіки та автоматизації машинобудування Національного університету «Львівська політехніка» і кафедри нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу; акт промислових випробувань результатів дисертаційної роботи на ТОВ «Карпатська бурова компанія»; акт про використання результатів дисертаційної роботи під час виконання держбюджетних науково-дослідних робіт у Національному університеті «Львівська політехніка».

У **додатку Б** (с. 181- 195) – текст програми розрахунку динамічних процесів у підймальній системі бурових установок під час вивільнення прихопленої колони труб і позначення вхідних даних і результатів розрахунку; у **додатку В** (с. 196 - 210) – текст програми розрахунку хвильових процесів у заблокованій частині прихопленої колони труб і позначення вхідних даних і результатів розрахунку.

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

3. Наукова новизна результатів дисертаційних досліджень полягає в наступному:

- отримала подальший розвиток методологія розрахунку нестационарних процесів у підймальній системі бурових установок під час вивільнення прихопленої колони труб за рахунок урахування одночасної роботи приводу установки і механізму ударної дії для створення імпульсних навантажень колони;

- вперше на основі опрацьованої методології побудована нелінійна математична модель динамічних процесів у підймальній системі установки з урахуванням тісного взаємозв'язку електромагнітних явищ в асинхронному двигуні і коливальних та хвильових явищ у континуально-дискретній механічній системі;

- удосконалено методологію аналізу хвильових процесів, що виникають в прихопленій у свердловині колоні труб під час її вивільнення за допомогою пристроїв імпульсної дії, за рахунок детального урахування внутрішнього та зовнішнього тертя у механічній системі, обумовленого розсіюванням енергії у матеріалі, а також взаємодією труб зі стінкою свердловини і з промивальним розчином;

- вперше проведено скінченно-елементну апроксимацію побудованої математичної моделі шляхом застосування методу зважених неув'язок у поєднанні з методом Бубнова-Гальоркіна, внаслідок чого задачу аналізу хвильових процесів зведено до розв'язання задачі Коші для нелінійної системи звичайних диференціальних рівнянь.

4. Практичне значення роботи

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що розроблені у дисертаційній роботі математичні моделі, розрахункові алгоритми і комп'ютерні програми для проведення досліджень динамічних процесів, що виникають під час вивільнення прихопленої колони труб, дають можливість значно підвищити точність визначення експлуатаційних навантажень, оцінки міцності, прогнозування довговічності і залишкового ресурсу відповідальних деталей і вузлів бурових установок і пристроїв ударної дії для вивільнення прихопленої у свердловині колони труб.

Запропоновані дисертантом нові технічні рішення гідравлічного ударного механізму і пристрою для ліквідації прихоплення колони труб дають можливість значно підвищити ефективність проведення ремонтно-відновлювальних робіт на свердловинах.

Розроблена «Методика розрахунку динамічних процесів в бурових установках під час вивільнення прихопленої колони труб» пройшла промислові випробування на підприємстві ТОВ «Карпатська бурова компанія» (Івано-Франківська область, Коломийський район, село Сопів) під час проведення геологорозвідувальних робіт на Дбрівлянському родовищі (свердловина №5-Добрівлянська).

5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації

В результаті аналізу дисертаційної роботи можна зробити висновок, що наукові положення роботи ґрунтуються на ретельному вивченні динамічних явищ у бурильній колоні під час сумісної дії приводу і спеціальних ударних пристроїв. 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 з літератури результатам аналітичних, експериментальних та чисельних досліджень.

Виходячи з вищенаведеного, ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, запропонованих автором, не викликає сумнівів.

6. Аналіз викладення основних положень дисертації в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 13 наукових працях, з них: 5 публікацій у наукових фахових виданнях України (з них 1 одноосібна); 1 стаття у науковому періодичному виданні іншої держави, яке включено до міжнародних наукометричних баз; 2 статті у інших виданнях України; 3 праці у матеріалах конференцій та симпозіумів; 2 деклараційні патенти України на корисні моделі.

В опублікованих працях повністю висвітлені 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 кандидата технічних наук.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є особистим науковим доробком здобувача. Його особистий внесок полягає у визначенні та формулюванні ме-

ти і завдань роботи, наукових положень, проведенні теоретичних та експериментальних досліджень, аналізі та обробці результатів, розробленні і теоретичному обґрунтуванню заходів та засобів, направлених на підвищення ефективності процесу вивільнення прихоплених у свердловині колон труб.

7. Зауваження до дисертації та автореферату

1. У дисертаційній роботі автор обмежився проведенням досліджень динамічних процесів, що виникають у механічній системі бурових установок під час вивільнення прихопленої колони труб шляхом сумісного застосування приводу установки і гідравлічного пристрою ударної дії. На жаль, поза увагою залишилися процеси вивільнення колони труб із застосуванням пристроїв вібраційної дії.

2. У другому розділі роботи дискретизація рівнянь у частинних похідних, що описують хвильові процеси в колоні бурильних або обсадних труб, виконується методом скінченних різниць, а у третьому розділі – методом скінченних елементів. Бажано було б навести порівняльні оцінки точності розрахунків, яку забезпечують зазначені методи, та обґрунтувати практичні рекомендації щодо їх застосування.

3. Позитивною стороною дисертаційної роботи є урахування автором динамічних властивостей привідних двигунів у розрахунках процесів пуску підйімальної системи під час вивільнення прихопленої колони труб. Розглядаються особливості уточненого визначення рушійних моментів асинхронних двигунів і дизельних двигунів з турбонадувом. Однак, розрахункові приклади виконано лише для випадків, коли бурова установка обладнана асинхронним двигуном.

4. Відповідно до запропонованої дисертантом методики, розрахунок процесів вивільнення прихопленої колони труб виконується у два етапи: спочатку визначається сила удару бойка по корпусу ударного пристрою як функція часу, а потім проводиться аналіз хвильових процесів у заблокованій частині колони труб. Як рекомендацію, автору можна запропонувати об'єднати вказані етапи досліджень на основі розроблення єдиного обчислювального алгоритму, що дозволить більш точно урахувати особливості динамічної взаємодії підйімального механізму установки з заблокованою частиною прихопленої колони труб.

5. У цілому, дисертаційна робота добре ілюстрована і містить ґрунтовний аналіз результатів досліджень. Однак, у ній зустрічаються однотипні графіки динамічних процесів.

6. На жаль, у тексті дисертації автору не вдалося уникнути незначних описок та термінологічних неточностей.

Зауваження, зроблені до дисертації та автореферату, не мають вирішального значення і мають, здебільшого, рекомендаційний характер. Вказані зауваження не знижують наукового рівня одержаних результатів, які виносяться дисертантом на захист.

8. Загальний висновок по дисертаційній роботі

8.1. Дисертаційна робота за змістом і обсягом проведених досліджень є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати у галузі динаміки та міцності машин.

Дисертантом удосконалено методологію аналізу динамічних процесів у механічних системах бурових установок, що виникають під час вивільнення прихопленої у свердловині колони труб, на основі застосування узагальненої континуально-дискрет-

ної розрахункової моделі та урахування динамічних властивостей двигунів і особливостей сумісної роботи підйимальної системи установки і спеціального пристрою ударної дії. Одержані автором результати є новими, впроваджені у навчальний процес і апробовані у промисловості.

8.2. Матеріали дисертації викладені логічно та послідовно на високому професійному рівні. Автореферат з достатньою точністю і повнотою відображає основні положення дисертаційної роботи, а його зміст є ідентичним зі змістом дисертації. Рукопис дисертації та автореферат оформлені згідно з вимогами. Внесок автора у підготовку публікацій, відображених у авторефераті, є визначальним.

8.3. На основі наведеного вище вважаю, що дисертаційна робота Гутого Андрія Володимировича «Динамічні процеси в бурових установках під час вивільнення прихопленої колони труб» є завершеною самостійною науковою працею, яка відповідає паспорту спеціальності 05.02.09 – динаміка та міцність машин, вимогам пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» та вимогам Міністерства освіти і науки України щодо кандидатських дисертацій, а її автор Гутий Андрій Володимирович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.09 – динаміка та міцність машин.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри інженерної механіки
(озброєння та техніки інженерних військ)
Національної академії сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного



Б. Сокіл

Підпис Сокола Б.І. з а с в і д ч у ю:

Т.В.О. заступника начальника Національної академії з наукової роботи
кандидат технічних наук,
полковник



Д. Хаустов