

## ВИСНОВОК

фахового семінару кафедри нафтогазових машин та обладнання  
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу  
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації  
Стефанишина Андрія Богдановича на тему: “Прогнозування та підвищення ресурсу  
насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями”  
поданої на здобуття ступеня доктора філософії  
(галузь знань 13 – Механічна інженерія, спеціальність  
133 - Галузеве машинобудування)

**Актуальність теми та її зв'язок із планами науково-дослідних робіт.** На даний час питання підвищення надійності та довговічності нафтогазового обладнання набули особливої актуальності. Близько 70% нафтових свердловин в Україні експлуатуються штанговими свердловинними насосними установками (ШСНУ). Однією з основних проблем, пов'язаної з експлуатацією свердловин, обладнаних ШСНУ, є частий вихід з ладу насосних штанг (НШ) внаслідок втомного руйнування, викликаного значними циклічними напруженнями, впливом агресивних середовищ, механічним зносом, а також наявністю виробничих дефектів. Внаслідок існуючої технології виготовлення НШ з гарячекатаного прокату на ділянці галтелі штанги з'являється структурна неоднорідність, яка істотно знижує міцність цієї зони. В процесі виробництва штанг всі дефекти, що знаходяться як в тілі прутка, так і на його поверхні (внутрішні і поверхневі дефекти), залишаються.

Статистика показує, що обрив штанг складає 30-40 відсотків від усіх причин виходу з ладу нафтової свердловини. По-перше, ліквідація обриву триває 5-7 днів, що вимагає значних матеріальних витрат. По-друге, це штанги, які підняли із свердловини і перетворили на металобрухт. По-третє, втрати видобутку нафти під час ремонту свердловини.

Продовження терміну служби насосних штанг є одним з актуальних завдань у нафтовому виробництві. Тому потрібно знайти спосіб, який би вирішував завдання ремонту штанги і максимального використання ресурсу штангового прокату, повернення в роботу значної частини відбракованих штанг.

### **Зв'язок теми дослідження з планами науково-дослідних робіт.**

Тематика роботи є частиною планових науково-дослідних програм та розвитку нафтопромислового комплексу України і входить в план наукової та науково-технічної діяльності Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу та виконувалася в межах науково-дослідної роботи “Експериментальні дослідження властивостей дослідних зразків насосних штанг після відновлення” (номер держреєстрації 0117U003756). Автором розроблено наукові основи підвищення працездатності насосних штанг шляхом їх відновлення при ремонті та проведено комплекс експериментальних досліджень, а також розроблено принцип керування удосконаленим технологічним процесом ремонту штанг, виконані роботи з визначення межі витривалості і довговічності та прогнозування властивостей ремонтних штанг.

### **Конкретна особиста участь автора в одержанні результатів.**

Безпосередньо автором:

- особисто вдосконалено технологію ремонту насосних штанг та проведено аналіз методів відновлення відбракованих насосних штанг [5; 11-15; 17; 23];
- запропоновано методи боротьби з асфальтосмолистими речовинами та їх попередження методом нанесенням захисних покриттів на поверхні труб та іншого обладнання [7];
- проведено дослідження нестационарних процесів в газотранспортних системах за умови їх неповного завантаження, викликаних стрибкоподібною зміною витрати та зупинками компресорних станцій [5, 6];
- запропоновано прогнозування стаціонарних режимів роботи систем газопостачання методом інтегральних коефіцієнтів [3];
- подано рекомендації щодо використання поліуретанових покриттів у процесі ремонту насосних штанг [6];
- проведено контроль мікроструктури насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями, розроблено та досліджено спосіб холодної правки і контролю насосних штанг поздовжнім навантаженням [24];
- проведено оцінку границі втомної міцності насосних штанг при асиметричному навантаженні та проведено розрахунок залишкового ресурсу насосної штанги [16];
- запропоновано метод прогнозування ймовірності ресурсу сталевих та композитних насосних штанг [8; 19];
- проаналізовано перспективи застосування гібридних насосних штанг, проведено аналіз ефективності склопластикових, вуглепластикових та гібридних насосних штанг та досліджено втомну міцність гібридних штанг при циклічних навантаженнях при згині [9; 10; 18];
- запропоновано новий спосіб з'єднання гібридних насосних штанг [4];
- проведена оцінка запасів міцності гібридних насосних штанг для прогнозування ресурсу за багатоциклової втоми [2; 25];
- здійснено пошук і аналіз літератури, визначено постановку задач та подано ідеї для їх розв'язання [1; 20-22];
- розглянуто перспективи застосування гібридних насосних штанг та проведена оцінка їх втомної міцності при циклічному згині. Проведено аналіз пошкоджень гібридних насосних штанг та розроблена методика заліковування тріщин [3].

Особистий внесок автора в опублікованих роботах наведений в таблиці:

| <b>№ п/п</b>  | <b>Автори, назва публікації</b>   | <b>Особистий внесок дисертанта, зміст</b>           | <b>%</b> |
|---|---|---|----------|
| <b>Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації</b> |   |   |          |
| 1   | Копей Б.В., Стефанишин О.І., Стефанишин А.Б., Підвищення ефективності нафтогазопромислового обладнання: монографія. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2019. 375с. | Розділи 5.3; 5.4; редагування матеріалів монографії | 20       |

| № п/п | Автори, назва публікації  | Особистий внесок дисертанта, зміст   | %   |
|-------|---|--|-----|
| 2     | B.V. Kopei, A.B.Stefanyshyn, and T.P. Venhrynyuk. Fatigue strength of hybrid pump rods. Material Science. Vol. 54. No. 5 March 2019. P. 739-742. <a href="https://doi.org/10.1007/s11003-019-00240-z">https://doi.org/10.1007/s11003-019-00240-z</a> (Scopus) | Проведена оцінка запасів міцності гібридних насосних штанг для прогнозування ресурсу за багатоциклової втоми | 25  |
| 3     | A.B.Stefanyshyn. Restoration of hybrid sucker rods technical characteristics. Modern engineering and innovative technologies. Issue №11, Part 1, March 2020. P. 22-26. (Index Copernicus)   | Одноосібна   | 100 |
| 4     | Б. В. Копей, А. Б. Стефанишин, Т. П. Венгринюк. Втомна міцність гібридних насосних штанг. Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2018. № 4. С.117-122.   | Запропоновано новий спосіб з'єднання гібридних насосних штанг  | 40  |
| 5     | Копей Б.В., Копей В.Б., Мартинець О.Р., Стефанишин О.І., Стефанишин А.Б. Використання «дерева відмов» як методу структурного аналізу штангової насосної установки. Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. 2013. № 2 (47). С.62-71.                   | Прооведено аналіз методів відновлення відбракованих насосних штанг   | 15  |
| 6     | Копей Б.В., Стефанишин О.І., Мартинець О.Р., Стефанишин А.Б. Використання поліуретанових покриттів в процесі ремонту насосних штанг. Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. 2013. № 1(34). С.120-125.        | Запропоновано напрямки модифікації поліуретанових покриттів  | 20  |
| 7     | Копей Б.В., Мартинець О.Р., Стефанишин А.Б. Склад і властивості асфальтосмолистих речовин. Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. 2014. № 2 (51). С.45-50.   | Запропоновано методи боротьби з асфальтосмолистими речовинами та їх попередження                             | 25  |
| 8     | Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Рачкевич І.О. Розрахунок залишкового ресурсу насосної штанги. Розвідка і розробка нафтогазових родовищ. 2017. №3(64). С.50-56.   | Запропоновано метод прогнозування ймовірності ресурсу насосних штанг   | 30  |
| 9     | Копей Б.В., Юй Шуанжуй, Стефанишин А.Б. Перспективи застосування вуглепластикових та гібридних насосних штанг. Розвідка і розробка нафтогазових родовищ. 2017. №4(65). С.20-25.   | Проаналізовано перспективи застосування гібридних насосних штанг   | 25  |
| 10    | Копей Б.В., Юй Шуанжуй, Стефанишин А.Б. Аналіз ефективності склопластикових, вуглепластикових та гібридних насосних штанг. Нафтогазова енергетика. 2017. № 2(28). С.27-30.  | Проведено аналіз ефективності склопластикових, вуглепластикових та гібридних насосних                        | 25  |

| № п/п  | Автори, назва публікації  | Особистий внесок дисертанта, зміст  | %  |
|--|---|---|----|
|  |   | штанг   |    |
| <b>Праці, які засвідчують апробацію матеріалів</b> |   | <b>дисертації</b>   |    |
| 11   | Копей Б.В., Мартинець О.Р., Овецький С. О., Стефанишин А.Б. Технологічні процеси та технічні засоби ремонту насосних штанг. Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2013: материалы международной научно-практической конференции, 18-29 июня 2013 г. Одесса: Куприенко, 2013. Выпуск 2, том 7. С.78-84. (Index Copernicus). | Запропоновано вдосконалення технології ремонту насосних штанг                           | 20 |
| 12   | Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Стефанишин О. І. Вдосконалення технології ремонту насосних штанг. Інноваційні технології буріння свердловин, видобування нафти і газу та підготовки фахівців нафтогазової галузі: тези доповідей науково-технічної конференції, 3-6 жовтня 2012 р. Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2012. С.118-220.                    | Запропоновано режими холодної правки насосної штанги в процесі виготовлення             | 35 |
| 13   | Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Мартинець О.Р. Аналіз методів відновлення відбракованих насосних штанг. Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії – 2012: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів, 5-7 листопада 2012 р. Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2012. С.130 – 132.              | Проведено аналіз методів відновлення відбракованих насосних штанг                       | 30 |
| 14   | Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Стефанишин О. І., Онищук О.О. Вдосконалення технології ремонту насосних штанг. Інноваційний потенціал української науки – XXI сторіччя: матеріали доповідей учасників сімнадцятої Всеукраїнської науково-практичної конференції, 22-26 жовтня 2012 р. Запоріжжя: Видавництво ПГА, 2012. С. 124-134.  | Запропоновано метод відновлення відбракованих насосних штанг                            | 30 |
| 15   | Копей Б.В., Мартинець О.Р., Стефанишин А.Б. Аналіз способів ремонту насосних штанг. Нафтогазова енергетика – 2013: тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, 7-11 жовтня 2013 р. Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2013. С. 134-136.  | Проведено аналіз способів ремонту насосних штанг  | 30 |
| 16   | Копей Б.В., Стефанишин А.Б. Аналіз критеріїв Гудмана, Зодерберга і Гербера та розрахунок втомної міцності насосних штанг. Нафта і газ. Наука-освіта-виробництво: шляхи інтеграції та інноваційного розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції, 02-03 березня 2017 р. Дрогобич. С. 65-68.  | Проведено оцінку границі втомної міцності насосних штанг при асиметричному навантаженні | 40 |

| № п/п | Автори, назва публікації  | Особистий внесок дисертанта, зміст  | %  |
|-------|---|---|----|
| 17    | Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Стефанишин О.І. Відновлення технічних характеристик насосних штанг з експлуатаційними дефектами. Нафтогазова енергетика 2017: матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції до 50-річчя ІФНТУНГ, 15-19 травня 2017 р. Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2017. С.135-136.                | Запропоновані способи відновлення технічних характеристик насосних штанг                          | 30 |
| 18    | Копей Б.В., Юй Шуанжуй, Стефанишин А.Б. Втомна міцність гібридних насосних штанг при циклічному розтязі та згині. Нафтогазова енергетика 2017: матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції до 50-річчя ІФНТУНГ, 15-19 травня 2017р. Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2017. С. 121-122.                            | Проведено розрахунок втомної міцності гібридних насосних штанг при циклічному розтязі та згині    | 25 |
| 19    | Копей Б.В., Стефанишин А.Б., Мартинець О.Р. Порівняльний аналіз поломок насосних штанг в різних регіонах. Нафтогазова енергетика 2017: матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції до 50-річчя ІФНТУНГ, 15-19 травня 2017 р. Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2017. С. 117-118.                                   | Проведено аналіз поломок насосних штанг згідно зібраних статистичних даних                        | 30 |
| 20    | Копей Б.В., Блажків Т.Б., Юй Шуанжуй, Стефанишин А.Б. Контроль руйнування та росту втомних тріщин в гібридних насосних штангах. Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: тези доповідей 6-ої науково-практичної конференції, 15-16 листопада 2017 р. Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу, 2017. С. 30-31. | Проведено аналіз пошкоджень гібридних насосних штанг та розроблена методика заліковування тріщин  | 20 |
| 21    | Стефанишин А.Б., Бакун Б.М., Копей Б.В. Експериментальні дослідження властивостей дослідних зразків насосних штанг після відновлення. Молодь: наука та інновації: матеріали шостої всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, 15-16 листопада 2018 р. Дніпро, 2018. С. 45-46.                             | Здійснено пошук і аналіз літератури, визначено постановку задач та подано ідеї для їх розв'язання | 50 |
| 22    | Копей Б.В., Стефанишин А.Б. Відновлення властивостей дослідних зразків насосних штанг після експлуатації. Сучасний рух науки: тези доп. V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 7-8 лютого 2019 р. Дніпро, 2019. С.335-338.  | Запропоновано нову технологію відновлення властивостей дослідних зразків насосних штанг           | 50 |

| № п/п | Автори, назва публікації   | Особистий внесок дисертанта, зміст  | %  |
|-------|--|---|----|
| 23    | Копей Б.В., Стефанишин А.Б. Ремонт насосних штанг після експлуатації. Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні. ІТММ'2019: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції, 26 – 28 березня 2019 р. Дніпро: Національна металургійна академія України, Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна та ін. Дніпро: НМетАУ, 2019. С.12. | Вдосконалено технологію ремонту насосних штанг та проведено аналіз методів відновлення відбракованих насосних штанг   | 50 |
| 24    | Копей Б.В., Стефанишин А.Б. Контроль мікроструктури насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями. Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання: тези доповідей 7-ої науково-практичної конференції, 19-20 листопада 2019 р. Івано-Франківськ: Ів.-Фр. нац. техн. ун-т нафти і газу. 2019. С.113-114.  | Проведено контроль мікроструктури насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями, розроблено та досліджено спосіб холодної правки і контролю насосних штанг поздовжнім навантаженням | 50 |
| 25    | Богдан Копей, Василь Михайлюк, Андрій Стефанишин, та інші. Дослідження напруженого стану в з'єднанні гібридних насосних штангах. XXI Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 30 Листопада, 2019 р. <a href="http://conferences.neasmo.org.ua/uk/art/5266">http://conferences.neasmo.org.ua/uk/art/5266</a> .  | Запропоновано метод прогнозування ймовірності ресурсу сталевих та композитних насосних штанг  | 25 |

**Ступінь обґрунтованості запропонованих здобувачем положень, висновків та рекомендацій.**

Достовірність отриманих результатів і висновків забезпечується: коректністю постановки задач, використанням обґрунтованих моделей і методів їх розв'язання, постановкою та проведенням експериментальних досліджень які це підтверджують.

**Основні результати дослідження, ступінь їх наукової новизни та значущості.**

На основі результатів проведених досліджень вирішено важливе науково-приладне завдання розроблення методів відновлення сталевих та гібридних насосних штанг, який відповідно підвищує опір корозійній втомі сталевих насосних штанг в 3-4 рази та подовжує ресурс штанг з полімерно-композитних матеріалів з втомними тріщинами до 20% з використанням бандажів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що вперше:

- запропонована та впроваджена у виробництво технологія відновлення насосних штанг, що полягає в усуненні пошкоджень поверхні, які виникають на поверхні штанги в процесі експлуатації (тріщини, потертості, нерівномірне зношування штанги по діаметрі, пошкодження внаслідок корозії), методом проточування, та використання

поверхневого наклепу, що дає можливість підвищити втомну міцність штанги та інші її механічні характеристики, а також повернути значну частину відпрацьованих штанг в експлуатацію;

- проведено оцінку впливу напружень кручення при складному напруженому стані штангової колони, шляхом оцінки цього виду навантаження на ріст втомної тріщини, що дає змогу прогнозувати ресурс при обертанні насосних штанг обертачем та визначити періодичність проведення їх дефектоскопії, що забезпечить безаварійну роботу свердловини;

- отримані результати значень при дії різних напружень згину відновлених ремонтних штанг згідно розробленої технології, через проведені випробування та відповідні розрахунки, що дало можливість визначити межу корозійної втоми для різних діаметрів насосних штанг;

- отримали подальший розвиток перспективи відновлення гібридних насосних штанг з тріщинами, що полягає в накладанні бандажів із скловолокна ( $l=50\text{см}$ ,  $B=10\text{см}$  – 6 шарів по контуру штанги в місці виникнення тріщин) та епоксидної смоли, що дає можливість подовжити їх ресурс на 15-20% при видобуванні нафти з глибоких свердловин.

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей протікання технологічних процесів в газотранспортних системах для оптимізації оперативного керування режимами за умови їх неповного завантаження.

**Практичне значення роботи.** Розроблено та впроваджено у виробництво технологію відновлення насосних штанг, що вирішує завдання ремонту штанги і максимального використання ресурсу нафтового прокату, повернення в роботу значної частини відбракованих штанг та дає великі техніко-економічні переваги в порівнянні з відомими способами відновлення насосних штанг;

За допомогою розробленої методики і комп'ютерної програми *MathCAD* та отриманих результатів досліджень можна прогнозувати ресурс насосних штанг та обґрунтувати періодичність проведення їх дефектоскопії, що дозволить раціонально використовувати штанги і значно скоротити аварійність при видобуванні нафти зі свердловин;

Розроблене композитне покриття насосних штанг виконує не тільки функцію протикорозійного захисту, але і механічно зміцнює поверхню насосної штанги створенням залишкових напружень стиску;

Результати досліджень втомної міцності при згині гібридних насосних штанг представляють практичний інтерес для оцінки запасів міцності штангових колон і можуть бути використані для прогнозування їх ресурсу за багатоциклової втоми.

**Повнота викладення матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок у них автора.** За результатами дисертації опубліковано 25 наукових праць, серед них: одна монографія, 7 статей у фахових виданнях України, і 1 зарубіжна публікація, із яких 3 включено до міжнародних наукометричних баз (1 статтю проіндексовано базами Scopus, 2 – Index Copernicus; 1 стаття у матеріалах конференцій. Окрім статей, дисертаційні результати стисло містяться ще й у 15 тезах, опублікованих в збірниках матеріалів вищезазначених конференцій.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення дисертаційної роботи, її результати та висновки було висвітлено й обговорено на таких наукових конференціях і семінарах: серед них — Науково-технічна конференція «Інноваційні технології буріння свердловин, видобування нафти і газу та підготовки фахівців нафтогазової галузі» (3-6 жовтня 2012 р., м. Івано-Франківськ, Україна), Міжнародна науково-практична конференція молодих учених та студентів «Техніка і прогресивні технології у нафтогазовій інженерії – 2012 (5-7 листопада 2012 р., Івано-Франківськ,

Україна), Всеукраїнська науково-практична конференція «Інноваційний потенціал української науки – XXI сторіччя» (22-26 жовтня 2012 р., Запоріжжя, Україна), Міжнародна науково-технічна конференція «Нафтогазова енергетика – 2013» (7-11 жовтня 2013 р., м. Івано-Франківськ, Україна), Міжнародна науково-практична конференція «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2013» (18-29 червня 2013 р., м. Одесса, Україна), Всеукраїнська науково-технічна конференція «Нафта і газ. Наука-освіта-виробництво: шляхи інтеграції та інноваційного розвитку», (02 - 03 березня 2017 р., м. Дрогобич, Україна), VI Міжнародна науково-технічна конференція «Нафтогазова енергетика 2017» (15-19 травня 2017 р., Івано-Франківськ, Україна), Науково-практична конференція «Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання», (15-16 листопада 2017 р., м. Івано-Франківськ, Україна), VI Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів, аспірантів і молодих вчених "Молодь: наука та інновації", (15-16 листопада 2018 р., м. Дніпро, Україна), V Міжнародна науково-практична інтернет-конференція, (7-8 лютого 2019 р., м. Дніпро, Україна), Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в металургії та машинобудуванні ITMM'2019» (26 – 28 березня 2019 р., м. Дніпро, Україна), VII Науково-практична конференція "Методи та засоби неруйнівного контролю промислового обладнання", (19-20 листопада 2019 р., м. Івано-Франківськ, Україна), XXI Міжнародна науково-практична інтернет-конф., (30 Листопада, 2019 р., <http://conferences.neasmo.org.ua/uk/art/5266.>).

**Відповідність дисертації вимогам МОНУ.** Дисертаційна робота відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України «Про порядок проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» від 06.03.2019 р. № 167, вона пройшла перевірку на плагіат.

**Оцінка мови та стилю дисертації.** Дисертаційна робота написана грамотною українською технічною мовою, стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття.

Стефанишин Андрій Богданович є сформованим науковим фахівцем, що може ставити і самостійно вирішувати наукові проблеми.

Враховуючи наведене вище, фаховий семінар рекомендує дисертацію Стефанишина Андрія Богдановича на тему «Прогнозування та підвищення ресурсу насосних штанг з експлуатаційними пошкодженнями» до розгляду та захисту на здобуття ступеня доктора філософії (галузь знань «13 – механічна інженерія», спеціальність «133 - Галузеве машинобудування») у спеціалізованій вченій раді.

#### **Результати голосування:**

за – 16,

проти – немає,

утримались – немає.

#### **Рецензенти**

д.т.н., проф., професор кафедри  
технічної механіки



Лисканич М. В.

д.т.н., проф., зав. кафедри  
автомобільного транспорту



Криштопа С. І.