

## ВІДГУК

офіційного опонента **Якима Романа Степановича**  
на дисертаційну роботу **Юя Шуанжуя** на тему «**Підвищення працездатності насосних штанг з полімерних композитних матеріалів**», представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – Машина нафтової і газової промисловості.

### 1. Актуальність роботи.

Насосні штанги, що застосовуються у видобуванні нафти, працюють у складних умовах зумовлених сумісною дією комплексу статичних, динамічних, циклічних, вібраційних та інших навантажень, а також впливу корозивного середовища. Це пришвидшує передчасне виникнення різноманітних пошкоджень, корозійно-втомного руйнування сталі насосних штанг, внаслідок чого знижується їхня працездатність. Застосування полімерних композитних матеріалів (ПКМ) для виготовлення насосних штанг забезпечує їм вищі експлуатаційні показники. Одночасно існує проблема низької надійності кріплення «полімерний стрижень – сталева головка» в насосних штангах з ПКМ. Відтак, дисертаційне дослідження присвячене підвищенню працездатності насосних штанг з ПКМ на основі встановлення раціональних параметрів напружено-деформованого стану та забезпечення втомної міцності з'єднань «полімерний стрижень – сталева головка» є актуальним, а розробка нових конструкцій таких з'єднань має важливе народногосподарське значення.

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до основного наукового напрямку діяльності кафедри нафтогазових машин та обладнання ІФНТУНГ. Тематика роботи є частиною планових державних науково-дослідних програм із розвитку нафтогазового комплексу України та ґрунтується на результатах науково-дослідної роботи “Розробка наукових основ створення з'єднань з металополімерних композитних матеріалів та керування їх зносо-фрикційними та втомними властивостями” (номер державної реєстрації 0115U002281). Цей план входить у національну програму “Нафта і газ України до 2030 р.”.

## **2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Обґрунтованість представлених у дисертаційній роботі наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується перш за все коректністю постановки та розв'язання розглянутих завдань. Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи ґрунтуються на використанні наукових положень сучасної механіки руйнування, коректному застосуванні математичних методів та моделювання, аналітичному аналізі отриманих результатів. Достовірність результатів досліджень ґрунтується на отриманих результатах під час проведення експериментів та їх відтворюваністю, використанням сучасних прикладних комп'ютерних програм для обробки результатів досліджень і моделювань. Враховуючи вищевказане, викладені в роботі положення висновки та рекомендації є обґрунтованими, а дисертація є завершеною науковою роботою.

## **3. Структура та основний зміст дисертації.**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 120 найменувань на 13 сторінках, 2 додатків на 20 сторінках. Основна частина дисертаційної роботи викладена на 154 сторінках і містить 74 рисунки та 16 таблиць. Загальний обсяг дисертації – 187 сторінок.

## **4. Загальна характеристика дисертаційної роботи**

У вступі обґрунтовано актуальність, сформульовано мету і основні завдання дисертаційної роботи, висвітлено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, апробацію роботи, її структуру та обсяг: із 120 найменувань на 13 сторінках.

У першому розділі аналізуються проблеми конструювання, випробування на втому й працездатності насосних штанг з полімерних композитних матеріалів при видобуванні нафти зі свердловин, а також сучасні методи і засоби для підвищення їх довговічності.

Аналізом існуючого рівня техніки обґрунтовано найефективніший шлях підвищення надійності з'єднання склопластикового стрижня зі сталеву головою, який ґрунтується на обтисканні сталеву головки в ділянці гнізда у якому вставлено кінець склопластикового стрижня та створення раціонального контактного тиску.

**Другий розділ** присвячено методиці проведення досліджень. Тут описано машини та устаткування для випробовувань на втому матеріалів зразків та натурних штанг з ПКМ. Удосконалено методику випробувань насосних штанг (що відтворює їхні умови експлуатації) для оцінки напружено-деформованого стану їх елементів. Розроблена методика неруйнівного діагностування і прогнозування міцності елементів насосних штанг з ПКМ.

У **третьому розділі** досліджено напружено-деформований стан з'єднань насосних штанг з ПКМ.

Аналітично встановлено, що використання склопластикову ступені замість сталеву в триступеневій комбінованій колоні насосних штанг, зменшує її жорсткість приблизно в 4 рази, і майже стільки ж збільшує коефіцієнт дисипації коливань. Відтак, пропонується забезпечувати такі параметри функціонування штангового свердловинного насосного устаткування які виключають небезпеку виникнення резонансу.

Побудована повна діаграма опору циклічному згину склопластикових насосних штанг діаметром 22 мм за умов обертання колони з використанням трипараметричного рівняння Поченного Є. К. Ці діаграми дисертант пропонує брати за основу для прогнозування ресурсу насосних штанг з ПКМ.

Моделюванням встановлено характер розподілу напружень у з'єднанні «полімерний стрижень – сталева головка» штанги, а також контактних тисків по довжині контакту з'єднання за умов дії різних зусиль обтискання.

**Четвертий розділ** присвячений дослідженню втомних характеристик з'єднань насосних штанг з полімерних композитів та їх матеріалів.

Досліджено характеристики витривалості склопластикових насосних штанг в різних середовищах. Встановлено, що прісна та солонна вода знижують їх втомні характеристики на 25% та 32%. Визначено втомні характеристики

штанг з полімерних композитів за умов дії згину та осьового навантаження. Встановлено, що гібридні штанги мають умовну границю втоми при малоцикловому навантаженні за осьового асиметричного розтягу на базі 10 тис. циклів у 5 раз вищу, ніж при циклічному згині.

Вивчено закономірності росту тріщин у нових та відпрацьованих штангах з ПКМ при випробовуванні на втому. Вперше визначено залежність кількості та довжин тріщин від величини напруження згину при втомних випробуваннях склопластикових та гібридних насосних штанг. Встановлено, що гібридні штанги мають в 1,5 рази вищі характеристики границі втоми, ніж склопластикові.

Вдосконалено конструкцію штангообертача безперервної дії та виконано його скінченно-елементний та кінематичний аналіз для зменшення величин крутних моментів, які діють на колону штанг з ПКМ.

## **5. Наукова новизна і достовірність отриманих результатів**

Основними новими і значними результатами дисертації є наукове обґрунтування параметрів та розробка нових конструкцій насосних штанг з ПКМ.

Поміж наукових положень, запропонованих і обґрунтованих автором найбільш важливими є:

- вперше отримані втомні характеристики гібридних насосних штанг при циклічному згині;

- вперше отримано залежність кількості та довжин тріщин від величини напруження згину при втомних випробуваннях склопластикових та гібридних насосних штанг;

- вперше отримані значення коефіцієнтів дисипації коливань для ступеней колон, сформованих із склопластикових та сталевих штанг.

- вдосконалено підхід щодо оцінки характеристик витривалості склопластикових насосних штанг в різних середовищах, що відрізняється застосуванням комплексного аналізу даних діаграм розтягу та інтенсивності сигналів акустичної емісії в штанзі, випробуваній на втому за дії змінного напруження.

Основні наукові результати і положення проведених досліджень є достовірні і обґрунтовані аналітично з використанням методів: теорії нечітких множин і нечіткої логіки, експертних оцінок, математичної статистики, імітаційного моделювання тощо.

Достовірність одержаних результатів підтверджена результатами експериментальних досліджень, створенням експериментального зразка нового з'єднання, який пройшов дослідні випробування в лабораторних умовах на стенді ЗКШ-25.

#### **6. Практична значимість наукових результатів:**

– запропоновано конструкцію клинового з'єднання склопластикового тіла насосної штанги зі сталеву головою, яка уможливує досягти більших глибин та підвищити ресурс штангової колони при роботі в свердловинах;

– вдосконалено черв'ячний обертач безперервної дії колони склопластикових насосних штанг, що забезпечує зменшення крутних навантажень на колону та попередження руйнування з'єднань при її обертанні.

Результати дослідження можуть бути використані в проектно-конструкторських організаціях для створення нових компоновок колон насосних штанг.

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

Основні результати дисертаційної роботи викладені у 12 наукових статтях (в тому числі 1 одноосібна), зокрема, 1 зарубіжна, 4 статті у наукометричних та фахових виданнях, 6 – у збірниках праць міжнародних та всеукраїнських конференцій, отримано патент на корисну модель.

#### **8. Автореферат**

Структура та оформлення автореферату відповідає вимогам ДАК України, він ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

## 9. Зауваження та дискусійні положення дисертаційного дослідження:

1. Представлений аналіз в п. 1.2.1 обмежується порівнянням фізичних відмінностей склопластика. Також не зазначено торгові марки порівнюваного сортаменту склопластика.
2. З тексту на с.62 не зрозуміло які конкретно параметри з'єднання головки з тілом пластика тут розглядаються.
3. З п. 2.2 не зрозуміло які саме торгові марки ПКМ застосовано для виготовлення зразків для випробовування та які їхні фізико-механічні показники.
4. Вивчення характеру мікроструктури досліджуваних матеріалів ПКМ розширили б інформативність про процеси зародження дефектів, ріст і поширення тріщин тощо.
5. В роботі констатується що на першій стадії руйнування насосних штанг з ПКМ пошкоджується й руйнується полімерний матеріал зв'язки, відтак цікавий був би аналіз альтернативних, міцніших зв'язок для ПКМ насосних штанг.
6. Не приділено належної уваги досвіду іноземних фірм які спеціалізуються на виготовленні й застосуванні склопластикових насосних штанг.
7. На рис. 4.2 подано поперечний переріз гібридної насосної штанги. Тут переріз вуглепластикової серцевини не має однорідної геометрії. Можливо слід було б дослідити вплив характеру параметрів спряження серцевина-оболонка на схильність до руйнування гібридної насосної штанги.
8. Інформацію та дані щодо методик дослідження, лабораторного дослідного устаткування, блок-схем, стандартні формули для статистичного планування досліджень та обробки їхніх результатів можна було б сконцентрувати у другому розділі. Громіздкі аналітичні вирази та їх перетворення можна було б подати у додатках.
9. З п. 4 інформацію про обертачі колони склопластикових насосних штанг (п.4.4, с. 138 – 141) краще було б подати в перший розділ, де є аналіз рівня техніки та літературних джерел. А для вдосконалення привода обертача варто було б здійснити розрахунок згідно загальноприйнятих методик в

проектуванні й конструюванні деталей машин, результати яких подати в додатку. За розробленою конструкцією слід було виготовити експериментальний зразок обертача і представити дослідження його експлуатаційних показників.

10. У тексті дисертації не завжди дотримується стандартна термінологія, зокрема: замість вислову «корозійне середовище» краще застосовувати термін «корозивне середовище», замість вислову «корозійна стійкість» – «опірність до корозії», замість висловів «границя текучості» та «межа плинності» – термін «границя плинності», замість «межа витривалості» – «границя витривалості», замість «розтягувальне навантаження» – «навантаження розтягом», замість «стискаючі напруження» – «напруження стиску» тощо. Також трапляються окремі русизми, наприклад: «тензодатчик» – «тензодавач», «датчик» – «давач», «установка» – «устаткування», «защемлення» – «закладання», «вдавлюються» – «втискаються» тощо. Трапляються окремі невдалі звороти, тавтологія, повтори, нерозділені пробілом слова, є незначні описки. Зокрема, на с.68 є посилання на рис. 2.4, на якому мала би бути блок-схема, тим не менше рис. 2.4 – це «Рівні руйнування полімерних композитів». Зміст двох речень п. 2.3.3 не дає чіткого розуміння як саме визначається власна частота коливань зразка.

У дисертації рис. 2.7, 3.15, 3.17 – 3.21, а у авторефераті рисунки 1 – 5, 8, 9 виконані у дуже дрібному масштабі, що утруднює їхнє сприйняття.

В той же час необхідно зауважити, що зазначені зауваження не мають принципового характеру; не знижують високого науково-практичного рівня дисертації, а спрямовані тільки на її покращання і доповнення.

## **10. Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам.**

Дисертаційна робота Юй Шуаньжуя «Підвищення працездатності насосних штанг з полімерних композитних матеріалів» є завершеною науковою працею, в якій узагальнено результати виконаних досліджень, отримані нові, науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують комплекс актуальних науково-технічних задач розробки нових штанг з полімерних

композитів. Дисертаційне робота Юй Шуаньжуй, за своїм обсягом виконаних досліджень, їх актуальністю, науковою новизною, достовірністю і практичною цінністю повністю задовольняє вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій згідно «Порядку присудження наукових ступенів» щодо кандидатських дисертацій, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор – Юй Шуаньжуй заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – машини нафтової і газової промисловості.

Офіційний опонент, професор, доктор технічних наук,  
професор кафедри технологічної та професійної освіти  
Дрогобицького державного педагогічного

університету ім. Івана Франка..........**Р. С. Яким**



*Відгук надійшов у спеціалізовану  
вчену раду Д 22.03.19р.*

*Учений секретар ІФНТУНГ*



*/В. Процюк/*