

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи Івано-
Франківського національного технічного
університету нафти і газу

Чудик І. І.

2021 р.



ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Рачкевич Ірини Олександрівни

на тему **«Прогнозування втомної довговічності елементів бурильної колони**

з врахуванням складного деформованого стану»

поданої на здобуття ступеня доктора філософії

з галузі знань **13 «Механічна інженерія»**

та спеціальності **133 «Галузеве машинобудування»**

Витяг з протоколу № 1 фахового семінару кафедри нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу від «26» лютого 2021 року.

Присутні члени фахового семінару кафедри нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу:

- 1 **Голова семінару** – Федорович Я.Т., к.т.н., доц., зав. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 2 **Секретар семінару** – Лях М.М., к.т.н., проф., проф. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 3 **Рецензент** – Грабовський Р.С., д.т.н., проф., проф. кафедри будівництва та енергоефективних споруд, спеціальність 05.15.13 – «Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища»;
- 4 **Рецензент** – Величкович А.С, к.т.н., доц., доц. кафедри будівництва та енергоефективних споруд, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 5 Чудик І.І. – д.т.н., проф., проректор з наукової роботи ІФНТУНГ;
- 6 Копей Б.В. – д.т.н., проф., проф. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»,

компетентний вчений з напрямку, за яким підготовлено дисертацію здобувача;

- 7 Артим В.І. – д.т.н., проф., завідувач кафедри будівництва та енергоефективних споруд, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості», компетентний вчений з напрямку, за яким підготовлено дисертацію здобувача;
- 8 Івасів В.М. – д.т.н., проф., проф. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості», компетентний вчений з напрямку, за яким підготовлено дисертацію здобувача;
- 9 Лисканич М.В. – д.т.н., проф., проф. кафедри технічної механіки, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості», компетентний вчений з напрямку, за яким підготовлено дисертацію здобувача;
- 10 Петрина Д.Ю. – д.т.н., проф. проф. кафедри технічної механіки, спеціальність 05.15.13 – «Трубопровідний транспорт, нафтогазосховища», компетентний вчений з напрямку, за яким підготовлено дисертацію здобувача;
- 11 Джус А.П. – д.т.н., доц., проф. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 12 Паневник О.В. – д.т.н., проф., проф. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 13 Мойсишин В.М. – д.т.н., проф., завідувач кафедри вищої математики, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 14 Венгринюк Т.П. – к.т.н., доц., доцент кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 15 Романишин Л.І. – к.т.н., проф., проф. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 16 Гриджук Я.С. – д.т.н., доц., проф. кафедри технічної механіки, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 17 Концур І.Ф. – к.т.н., доц., доц. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 18 Михайлюк В.В. – к.т.н., доц., доц. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 19 Романишин Т.Л. – к.т.н., доц., доц. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості»;
- 20 Паневник Д.О. – д-р філософії, ас. кафедри нафтогазових машин та обладнання, спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»;

21 Тирлич В.В. – к.т.н., доц. кафедри вищої математики, спеціальність 05.05.12 – «Машини нафтової та газової промисловості», компетентний вчений з напрямку, за яким підготовлено дисертацію здобувача.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ: обговорення основних наукових результатів дисертаційної роботи **Рачкевич Ірини Олександрівни** на тему «**Прогнозування втомної довговічності елементів бурильної колони з врахуванням складного деформованого стану**», поданої на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 – *Галузеве машинобудування*.

Тему дисертації затверджено Вченою Радою ІФНТУНГ *протокол № 10/569, від 30.11.2016 року*, у редакції «**Прогнозування втомної довговічності елементів бурильної колони з врахуванням складного деформованого стану**».

Дисертацію виконано на кафедрі нафтогазових машин та обладнання в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор **Артим Володимир Іванович**.

СЛУХАЛИ: доповідь здобувача Рачкевич Ірини Олександрівни про основні положення дисертації, які полягають в розробленні методів математичного та фізичного моделювання напружено-деформованого стану елементів бурильних колон у довільно викривлених ділянках свердловин з подальшим прогнозуванням їх втомної довговічності враховуючи складний деформований стан.

Здобувачці були задані 28-м запитань, на які вона надала обґрунтовані відповіді та пояснення.

Питання задавали:

Лях М.М.: Скажіть, будь-ласка, яка група міцності матеріалу труб, що ви досліджували?

Здобувачка: Група міцності G-105.

Лях М.М.: А чия це група міцності? Чи в нас таке позначення використовується? В нас трішки інакше. Чи можна було на слайдах показати нашу систему класифікації?

Здобувачка: Перевести в нашу класифікацію, звичайно, можна. Втім, ми використовували закордонну класифікацію, оскільки бурильні труби експортовані.

Лях М.М.: Вітчизняну класифікацію слід обов'язково подати на слайдах у дужках. І ще запитання. У вас вказана свердловина № 77. Яка це організація бурила? «ДТЕК»?

Здобувачка: Ні, це свердловина не бурилася безпосередньо «ДТЕК».

Лях М.М.: Тоді, на слайді № 12 подана інша свердловина: № 10 Одеського родовища. До речі, також вказано групу міцності труб G-105. Чому саме вона?

Здобувачка: На даний час бурильні труби з вказаною групою міцності надзвичайно широко використовуються. Тому ми вибирали саме їх. Щодо розмірів, то розглядалися, при розрахунках, труби умовним діаметром 127 мм. А загалом, геометричні параметри труб бралися з стандарту API 5D.

Лях М.М.: Добре, дякую.

Здобувачка: Дякую!

Тирлич В.В.: Скажіть, будь-ласка, який програмний комплекс ви використовуєте для розрахунків?

Здобувачка: На початку наших досліджень ми використовували «SolidWorks», а подальші розрахунки вже проводили в «AnSYS». На слайдах можна побачити де яка програма використовувалася. Зокрема, 1-ша частина роботи, яка стосується напружено-деформованого стану бурильних труб, виконана в «SolidWorks», а 2-га, що стосується кінетики поширення тріщин, виконана в «AnSYS».

Тирлич В.В.: Ви згадували формулу Аокі і Кіучі, проте ніде не навели її. Бажано би цю формулу навести на слайдах, адже це є порівняльний аналіз.

Здобувачка: Добре дякую! Ми її обов'язково добавимо.

Тирлич В.В.: Який вклад дотичних напружень у величину коефіцієнту інтенсивності напружень? Наскільки « K_{II} » у вас «спрацювало». Бо в більшості літератури на « K_{II} » припадає не більше 1,5 – 2%. Тому, в основному, розглядається « K_I ».

Здобувачка: В принципі, коли ми порівнювали результати розрахунків, вийшло, що «другий коефіцієнт» вносить значний вклад у довговічність.

Тирлич В.В.: «Значний» це скільки?

Здобувачка: На разі, я відсотки точно не можу вказати.

Тирлич В.В.: От дивіться, на плакаті « K_I » рівне 4,1, а « K_{II} » – 0,5. До речі, яка у вас була товщина стінки труби при розрахунках?

Здобувачка: 9 мм.

Тирлич В.В.: То у вас фігурувала фактично нова труба. Бо, фактично, коли глибина тріщини доходить до половини товщини стінки труби, така труба відбраковується.

Здобувачка: Саме так. Проте ми намагалися розглянути критичні моменти. Звичайно, що коли товщина стінки 9 мм, а глибина тріщини 7 мм, можливий долом труби.

Тирлич В.В.: До речі, труби зі сталі групи міцності G-105 використовувалися в свердловині, яку бурив «Укбургаз». Там, в більшості, використовуються труби китайського виробництва з сталей марок G-105 і S-135.

Здобувачка: Дякую!

Мойсишин В.М.: Ірина Олександрівна! Дивіться, у вас є завдання: «Розроблення методів прогнозування втомної довговічності бурильних труб враховуючи як нормальні так і дотичні напруження». Вкажіть, будь-ласка, які результати виконання цього завдання?

Здобувачка: Дякую! Загалом результатом є те, що до нас враховувалася дія тільки нормальних напружень. Вважалося, що дотичні напруження не суттєво впливають на довговічність елементів бурильної колони. І от, коли ми провели дослідження, результати ілюструються таблицями, де відображено порівняння розрахункових довговічностей «з врахуванням крутного моменту» й «без врахування крутного моменту».

Мойсишин В.М.: Добре, я зрозумів ваші відповіді. Ви знаєте, чому я питаю? Робота мені подобається, я буду її підтримувати. Але дивіться, ви вживаєте слово «методологія». Але ж, у науковій новизні та практичній цінності зустрічаються терміни «метод» і «методика». Розумієте, «методологія», це трохи більше ніж «методика». Я би порадив вам подумати з науковим керівником, чи не замінити термін «методологія» на «методика».

Здобувачка: Я зрозуміла, дякую!

Мойсишин В.М.: Дякую вам!

Федорович Я.Т.: Так, хто ще бажає задати запитання? Ніхто. Я задам. Яким чином ви визначали коефіцієнт інтенсивності напружень? Яка методика його визначення?

Здобувачка: Ми, якраз, використовували САПР. Створювалася модель, задавались навантаження та проводився розрахунок змінюючи розміри тріщини.

Федорович Я.Т.: І як же ці фактори вплинули на прогнозування довговічності?

Здобувачка: Ці коефіцієнти, перед фронтом напівеліптичної тріщини, ми визначали за допомогою САПР. В той же час, коефіцієнти інтенсивності напружень для побудови кінетичної діаграми втомного руйнування матеріалу бурильних труб визначаються аналітично. Втім, на даний момент в нашому університеті в процесі захисту є робота, де параметри формули Паріса визначаються експериментально.

Федорович Я.Т.: Добре. То ж який у вашій роботі механізм прогнозування втомної довговічності?

Здобувачка: Загалом прогнозування можна здійснювати за допомогою наведеної на даному слайді таблиці. Наприклад, інженером, безпосередньо на виробництві, вибираються діючі значення осьової сили та крутного моменту, для яких вже вибираються значення коефіцієнтів a_0 , a_1 та a_2 . Далі, маючи ці коефіцієнти, визначається еквівалентний коефіцієнт інтенсивності напружень, а, вже згодом, і розрахункова втомна довговічність.

Федорович Я.Т.: Тобто час чи кількість циклів до руйнування.

Здобувачка: Саме так. Для цього проводиться розрахунок наведеного на слайді інтегралу за допомогою будь-якої математичної програми. Такі є навіть на мобільних телефонах.

Федорович Я.Т.: Будь-ласка, ще у кого запитання?

Романишин Л.І.: Ви стверджуєте, судячи з презентації, що ваша методика дозволяє корегувати розрахункові значення довговічності до 69 %. Це, наскільки я розумію, відбувається за рахунок того, що враховується крутний момент. А крутний момент виникає, коли іде буріння роторним способом. Виходить, що зараз всі методики прогнозування довговічності слід приводити в відповідність до вашої роботи? А у нашому університеті розроблено багато таких методик. То, що, їх треба коригувати? Адже відмінність у 69 % є суттєвою!

Здобувачка: Зверніть увагу на те, що відмінність у 69 % відповідає доволі великому значенню крутного моменту, який, на практиці, зустрічається вкрай мало. До того ж, це число отримано для кута повороту небезпечного перерізу 30°. Для менших кутів дана різниця не буде такою суттєвою. Для вихідних даних, які частіше зустрічаються на практиці, ця різниця буде приблизно 33 %.

Романишин Л.І.: Ще пару питань. У вас в завданні написано, що ви досліджуєте довговічність бурильних труб із врахуванням фізико-механічних властивостей порід. То як же ви моделювали під час експерименту цей вплив? І друге, як під час математичного моделювання враховувався цей вплив? Тим більше, що породи змінюють по мірі поглиблення свердловини.

Здобувачка: Дякую за запитання! Вплив зовнішнього середовища ми враховували тільки аналітично.

Романишин Л.І.: Тобто, під час експерименту цей вплив не враховувався?

Здобувачка: Ні. Також, при проведенні експериментальних досліджень, не враховувалися й різьбові з'єднання.

Романишин Л.І.: Я думаю, що ваше моделювання слід більше прив'язати до реального стану бурильної колони. І останнє. Зараз доволі складно отримати дані по аварійності бурильних колон. Яким чином ви отримали цю інформацію?

Здобувачка: Відверто кажучи, дані вдалося дістати завдяки своєму батькові, який працював майстром на буровій. Дякую!

Федорович Я.Т.: Ви моделювали тріщини, так? А як ви поєднували форму та розміри дефектів, які виникають у бурильних трубах, із формою та розмірами дефектів, які моделювалися? Вони взагалі відповідають між собою?

Здобувачка: Так, звичайно. Щоправда, не завжди форма втомної тріщини, при руйнуванні бурильної труби, є еліптичною, втім, це на практиці трапляється.

Федорович Я.Т.: Будь-ласка, ще запитання!

Лях М.М.: Мене цікавить плакат № 27. Охарактеризуйте його коротко. Що означає «дія сили розтягу» та «дія сили розтягу та крутного моменту»?

Здобувачка: Розглянемо 1-шу таблицю, коли кут $\alpha = 0^\circ$. В даній таблиці було розраховано коефіцієнт інтенсивності напружень для глибин тріщини від 1 до 8 мм при дії сили розтягу, а також при дії сили розтягу та дії крутного моменту. Як бачимо, величини еквівалентного коефіцієнту інтенсивності напружень відрізняються на 13 %.

Федорович Я.Т.: Будь-ласка, є ще запитання? Немає! Тоді, згідно процедури слово надається науковому керівнику.

ВИСТУПИЛИ:

Науковий керівник: Артим В.І., д. т. н., завідувач кафедри будівництва та енергоефективних споруд.: У мене Ірина Олександрівна перша аспірантка, котра захищається згідно з новими правилами. Протягом всього навчання вона показала себе надзвичайно дисциплінованою. Сумлінно виконувала як навчальну, так і наукову складові підготовки в аспірантурі.

Я думаю, що, судячи з відповідей та доповіді, ми можемо говорити про наступного доктора філософії в даній галузі науки.

Рецензенти:

Грабовський Р.С., д. т. н., професор кафедри будівництва та енергоефективних споруд.

Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків і списку використаних посилань. Також є додатки, які, зокрема, містять матеріали по впровадженню результатів отриманих у дисертації. Обсяг основного тексту становить 113 с. За результатами досліджень, які проведені здобувачкою, опубліковано 8 наукових праць, з яких: 1 стаття в періодичному виданні, що входить до науко метричної бази «Scopus»; 1 стаття в закордонному періодичному виданні; 4 статті в фахових виданнях України та 2 тези конференцій. Відтак за формальними ознаками дисертація відповідає «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» № 167 від 06.03.2019 р.

У **анотації** та **вступі** наведено реферативну інформацію щодо суті проведених досліджень і отриманих результатів, вказано на мету та завдання роботи, її теоретичну та практичну цінність.

1 розділ знайомить читача з сучасним станом аварійності з колонами бурильних труб і шляхами зменшення їх відмов. На основі цієї інформації окреслюється спектр задач, які потребують вирішення, та формується завдання дисертаційного дослідження.

У **2 розділі** наведене обладнання для проведення експериментальних досліджень та методика їх статистичного аналізу. Також здійснено порівняння нормальних напружень на поверхні бурильної колони та її моделі, отриманих аналітичним і лабораторним шляхами. На основі цієї інформації зроблено

висновки щодо адекватності розроблених методів математичного та фізичного моделювання складного напружено-деформованого стану бурильних колон.

3 розділ дисертації містить інформацію щодо розроблених здобувачем підходів для аналізу напружено-деформованого стану бурильної колони враховуючи дію таких зовнішніх факторів як: осьова сила, крутний та згинальний моменти. При цьому використано метод скінчених елементів, реалізований у САПР.

У **4 розділі** наведено методологію прогнозування втомної довговічності бурильних труб у випадку поширення в їх небезпечному перерізі напівеліптичних тріщин. Здобувачкою використано положення механіки руйнування.

Завершають основний текст дисертації **загальні висновки**

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У другому розділі проводиться порівняння величин нормальних напружень, що виникають внаслідок деформації бурильної колони, двома методами: експериментальним і аналітичним. Втім, опис суті аналітичних методів наведений аж в наступному розділі.

2. Судячи з рукопису, аналітичні методи аналізу напружено-деформованого стану бурильної колони були апробовані експериментально. Втім, відсутні експерименти щодо дослідження поширення напівеліптичних втомних тріщин.

3. Здобувачем розглянуто випадки поширення поверхневої напівеліптичної втомної тріщини в околі висадженої частини бурильної труби. Втім, тріщини, також, поширюються й в замковому різьбовому з'єднанні. Причому не тільки з напівеліптичним фронтом.

Зауваження до оформлення дисертаційної роботи

1. Відсутня анотація англійською мовою, яка повинна бути присутня в дисертації згідно з новими вимогами.

2. В роботі подекуди зустрічаються граматичні та орфографічні помилки, тавтологія, описки.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Рачкевич Ірини Олександрівни є актуальною, завершеною науково-дослідною роботою, яка виконана на високому науковому рівні. Отримано нові, в науковому плані, результати досліджень, які мають як теоретичне, так і практичне значення та можуть бути використані з метою зменшення кількості відмов бурильних колон, які зазнають складного деформованого стану.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру та не знижують наукового рівня дисертаційної роботи, яка за актуальністю, структурою, обсягом, змістом, якістю оформлення та викладу в цілому відповідає вимогам ДАК України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії й

після усунення вказаних зауважень може бути подана для подальшого захисту в разовій спеціалізованій вченій раді.

Величкович А.С., к. т. н., доцент кафедри будівництва та енергоефективних споруд.

Робота виконана у відповідності до основних вимог щодо структури дисертації.

В **анотації** стисло викладено суть, методологію та результати проведених в дисертації досліджень. Наведено список праць здобувачки, який містить 8-м позицій. Зокрема є стаття в виданні, що індексується в науко метричній базі «Scopus»; 1-на стаття в закордонному періодичному виданні; 4-ри статті в фахових виданнях України та 2-ві тези конференції. Відтак вимоги, щодо висвітлення результатів дисертації виконані.

Вступ висвітлює наступні обов'язкові пункти:

- обґрунтування вибору теми дослідження;
- мета і завдання дослідження;
- об'єкт дослідження;
- предмет дослідження;
- методи дослідження;
- наукова новизна отриманих результатів;
- практичне значення одержаних результатів;
- особистий внесок здобувача;
- апробація матеріалів дисертації;
- структура та обсяг дисертації.

В **1-му розділі** дисертації наводиться аналіз стану проблеми, який, умовно, розділений на три частини: аналіз аварійності; аналіз методів оцінки напружено-деформованого стану бурильних колон; аналіз методів прогнозування втомної довговічності бурильних колон. Відтак дисертанткою наведено чітке підґрунтя для формування мети й завдань дисертаційного дослідження.

2-й розділ містить детальний опис конструкції вдосконаленого лабораторного стенду для дослідження напружено-деформованого стану моделей бурильних колон у викривлених свердловинах. Також наведено критерії подібності, для перерахунку результатів експерименту до реальних експлуатаційних умов. Тут же наводяться результати лабораторних досліджень, які підтверджують адекватність запропонованих в дисертації теоретичних методів.

У **3-му розділі** дисертаційної роботи наведено розроблені методи аналізу напружено-деформованого стану бурильних колон. У висновках до розділу вказано їх переваги, порівняно з вже існуючими.

4-й розділ ознайомлює з розробленими підходами щодо прогнозування втомної довговічності елементів бурильної колони. Також наведено підрозділ,

де авторка порівнює результати виконаних досліджень з вже відомими, чим підтверджує адекватність власних розрахункових методів.

Завершають дисертаційну роботу **загальні висновки**, які відповідають задачам дослідження, та додатки, де міститься інформація щодо впровадження результатів дисертації.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У вступі поряд із «загальним обсягом дисертації» слід подати також і «обсяг основної частини», адже саме він регламентується.

2. Судячи з поданого опису експериментального стенду, моделювання замкових різьбових з'єднань у лабораторних умовах відсутнє, тим не менше, в аналітичних методах воно є.

3. Схему та опис конструкції керованого відхильника, пакет пружних оболонки якого розраховується, слід подати хоча б у додатках.

4. Різниця між рисунками 3.6 а) та 3.6 б) непомітна. Слід акцентувати на відмінності.

5. У 3-му розділі вказано, що «імітатори стінки свердловини» встановлюються з кроком інклінометрії реальної свердловини. Не зрозуміло, чому дисертантом вибрано саме такий крок.

6. В дисертації проведено моделювання напівеліптичних тріщин, втім, бурильні труби руйнуються й від поширення кільцевих втомних тріщин.

Зауваження до оформлення дисертаційної роботи

Загалом у роботі зустрічаються невдалі звороти та синтаксичні помилки, описки. Втім вони не носять критичного характеру.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Рачкевич Ірини Олександрівни є актуальною, завершеною науково-дослідною роботою, яка виконана на високому науковому рівні. Отримано нові, в науковому плані, результати досліджень, які мають як теоретичне, так і практичне значення та можуть бути використані з метою зменшення кількості відмов бурильних колон, які зазнають складного деформованого стану.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру та не знижують наукового рівня дисертаційної роботи, яка за актуальністю, структурою, обсягом, змістом, якістю оформлення та викладу в цілому відповідає вимогам ДАК України до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії й після усунення вказаних зауважень може бути представлена для захисту в разовій спеціалізованій вченій раді.

В обговоренні дисертаційної роботи взяли участь:

Тирлич В.В., к. т. н., доцент кафедри вищої математики.

Робота мені, в принципі, сподобалася. Є, звичайно, зауваження. Втім, тут слід більш детально переглянути дисертацію. Звичайно, як зазначив один із рецензентів, робота виглядала б більш привабливіше, якби були розглянуті всі

форми тріщин, що є причиною руйнування бурильних труб. Або, слід би було чіткіше акцентувати, чому саме розглянуті напівеліптичні тріщини. Наприклад, опираючись на власні дослідження, можу сказати, що пів еліптична тріщина при подальшому поширенні перероджується в колову, або, навіть, і у інші форми. Це може призводити до промиву з подальшим доломом труби. Слід би було чіткіше зазначити, чи поширення втомної тріщини моделювалося в тілі труби, чи різьбовому з'єднанні. Також, в доповіді слід детальніше наголосити, яка формула використовувалася для визначення еквівалентного коефіцієнту інтенсивності напружень. А загалом, я вважаю, що робота виконана хороша та я її підтримую!

Мойсишин В.М., д. т. н., завідувач кафедри вищої математики.

Буду лаконічним! Робота актуальна, хороша, виконана на належному рівні, містить експериментальні дослідження. Ірину Олександрівну я знаю ще зі студентської лави. Вона була хорошою студенткою й виросла в хорошого науковця. Я її вітаю та закликаю всіх підтримати цю роботу! Дякую!

Лях М.М., к. т. н., професор кафедри нафтогазових машин та обладнання.

Я вже неодноразово говорив, що аварії пов'язані з одночасною дією на бурильну колону сили розтягу та крутного моменту траплялися у компанії «ДТЕК». Зокрема, верхнім приводом була скручена бурильна колона в результаті її прихоплення в свердловині. Далі спрацював запобіжний пристрій силового вертлюга. До того ж, створили осьовий натяг бурильної колони. Після цього стався обрив. Дослідження показали, що від дії одного осьового натягу обриву би не було. Вданій дисертації якраз і розглядається така проблема. Проте ви чітко повинні про це розповісти та, навіть, наголосити. До речі, таких випадків було не один, а два! Ще я би хотів звернути увагу на наступне. Обов'язково зверніть увагу на всі питання, що вам задавалися, з тим, щоб давати на них більш чіткіші відповіді. В цілому, робота цікава, саме таких робіт у нас не було! Щодо офіційної пропозиції: я підтримую думку рецензентів і саму роботу!

Федорович Я.Т., к. т. н., доцент кафедри нафтогазових машин та обладнання.

Судячи з виступів, робота є цікава! Втім, рекомендую здобувачці більш чіткіше відповідати на запитання, оскільки на разові раді роботу будуть заслуховувати спеціалісти за напрямком дисертації. До того ж, слід більше наголосити на промисловому впровадженні роботи. Також, я би рекомендував загальні висновки по роботі викласти більш стисло. Я також підтримую дану дисертацію, адже авторкою отримані цікаві й новітні результати.

Постановили: заслухавши та обговоривши дисертацію Рачкевич Ірини Олександрівни на тему: «Прогнозування втомної довговічності елементів бурильної колони з врахуванням складного деформованого стану», ухвалили:

1. Актуальність теми дисертації

Незважаючи на те, що більшу частку нафти і газу Україна імпортує, видобування власної вуглеводневої сировини проводиться значними обсягами. Кількість похило-скерованих і горизонтальних свердловин, які при цьому споруджуються, невпинно зростає. Як наслідок, ускладнюються умови експлуатації бурильних колон. Вони зазнають дії осьових сил як розтягу так і стиску, суттєвих згинальних і крутних моментів. Відтак, одночасна дія нормальних і дотичних напружень, які при цьому виникають у поперечному перерізі бурильних труб, призводить до протікання втомних процесів у їх матеріалі, та, зрештою, відмов.

Досягнути зменшення кількості аварій з бурильними колонами можна шляхом оцінки їх напружень і деформацій з подальшим визначенням кількості циклів навантаження до настання критичного стану.

Внаслідок своєї актуальності, вказаний вище науковий напрямок широко висвітлений як у вітчизняній, так і закордонній літературі. Серед науковців, які займалися напружено-деформованим станом і втомною довговічністю бурильних колон зазначимо: Артим В.І., Григулецький В.Г., Гуляєв В.І., Івасів В.М., Карпаш О.М., Копей Б.В., Крижанівський Є.І., Лисканич М.В., Мойсишин В.М., Петрина Ю.Д., Почтенний Є.К., Чернов Б.О., Чудик І.І., Янтурін А.Ш., Hongyuan Q., Roylance D., Sikal A., Sungkon H., Vinske O., Wu A. та інші. Втім, на даний час залишилися завдання, що потребують додаткових досліджень.

Так, необхідно вдосконалити методи аналізу напружено-деформованого стану бурильних колон з тим, щоб була можливість враховувати: а) геометричні параметри й положення замкових різьбових з'єднань; б) фізико-механічні властивості порід стінки свердловини. Також, потребують доопрацювання підходи щодо прогнозування втомної довговічності бурильних труб, враховуючи дію як нормальних так і дотичних напружень.

2. Зв'язок теми дисертації з науковими програмами, науковими напрямами, темами університету та кафедри

Дисертаційна робота носить науково-прикладний характер і виконана у відповідності до програми науково-дослідної роботи: «Підвищення працездатності і енергоефективності елементів нафтогазових машин та споруд».

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів та вирішенні конкретного завдання

Наукові результати вирішення поставлених в дисертаційному дослідженні завдань базуються на наступних ідеях, які належать особисто здобувачці: а) поєднання в єдиному розрахунковому методі тривимірної моделі ділянки бурильної колони, реалізованої в системі автоматизованого проектування, та аналітичного шляху оцінки її взаємодії з стінками стовбура свердловини з метою оцінки напружено-деформованого стану; б) використання еквівалентного коефіцієнту інтенсивності напружень для прогнозування втомної довговічності елементів бурильної колони враховуючи одночасно нормальний відрив і поперечний зсув поверхонь тріщини, що є причиною руйнування.

Також, здійснено модернізацію конструкції експериментального стенду та проведено лабораторні дослідження з метою порівняння та перевірки адекватності математичних і фізичних методів оцінки напружено-деформованого стану елементів бурильної колони. Виконано статистичний аналіз та інтерпретацію отриманих результатів.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

– коректністю постановки та розв'язання теоретичних задач із застосуванням відомих методів реалізації математичних моделей та комп'ютерних технологій;

– якісним проведенням експериментальних досліджень із застосуванням сучасних засобів вимірювання та методів обробки їх результатів;

– збіжністю результатів математичного та фізичного моделювання;

– збіжністю результатів із існуючими результатами, отриманими із застосуванням широко відомих підходів;

– апробацією результатів роботи на науково-технічних конференціях, семінарах.

5. Наукова новизна основних результатів дослідженнями

Полягає в отриманні якісно нових підходів щодо оцінки впливу складного деформованого стану елементів бурильної колони на її втомну довговічність. Зокрема:

– вперше розроблено метод аналізу напружено-деформованого стану ділянки бурильної колони в довільно викривленій свердловині, враховуючи геометричні параметри та місцезнаходження замкових різьбових з'єднань бурильних труб, а також фізико-механічні властивості порід;

– набув подальшого розвитку метод прогнозування втомної довговічності колон бурильних труб, з врахуванням нормальної сили, крутних і згинальних моментів в їх поперечному перерізі, шляхом використання еквівалентного коефіцієнту інтенсивності напружень перед фронтом напівеліптичної втомної тріщини, яка є причиною руйнування;

– вперше, кількісно та якісно, досліджено вплив на втомну довговічність орієнтації напівеліптичної тріщини відносно поперечного перерізу елементу бурильної труби при дії осьової сили, згинального та крутного моментів.

6. Практична цінність результатів дослідження та її впровадження

Визначається можливістю їх використання для зниження рівня втомних відмов бурильних колон, що зазнають складного деформованого стану. Зокрема:

– результати дисертаційного дослідження відображені в керівному документі «Методика прогнозування втомної довговічності бурильних труб за складного деформованого стану» (впроваджена в ТОВ «Ендейвер»);

– вдосконалено методику визначення залежності критичної сили стиску від кількості шарів навивки пакету пружних оболонок «Відхильника для направлено буріння» (Пат. 75251 С2 Україна, МПК Е21В 7/04);

– результати досліджень впроваджені у навчальний процес кафедри нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківського Національного технічного університету нафти і газу.

7. Перелік наукових праць, які відображають основні результати дисертації

Всі положення й висновки, математичні моделі та методи розрахунків, аналітичні залежності й результати розрахунків, що виносяться на захист, розроблені та належать особисто авторові. Робота [8] опублікована одноосібно. Із наукових праць, які опубліковані в співавторстві, на захист винесено їх основні частини, розроблені особисто дисертантом. Зокрема [1] – розроблено скінчено-елементарну твердотільну модель об'єкту дослідження, методологію розрахунку та отримано чисельні результати; [2] – здійснено розрахунки згідно з розробленими математичними моделями; [6, 7] – розроблено конструкцію та прийнято участь у виготовленні лабораторного стенду; [3, 4] – запропоновано концепцію використання еквівалентного коефіцієнту інтенсивності напружень перед фронтом напівеліптичної втомної тріщини, здійснено розрахунки; [5] – розроблено скінчено-елементарну твердотільну модель пакету пружних оболонок і здійснено аналіз її повздовжньої стійкості.

Особистий внесок автора в опублікованих роботах наведений у наступній таблиці:

| № п/п | Автори, назва публікації | Особистий внесок дисертанта, зміст | % |
|----------|---|--|----|
| 1 | <p>Andriy Dzhus, Ruslan Rachkecyh, Andriy Andrusyak, Iryna Rachkevych, Oleksandr Hryhoruk, Serhii Kasatkin. Evaluation the stress-strain state of pumping equipment in the curvilinear sections of the well. <i>Management Systems in Production Engineering</i>. 2020. Vol. 28, Issue 3. P. 189 – 195.</p> | <p>Розроблено тривимірну модель і, за допомогою неї, проведено аналіз напружено-деформованого стану досліджуваного об'єкту (Висвітлюється розділ 3)</p> | 30 |
| 2 | <p>Rachkevych R., Rachkevych I. The Stress-Strain State of the Drill String at the Section of the borehole with a Cavern. <i>Journal of Material Science Research</i>. 2016. Vol. 5. No. 2. P. 128 – 146.</p> | <p>Складено програму та здійснено розрахунок напружено-деформованого стану бурильної колони (Висвітлюється розділ 3)</p> | 50 |
| 3 | <p>Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Рачкевич І.О. Розрахунок залишкового ресурсу насосної штанги. <i>Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ</i>. 2017. № 3 (64). С. 50 – 56.</p> | <p>Запропоновано та обґрунтовано можливість використання еквівалентного коефіцієнту інтенсивності напружень, складено програму для проведення розрахунків (Висвітлюється розділ 4)</p> | 30 |

| № п/п | Автори, назва публікації | Особистий внесок дисертанта, зміст | % |
|----------|--|--|----|
| 4 | <p>Kopey B., Artym V., Rachkevych I., Rachkevych R. Estimation of the drill pipes residual resource under the multiaxial stress state. <i>Technology audit and production reserves</i>. 2019. № 1/1 (45). P. 58 – 64.</p> | <p>Запропоновано та обґрунтовано можливість використання еквівалентного коефіцієнту інтенсивності напружень, складено програму для проведення розрахунків (Висвітлюється розділ 4)</p> | 25 |
| 5 | <p>Олексюк М.П., Рачкевич Р.В., Яциняк І.І., Рачкевич І.О., Івасів В.М. Розроблення конструкції та аналіз стійкості пакету пружних оболонок пристрою для керування траєкторією свердловини. <i>Нафтогазова енергетика</i>. 2019. № 2 (32). С. 61 – 69.</p> | <p>Створено тривимірну модель пакету пружних оболонок та проведено аналіз його поздовжньої стійкості (Висвітлюється розділ 3)</p> | 25 |
| 6 | <p>Rachkevych R., Ivasiv V., Bui V., Yurych L., Rachkevych I. Laboratory research of the stress-strain state of the drill string in the local bend of the well. <i>Technology audit and production reserves</i>. 2019. № 1/1 (45). P. 15 – 24.</p> | <p>Прийнято безпосередню участь у проведенні експерименту, проведено статистичний аналіз результатів (Висвітлюється розділ 2)</p> | 35 |

| № п/п | Автори, назва публікації | Особистий внесок дисертанта, зміст | % |
|----------|---|--|-----|
| 7 | Рачкевич Р.В., Рачкевич І.О., Івасів В.М. Лабораторне моделювання напружено-деформованого стану бурильних колон у локальних перегибах свердловин. <i>Машини, обладнання і матеріали для нарощування вітчизняного видобутку нафти і газу PGE – 2018</i> : Матеріали II міжнародної науково-технічної конференції (Івано-Франківськ, 24 – 27 квіт. 2018). Івано-Франківськ, 2018. С. 234 – 236. | Розроблено та модифіковано лабораторний стенд, безпосередньо прийнято участь у експериментах, проведено статистичний аналіз результатів (Висвітлюється розділ 2) | 35 |
| 8 | Рачкевич І.О. Тривимірне моделювання напружено-деформованого стану колони бурильних труб у криволінійному стовбурі свердловини. <i>Science – the Future of the Word: The 5th International scientific and practical conference</i> (Prague, June 23 – 24. 2020). Prague, 2020. P. 131 – 136. | Розроблено тривимірну модель і, за допомогою неї, проведено аналіз напружено-деформованого стану досліджуваного об'єкту (Висвітлюється розділ 3) | 100 |

8. Апробація основних результатів дослідження

Основні результати роботи доповідались та обговорювались на: II-й міжнародній науково-технічній конференції «Машини, обладнання і матеріали для нарощування вітчизняного видобутку нафти і газу PGE – 2018» (м. Івано-Франківськ, 2018); The 5th International scientific and practical conference «*Science – the Future of the Word*» (Prague, 2020).

УХВАЛИЛИ:

Дисертація здобувача ступеня доктора філософії Рачкевич Ірини Олександрівни на тему: «**ПРОГНОЗУВАННЯ ВТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ З ВРАХУВАННЯМ СКЛАДНОГО ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ**» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, у якій вирішено конкретне наукове завдання визначення кількості циклів навантаження до настання критичного стану елементів бурильних колон, що зазнають одночасної дії осьових зусиль, згинальних і крутних моментів, що має важливе значення для механічної та нафтогазової інженерії.


Дисертація відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки

України №40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 6 березня 2019 р. та може бути рекомендована до розгляду та захисту на здобуття ступеня доктора філософії (Галузь знань 13 – Механічна інженерія, спеціальність 133 – Галузеве машинобудування) у разовій спеціалізованій вченій раді.

Рішення прийнято одногосно.

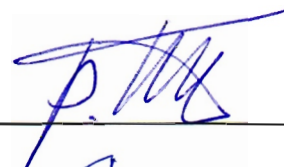
**Головуючий на засіданні
фахового семінару**

Канд. техн. наук,
доцент


Федорович Я.Т.

Рецензенти:

Д-р. техн. наук,
професор


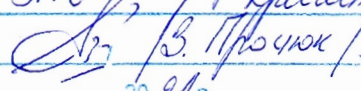

Грабовський Р.С.

Канд. техн. наук,
доцент


Величкович А. С.

**Відповідальний за атестацію
здобувачів вищої освіти ступеня
доктора філософії**


Криштопа С.І.


Підпис(и) Федоровича Я.Т., Грабовського Р.С.,
Величкова А.С., Криштопи С.І.
посвідчую
Учений секретар ІФНТУНГ 
«01» 03 2024 р.