

622, 276, 53
0-58

Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу

ОНИЩУК СТАНІСЛАВ ЮРІЙОВИЧ

УДК 622.276.054



**ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ШТАНГОВОЇ СВЕРДЛОВИННОЇ НАСОСНОЇ
УСТАНОВКИ ПРИ ВИСОКОМУ ВМІСТІ ПАРАФІНІВ ТА КОРОЗІЙНИХ
АГЕНТІВ У ПРОДУКЦІЇ СВЕРДЛОВИНИ**

Спеціальність 05.05.12 – Машини нафтової і газової промисловості

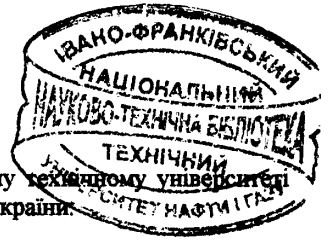
АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ - 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України.



Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор
Копей Богдан Володимирович,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри морських нафтогазових технологій

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Петриша Юрій Дмитрович,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, завідувач кафедри технології нафтогазового машинобудування;

кандидат технічних наук
Прозур Олександр Віталійович,
ВАТ «Укрнафта», начальник БВО НГВУ
«Чернігівнафтогаз» ВАТ «Укрнафта»

Захист відбудеться 28 квітня 2011 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 20.052.04 у Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

З дисертацією можна ознайомитися у науково-технічній бібліотеці Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу за адресою: 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15.

Автореферат розісланий "25" березня 2011 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 20.052.04,
кандидат технічних наук, доцент

Л.Д. Пилипів



an2162

АГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Насосні штанги установки штангових свердловинних насосів постійно контактують з корозійно-агресивним середовищем, що в поєднанні із циклічними навантаженнями зумовлює інтенсивне руйнування матеріалу штанг від корозійної втоми, а обрив колони насосних штанг супроводжується великими витратами коштів і часу на ловильні та спуско-підймальні операції. Додатковим негативним фактором тут виступає можливість утворення на поверхні штанг та насосно-компресорних труб парафінових відкладень, які збільшують навантаження на насосні штанги, а то й повністю закупорюють канал підйому продукції, спричиняючи їх заклинювання та обрив колони. У свердловинах з високим вмістом парафіну у продукції часто спостерігається високий процент кількості відмов внаслідок відгвинчування з'єднання насосних штанг.

Таким чином, виникає гостра потреба в розробці ефективних методів протидії явищам корозії і відкладення парафіну в каналі підйому продукції свердловини. На сьогодні такі методи розвинуті недостатньо, особливо в плані врахування впливу неметалевого покриття на корозійну тріщиностійкість матеріалу тіла насосної штанги.

У зв'язку з цим підвищення ресурсу штангових свердловинних насосних установок, що експлуатуються в умовах сумісної дії змінних навантажень, корозійно-агресивних середовищ та високого вмісту парафінових сполук в продукції свердловини, є актуальною науково-технічною проблемою, вирішення якої дозволяє отримати економічний ефект від збереження коштів на ремонтні роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано в межах наукового напрямку Національної програми "Ресурс" (постанова Кабінету Міністрів від 08.10.04 р. №1331).

Мета роботи. Метою дисертаційної роботи є підвищення ресурсу свердловинного обладнання штангової насосної установки при видобуванні парафіністих нафт шляхом захисту обладнання від факторів корозії та попередження утворення парафінових відкладень в каналі підйому продукції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- уточнити комплексну дію силових факторів з врахуванням впливу крутного моменту, створеного обертачем, на стійкість колони насосних штанг;
- дослідити параметри взаємодії потоку рідини в каналі насосно-компресорних труб з протектором для створення додаткового крутного моменту на колону насосних штанг;
- створити розрахункову модель для синтезу кінематичних параметрів приводу черв'ячного обертача колони насосних штанг безперервної дії;
- провести комплексні експериментальні дослідження впливу покриття тіла насосної штанги склотканинними стрічками на опір корозійно-втомному руйнуванню натурних насосних штанг та визначити період до зародження тріщин в залежності від величини циклічного навантаження;

- провести дослідження для встановлення можливості використання насосних штанг із покриттям склотканинною стрічкою в компоновці штангової колони у свердловинах із підвищеним вмістом парафіністих речовин в продукції.

Об'єктом досліджень є підземна частина комплексу обладнання штангової свердловинної насосної установки, що працює в умовах інтенсивного відкладення парафіну і дії корозійного середовища.

Предметом досліджень є методи підвищення ресурсу підземного обладнання штангової свердловинної насосної установки та його захист від факторів корозії і парафінізації каналу підйому продукції свердловини шляхом застосування комплексу обладнання для обертання колони насосних штанг та захисних покриттів з композиційних матеріалів.

Методи дослідження. Постановка задач зумовила необхідність у математичному моделюванні об'єкта досліджень з використанням класичних методів гідродинаміки і теоретичної механіки, теорії механізмів і машин, диференційного числення. Застосовано принципи моделювання методом скінченних елементів на ПЕОМ.

Проведено експериментальні дослідження впливу склотканинного покриття тіла насосних штанг на опір корозійній втомі з використанням сучасних методів і засобів для механічних випробувань, ультразвукової дефектоскопії з дотриманням стандартних методик. Основні висновки роботи узгоджуються з відомими даними теоретичних і експериментальних досліджень.

Положення, що виносяться на захист:

Математична модель розрахунку параметрів обладнання для підвищення ресурсу штангової свердловинної насосної установки, що працює в умовах інтенсивного утворення парафінових відкладень та високої корозійної активності середовища.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень отримано такі основні наукові результати:

- отримала подальший розвиток математична модель процесу деформування штангової колони, побудована із врахуванням дії крутного моменту, створюваного обертачем;

- вперше запропоновано модель розрахунку параметрів взаємодії потоку рідини в каналі насосно-компресорних труб з протектором для створення додаткового крутного моменту на колону насосних штанг;

- удосконалено розрахункову модель виконавчого механізму балансірного верстата-качалки з урахуванням кінематичних параметрів приводу черв'ячного обертача колони насосних штанг;

- вперше експериментально обґрунтовано доцільність застосування покриття тіла насосних штанг склотканинними стрічками для підвищення їх довговічності.

Практичне значення одержаних результатів полягає в:

- наукові результати роботи стали основою для визначення параметрів спіральної форми колони насосних штанг після втрати стійкості, визначення раціональної кількості протекторів насосних штанг;

- запропоновано конструкцію та визначено раціональні параметри протектора для створення додаткового крутного моменту на колону насосних штанг;

- запропоновано конструкцію та методику визначення раціональних параметрів приводу обертача колони насосних штанг черв'ячного типу безперервної дії;
- запропоновано метод підвищення ресурсу насосних штанг шляхом нанесення покриття склотканинними стрічками;
- розроблено конструкцію пристрою для нанесення склотканинного покриття на тіло насосної штанги;
- розроблено конструкцію пружинної втулки для протидії відкладенню парафіну в місці з'єднання насосно-компресорних труб;
- насосні штанги з покриттям склотканинними стрічками пройшли успішну промислову апробацію на об'єктах з підвищеним вмістом асфальто-смолистих та парафінистих речовин у продукції свердловини ТзОВ „Оранта” ЛТД, акт промислових випробувань від 14.10.2009 р.

Особистий внесок здобувача. Основні положення та результати дисертаційної роботи одержані автором самостійно. У сумісних роботах здобувач брав участь у розробці основної ідеї, проведенні експериментів та підготовці матеріалів до опублікування. Постановка задач, аналіз і трактування результатів проведено спільно з науковим керівником. Здобувачем проведено огляд та аналіз сучасних методів боротьби з корозією глибинного обладнання штангових насосних установок в [5,6], подано огляд методів боротьби з відкладенням парафіну в [7], запропоновано конструкцію протектора для створення додаткового крутного моменту на колону насосних штанг [8], визначено величину крутного моменту, створюваного протектором в [9], та запропоновано методику визначення раціональних параметрів його конструкції в [10]; запропоновано конструкцію черв'ячного обертача колони насосних штанг безперервної дії [11] та проведено кінематичний аналіз приводу обертача [12]; сформульовано методику покриття тіла насосних штанг склотканинними стрічками в [13]; досліджено вплив склотканинного покриття на опір корозійній втомі та швидкість росту тріщини в умовах корозійної втоми в [14]; запропоновано конструкцію пристрою для протидії відкладенню парафіну в місці з'єднання насосно-компресорних труб [15].

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на VI-ій міжнародній конференції молодих науковців “Інформатика та механіка” (м. Кам'янець-Подільський, 2008 р.); всеукраїнській науково-практичній конференції “Оптимізація наукових досліджень-2009” (м. Миколаїв, 2009 р.); міжнародній науково-практичній конференції „Перспективныe инновации в науке, образовании, производстве и транспорте ‘2009” (м. Одеса, 2009 р.); V-ій міжнародній науково-практичній конференції “Наука в інформаційному просторі” (м. Дніпропетровськ, 2009 р.).

Публікації. Результати досліджень, які відображені у дисертації, опубліковані у 15-и працях. Серед них: 6 праць, які опубліковані у наукових фахових виданнях; 5 – у збірниках праць та тезах конференцій; 3 – патенти на корисну модель та 1 патент на винахід.

Структура та об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 100 найменувань, і 5 додатків. Текстова частина викладена на 149 сторінках комп'ютерного набору і містить 47 рисунків і 10 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* дано загальну характеристику дисертаційної роботи. Розкрито суть проблеми підвищення ресурсу свердловинних штангових насосних установок (СШНУ) при високому вмісті парафінів та корозійних агентів у продукції. Обґрунтовано актуальність теми, що дало можливість сформулювати мету та основні задачі дослідження. Розкрито наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, подано відомості про особистий внесок здобувача та апробацію роботи.

У *першому розділі* проаналізовано умови роботи обладнання СШНУ. Проведено огляд та оцінку сучасних методів боротьби з парафінізацією та корозійною втомою глибинного обладнання насосної установки.

Проведено аналіз причин та наслідків утворення парафінових відкладень, які призводять до зниження міжремонтного періоду роботи свердловин, необхідності постійного проведення заходів з попередження і видалення відкладень та загального здорожчання процесів видобування нафти. Показано, що переважна більшість відмов на промислах пов'язана із корозійними процесами.

Питання боротьби з парафінізацією були предметом досліджень багатьох вчених. Вагомий внесок в цю галузь знань внесли Г.А. Бабалян, П.П. Голонський, М.Ю. Доломатов, Г.З. Ібрагімов, Ішкаєв Р.К., В.Г. Козін, Б.В. Карпов, Б.В. Копей, В.Б. Копей, С.Ф. Люшин, Б.А. Мазепа, Н.М. Нагімов, М.Н. Персіянцев, В.А. Рассказов, Н.Н. Рєпін, Я.Т. Федорович, А.Г. Тєлін, В.П. Трєнов, Е.П. Проскуркин, С.Й. Тараєвський.

Питаннями підвищення опору корозійній втомі вузлів штангової свердловинної насосної установки займалися О.С. Вірновський, А.А. Гоник, Б.В. Копей, В.Б. Копей, Б.Б. Круман, Г.А. Лісовий, М.Н. Персіянцев, Ю.Д. Петрина, Е.П. Проскуркин, Ю.С. Сичов, Л.М. Смірнов, В.И. Шкандратов, І.І. Фасрман, Я.Т. Федорович.

Як показує практика, найбільш складними відмовами штангової свердловинної насосної установки є відмови її підземної частини, особливо колони насосних штанг (НШ). Дія корозійного середовища в поєднанні з циклічними навантаженнями та впливом парафінових відкладень на колону НШ знижує її ресурс в декілька разів. Важливо, що близько 90% поломок НШ по тілу розташовані безпосередньо за головою, на віддалі 20-150 мм від її нижнього бурта. Слід також відмітити, що при високому вмісті парафіну в продукції свердловини, значну частку відмов колони НШ (до 10%) складають відгвинчування різьбових з'єднань НШ.

Численні методи для захисту підземного обладнання СШНУ від корозійної втоми і парафінізації не дають 100%-го позитивного результату, а їх застосування супроводжується значними капітальними витратами та ускладненими умовами транспортування та зберігання обладнання, реагентів та ін.

Застосування обертачів колони НШ разом із протекторами та скребками дозволяє ефективно протидіяти парафінізації каналу підйому продукції свердловини, розсіювати знос колони НШ на кут 360°. Недоліком існуючих конструкцій штангообертачів є те, що вони забезпечують обертання колони НШ лише впродовж половини циклу роботи верстата-качалки, що створює додаткові інерційні навантаження на колону НШ і може призводити до розгвинчування муфтових з'єднань НШ.

Застосування методів захисту поверхні НШ протикорозійними покриттями дає добрі результати, крім того на оброблених поверхнях знижується інтенсивність утворення парафінових відкладень. Сучасні методи покриття поверхонь тіла НШ цинковими, емалевими та полімерними покриттями є дорогавартісними і передбачають складну технологію нанесення покриттів.

Таким чином, доведено необхідність розроблення та дослідження нових методів підвищення ресурсу СШНУ шляхом захисту обладнання від впливу факторів корозійної втоми та парафінізації каналу підйому продукції.

Другий розділ присвячено розв'язку загальної задачі стійкості та визначенню форм умовної рівноваги колони насосних штанг із врахуванням впливу крутного моменту, створюваного обертачем, а також розробці теоретичних основ розрахунку рівноважної форми колони у свердловинах довільного профілю.

В розділі створено математичну модель, яка дозволяє визначати величину критичних зусиль, при яких колона насосних штанг втрачає стійкість. Проведено аналіз впливу величини крутного моменту, створюваного обертачем колони насосних штанг на розмір осьової сили, при якій відбувається втрата стійкості. Виводиться математична формула визначення значення комплексного прогину в довільній точці колони штанг.

В результаті підстановки вхідних даних – параметрів типової свердловини, проведено аналіз впливу крутного моменту на стійкість колони НШ, отримано графічну залежність критичної величини осьового зусилля, при якому колона втрачає стійкість від величини крутного моменту, створюваного обертачем. Показано, що при дії крутного моменту величина критичного осьового навантаження, при якому колона насосних штанг втрачає стійкість, зменшується на величину до 10%.

Отже, показано негативний вплив крутного моменту, зосередженого вгорі колони насосних штанг на її стійкість. Це говорить про те, що при виборі компоновки колони НШ потрібно враховувати величину крутного моменту, створюваного обертачем. Не зважаючи на негативний вплив зосередженого крутного моменту, створюваного обертачем, користь від застосування обертача є безперечною. Тому наступний розділ роботи присвячено покращенню роботи пристроїв для обертання колони насосних штанг.

Створена в розділі математична модель може служити базою для визначення параметрів спіралевидної форми колони насосних штанг під дією комплексу силових факторів після втрати стійкості із врахуванням взаємодії зі стінками насосно-компресорних труб. Такий розрахунок дає можливість визначати раціональне значення кількості протекторів насосних штанг та розробити рекомендації щодо компоновки колони насосних штанг.

У *третьому розділі* обґрунтовано доцільність застосування протекторів для створення додаткового крутного моменту на колону насосних штанг разом із обертачем колони насосних штанг черв'ячного типу безперервної дії.

Показано, що оснащення колони насосних штанг протекторами для створення додаткового крутного моменту на колону НШ забезпечує: зменшення навантаження на штангообертач; запобігання розгвинчуванню муфтових з'єднань насосних штанг; видалення відкладень парафіну зі стінок насосно-компресорних труб; центрування і запобігання згину НШ в свердловині та ін.

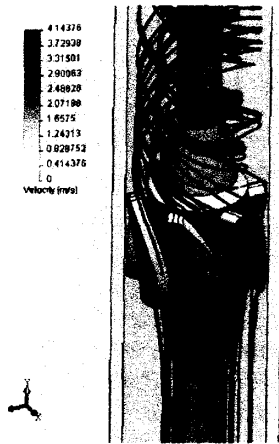


Рис. 2. Схема траєкторій руху точок рідини

За допомогою комп'ютерного моделювання проведено визначення максимальної величини крутного моменту, створюваного протектором $M_{KPMAX} = 0,18 \text{ Н}\cdot\text{м}$ і величини сили гідродинамічного опору $F = 13 \text{ Н}$ при заданих параметрах потоку рідини.

На основі порівняння даної конструкції протектора із серійними моделями за показником сили гідродинамічного опору, зроблено висновок про придатність протектора до промислової експлуатації.

Щодо створюваного крутного моменту, то при розміщенні в зоні інтенсивного відкладення парафіну протекторів в кількості 100 шт., сумарний створюваний крутний момент дорівнюватиме $18 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Таке значення крутного моменту в напрямку згинчування з'єднання НШ запобігатиме відмовам, спричиненими відгинчуваннями (частка таких відмов по нафто-газовидобувному управлінні (НГВУ) "Долина нафтогаз" складає близько 10%).

Проведено розрахунок крутного моменту, створюваного протектором при русі колони насосних штанг вгору. Аналіз результатів розрахунку дає підстави стверджувати, що при русі колони вгору не прогнозується відгинчування муфтових з'єднань насосних штанг.

Проведено кінематичний аналіз механізму приводу черв'ячного обертача колони насосних штанг безперервної дії. В порівнянні із храповими обертачами, черв'ячний обертач є надійнішим завдяки наявності черв'ячної передачі, яка може сприймати значні навантаження. Завдяки безперевному обертанню зменшуються інерційні навантаження колони насосних штанг від розгону та гальмування обертового руху, що ускладнює напружений стан матеріалу штанг; зменшується ймовірність відгинчування насосних штанг завдяки відсутності циклічного розгону і гальмування обертового руху; забезпечується безперервне очищення поверхні насосно-компресорних труб від парафіну; зменшуються навантаження на деталі обертача.

Розроблено математичну модель обертача колони насосних штанг черв'ячного типу безперервної дії.

Обертач колони НШ черв'ячного типу безперервної дії являє собою черв'ячний редуктор, закріплений на канатній підвісці, до черв'ячного колеса якого приєднано устьовий шток, а до черв'ячного вала приєднано важіль, який обертається в процесі роботи верстата-качалки.

Математичну модель обертача колони насосних штанг черв'ячного типу безперервної дії розроблено на основі вдосконалення математичної моделі дропличого верстата-качалки.

При складанні розрахункової схеми механізму використано метод векторного контуру.

В результаті підстановки в розрахункову модель вхідних даних – параметрів типового верстата-качалки, отримано графічну залежність зміни передаточної функції (рис. 3) вхідного вала обертача (закон зміни передаточної функції колони насосних штанг отримується з даного шляхом множення на передаточне число черв'ячної передачі) від узагальненої координати – кута положення кривошипа верстата-качалки (φ_1).

Із графіка залежності функції Π'_{φ_1} від узагальненої координати φ_1 бачимо, що при постійній швидкості обертання кривошипа впродовж циклу роботи верстата-качалки відбуваються коливання кутової швидкості черв'ячного вала, швидкість не змінює знак і не зменшується до нуля в процесі роботи верстата-качалки. Отже, пропонується конструкція обертача колони насосних штанг черв'ячного типу безперервної дії дозволяє забезпечити плавну зміну кута повороту колони насосних штанг в процесі роботи СШНУ.

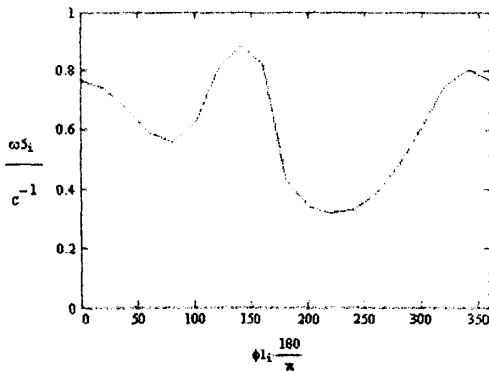


Рис. 3. Графік залежності передаточної функції Π'_{φ_1} від узагальненої координати φ_1 протягом одного циклу роботи верстата-качалки

Проведено розрахунок раціональних значень довжин ланок приводу обертача колони насосних штанг черв'ячного типу із умови забезпечення найменшого розміру шатуна.

Запропоновано розміри ланок, при яких виконуватиметься безперервність обертання важеля обертача, відповідно до кожної довжини ходу устьового штока. Роз-

рахунок проведений для конкретної моделі верстата-качалки, але застосування описаної методики дозволяє провести обчислення для різних моделей балансірних верстатів-качалок.

Обґрунтовано доцільність застосування в місцях з'єднання насосно-компресорних труб пружинної втулки (рис. 4) для вирівнювання внутрішнього діаметру каналу підйому продукції (для запобігання утворенню парафінових відкладень в місцях з'єднань труб).

Розробка надійної захисної втулки ускладнена великим допуском на величину натягу (віддаль між торцем муфти і кінцем збігу різьби ніпеля) в з'єднанні при згинчуванні. Так, для з'єднання гладких НКТ номінальним діаметром 73 мм він складає $P=\pm 2,5$ мм. Номінальна віддаль між торцями з'єднуваних труб, при цьому, дорівнює 31 мм, тоді її мінімальне значення буде $31-P=26$ мм, а максимальне $31+P=36$ мм. Таким чином, приймаючи довжину захисної втулки 36 мм, слід передбачити можливість її осової деформації на 10 мм.

Пропонується використання пружинної втулки такої конструкції, яка при різних величинах осової деформації забезпечує щільний контакт між витками (рис.4).

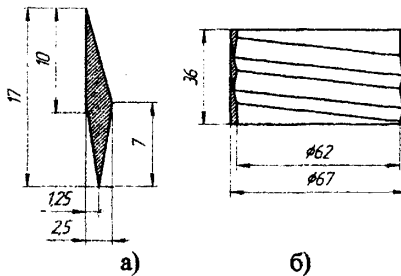


Рис. 4. Профіль витка (а) та пружинна втулка (б)

Використання пружинної втулки описаної вище конструкції має ряд переваг у порівнянні з застосуванням пружної втулки, а саме: незмінність діаметральних розмірів пружини при зміні висоти Н; спеціальна форма перерізу витка пружини дозволяє забезпечити герметичність та сталість внутрішнього діаметра по всій довжині пружини та у місцях з'єднання її з тілом труб; форма перерізу витка також створює ефект самоущільнення пружини від дії тиску рідини, яка знаходиться в трубах.

Для визначення раціональних значень параметрів профілю витка пружинної втулки побудовано параметричну осесиметричну модель в середовищі Abaqus, яка дозволяє змінювати окремі геометричні параметри. Вихідні параметри (висота витка, ширина, кути нижнього на верхнього виступів) змінювали з заданим кроком таким чином, щоб отримати максимальне значення осової деформації ($\Delta \leq 10$ мм) при напруженнях в матеріалі втулки менших допустимих. З допустимим порівнювали максимальні напруження за критерієм Мізеса ($\sigma_{\max}^M < \sigma_s$), визначені методом скінченних елементів. Додатково враховувався вплив контактної тиску між суміжними поверхнями.

В результаті моделювання запропонованої конструкції елемента з'єднання НКТ встановлено, що при осовій деформації пружинної втулки забезпечується сталість

діаметральних розмірів, а конструкція витка втулки забезпечує герметичність внутрішнього каналу.

В *четвертому розділі* наводяться результати експериментального дослідження впливу покриття тіла насосних штанг склотканинними стрічками на опір корозійній втомі.

В результаті дослідження побудовано криві опору корозійній втомі дослідних зразків насосних штанг (рис. 5)

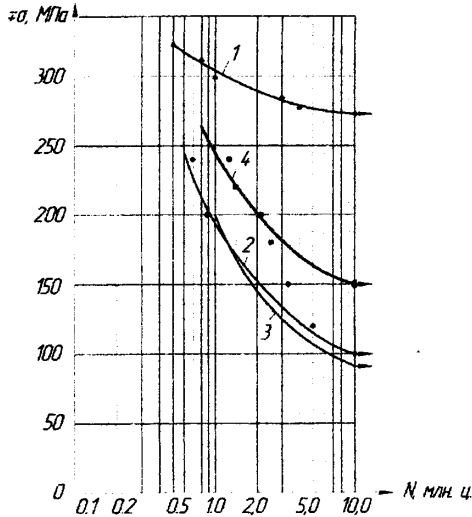


Рис. 5. Криві опору втомі (1) і корозійній втомі (2-4) насосних штанг діаметром 19 мм:

- 1 – нові штанги зі сталі 20Н2М;
- 2 – дослідні штанги зі сталі 15Н3МА без покриття;
- 3 – штанги зі сталі 20Н2М після експлуатації в свердловинах;
- 4 – дослідні штанги зі сталі 15Н3МА із покриттям склотканинними стрічками

Отримано графічні залежності розміру тріщини від абсолютного наробітку (рис. 6 а,б) та відносного наробітку (рис. 7 а,б). При цьому величину відносного наробітку обчислено як відношення числа циклів, яке пройшов зразок до розвитку тріщини до визначеного розміру, до числа циклів, яке пройшов зразок до повного зламу.

Для вимірювання розміру тріщини у зразках при дослідженні використано ультразвуковий дефектоскоп УД-2М. Розмір тріщини вимірювався по довжині кола перерізу зразка, в якому зародилась тріщина, від точки початку до точки закінчення дефекту (за показами дефектоскопа).

Графіки залежності розміру тріщини від числа циклів для зразків із покриттям є стрімкіші за графіки для зразків без покриття і беруть початок при більших зна-

ченнях абсциси графіків – величин наробітку (рис. 6) та відносного наробітку (рис. 7), що говорить про те, що наявність склотканинного покриття на поверхні тіла насосної штанги гальмує ранній розвиток тріщини (який для зразків без покриття починається від 0,45-0,55 шкали відносного наробітку) завдяки ізолюванню металу зразка від дії корозійного середовища.

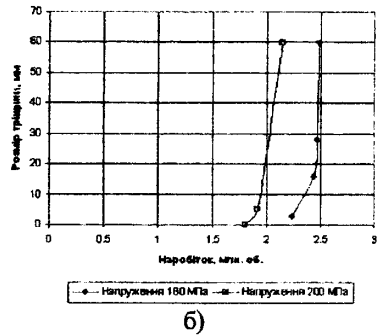
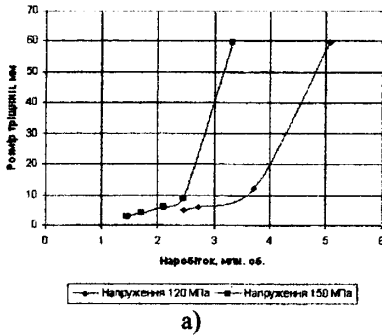


Рис. 6. Графік залежності розміру тріщини (мм) від наробітку:
а) – штанги без покриття; б) – штанги з покриттям

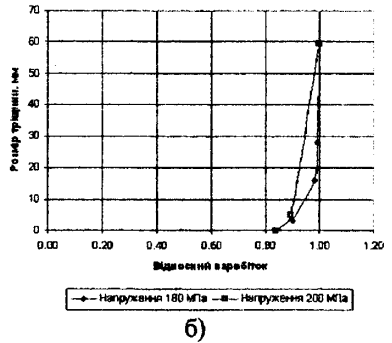
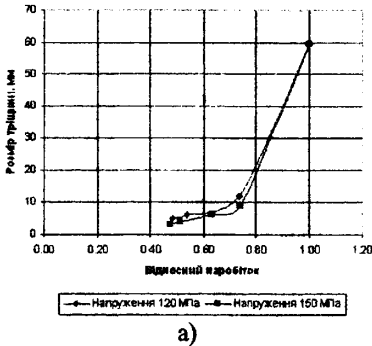


Рис. 7. Графік залежності розміру тріщини (мм) від відносного наробітку:
а) – штанги без покриття; б) – штанги з покриттям

На основі даних про швидкість росту тріщини, побудовано графік залежності швидкості росту тріщини від залишкового ресурсу (рис. 8).

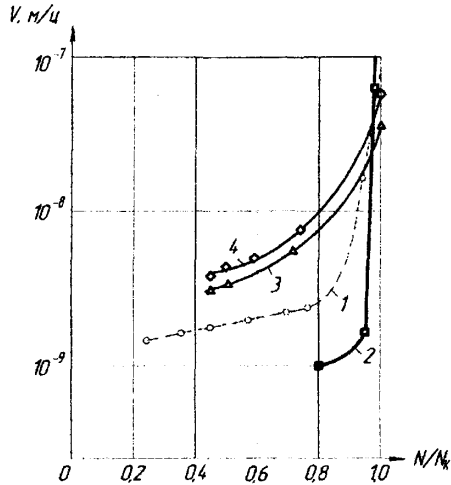


Рис. 8. Графік залежності швидкості росту тріщини від залишкового ресурсу:
 1 – 3%-ний розчин NaCl, $\pm\sigma=100$ МПа, штанга без покриття;
 2 – 3%-ний розчин NaCl, $\pm\sigma=180$ МПа, покриття склотканинними стрічками;
 3 – 3%-ний розчин NaCl, $\pm\sigma=120$ МПа, штанга без покриття;
 4 – 3%-ний розчин NaCl, $\pm\sigma=150$ МПа, штанга без покриття

Побудовано графік залежності напруження в матеріалі зразка штанги від наробітку до початку зародження тріщини (рис. 9).

На основі аналізу зламів зразків побудовано криві залежності критичного розміру тріщини і площі долому від напруження в матеріалі штанг (рис. 10). Із графіка видно, що штанги з покриттям ламаються при більшому критичному розмірі тріщини, утворюючи меншу зону долому. Це може свідчити про високу швидкість поширення тріщини у зразках з покриттям.

Аналіз отриманих графічних залежностей дає можливість стверджувати, що покриття тіла насосних штанг склотканинними стрічками підвищує опір корозійній втомі при експлуатації в корозійному середовищі (3%-ний розчин NaCl) на 80%. Для зразків із покриттям тріщина починає розвиватися значно пізніше (0,8 ресурсу для зразків із покриттям і близько 0,5 ресурсу для зразків без покриття), її розвиток характеризується високою швидкістю, це означає, що більшу частину ресурсу (близько 0,8) склотканинне покриття надійно ізолює метал зразка штанги від дії середовища.

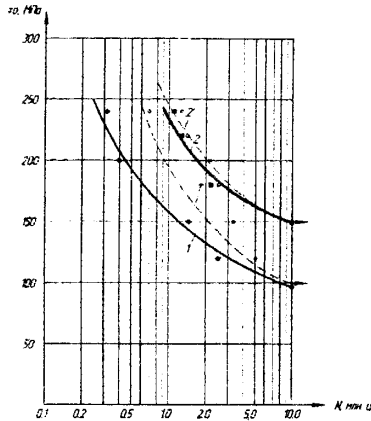


Рис. 9. Графік залежності напруження в матеріалі зразка від наробітку до початку зародження тріщини та до поломки зразка:

- 1 – насосні штанги без покриття, до зародження тріщини; 1' – насосні штанги без покриття, до поломки зразка;
 2 – насосні штанги із покриттям, до зародження тріщини; 2' – насосні штанги із покриттям, до поломки зразка

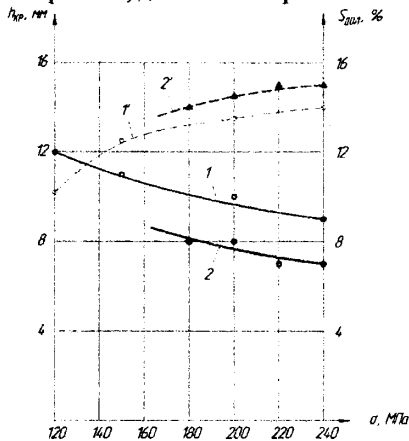


Рис. 10. Залежність критичної глибини корозійно-втомної тріщини і площі долому від величини змінного напруження в місці руйнування зразка насосної штанги:

- 1, 2 – графіки залежності критичної глибини тріщини $h_{кр}$ від напруження для штанг із покриттям і без покриття відповідно;
 1', 2' – графіки залежності площі долому $S_{дол}$ від напруження для штанг із покриттям і без покриття відповідно

Для визначення можливості використання насосних штанг із склотканинним покриттям у компоновці штангової колони із підвищеним вмістом асфальто-

смолистих та парафінистих речовин у продукції свердловини, проведено промислово апробацію дослідної партії насосних штанг із покриттям. В результаті дослідження встановлено придатність штанг із покриттям склотканинними стрічками до промислової експлуатації.

Розроблено методику нанесення на тіло насосних штанг склотканинного покриття і запропоновано конструкцію пристрою для нанесення покриття.

Сформульовано переваги описаного покриття тіла насосної штанги: завдяки властивостям склотканинної стрічки покриття зберігає цілісність при пошкодженнях, це важливо для забезпечення того, щоб насос не забивався уламками покриття; наявність покриття протидіє осіданню парафіну на поверхні тіла насосної штанги; покриття забезпечує високі показники підвищення стійкості до корозійної втоми; матеріали для покриття є доступними і недорогими; значно менш інтенсивне відкладання парафіну на насосних штангах завдяки фізико-хімічним особливостям покриття; невисока вартість як матеріалів, так і самого процесу покриття; композиційна складова покриття не дозволяє руйнуватися при деформаціях НШ; теоретично можливий ремонт НШ з допустимими дефектами шляхом нанесення на пошкоджені ділянки склотканинного покриття.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено обґрунтування та вирішення науково-технічної задачі, яка полягає у розробці ефективних методів протидії явищам корозії і відкладення парафіну в каналі підйому продукції свердловини, яка експлуатується СШНУ.

Розроблено комплекс засобів, використання яких дає можливість забезпечити зниження інтенсивності відкладення парафіну на стінках НКТ та НШ та підвищення стійкості колони НШ до корозійно-втомного руйнування. При цьому отримані такі основні результати:

1 Вдосконалено математичну модель розрахунку стійкості колони насосних штанг, яка знаходиться під дією комплексу силових факторів, із врахуванням дії крутного моменту, створюваного обертачем колони насосних штанг. Показано, що дія крутного моменту, прикладеного вгорі колони НШ, негативно впливає на її стійкість (значення поздовжніх зусиль, при яких колона втрачає стійкість, зменшуються на величину до 10%). В той же час, навантаження колони насосних штанг розподіленим по довжині крутним моментом не призводить до погіршення умов втрати стійкості.

В подальшому створена математична модель може бути використана для визначення параметрів спіралевидної форми колони насосних штанг після втрати нею стійкості та обчислення раціональної кількості протекторів для запобігання зношуванню насосних штанг.

2 Встановлено залежності величини додаткового крутного моменту, створюваного протектором насосних штанг, від параметрів насосної установки. На основі аналізу отриманих залежностей та даних типової компоновки свердловинного обладнання ШСНУ, визначено величину додаткового крутного моменту, створюваного лопатями протектора, яка досягає величини 0,2 Н·м в розрахунку на один протектор. Визначено геометричні параметри конструкції протектора із умови забезпечення ве-

личини гідравлічного опору, створюваного протектором, не більшого, ніж у серійних моделях протекторів.

Застосування протекторів для створення додаткового крутного моменту зменшує навантаження на обертач колони насосних штанг, дія крутного моменту в напрямку догвинчування різьових з'єднань запобігає розкручуванню різей насосних штанг.

3 Створено математичну модель синтезу параметрів черв'ячного обертача колони насосних штанг безперервної дії. Отримано графічну залежність кутової швидкості важеля черв'ячного обертача колони насосних штанг безперервної дії від кута положення кривошипа верстата-качалки. При застосуванні обертача безперервної дії, кутова швидкість обертання колони насосних штанг не змінює знак і не зменшується до нуля в процесі роботи верстата-качалки, забезпечуючи таким чином плавну зміну кута повороту колони насосних штанг.

В комплексі з протекторами для створення додаткового крутного моменту, черв'ячний обертач безперервної дії забезпечує постійне обертання колони насосних штанг впродовж всього циклу роботи, рівномірно очищуючи поверхню НКТ від парафіну, запобігаючи зношуванню колони насосних штанг при зменшеній, порівняно із застосуванням звичайних конструкцій обертачів, величині навантаження на обертач.

4 Визначено залежності швидкості росту тріщин в натурних насосних штангах від числа відпрацьованих циклів при сумісній дії циклічного згинаючого навантаження і корозії від дії агресивного середовища. Встановлено, що використання розробленого методу нанесення покриття склотканинними стрічками на тіло насосних штанг підвищує ресурс в умовах корозійної втоми на величину до 80%. Запропоновано конструкцію установки для нанесення склотканинного покриття на тіло насосних штанг.

5 Насосні штанги з покриттям склотканинними стрічками пройшли успішну промислову апробацію на об'єктах з підвищенням вмістом асфальто-смолистих та парафінистих речовин у продукції свердловини ТзОВ «Оранта» ЛТД, акт промислових випробувань від 14.10.2009 р. Встановлено, що насосні штанги із покриттям склотканинними стрічками можуть використовуватися в компоновці штангової колони в свердловинах із високим вмістом парафінистих сполук в продукції.

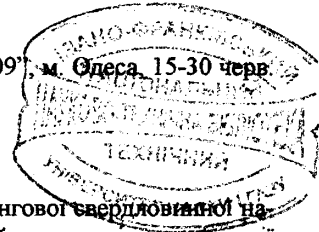
Основний зміст роботи опубліковано у таких працях:

1. Пат. №UA 88804 U, МПК Е 21 В 17/00. Пристрій для обертання колони насосних штанг / Копей Б.В., Копей В.Б., Онищук С.Ю.; заявник і власник ІФНТУНГ; заявл. 24.10.2007; опуб. 25.11.2009, бюл. №22 – 2 с.
2. Пат. №UA 37921 U, МПК Е 21 В 17/04. Спосіб зміцнення насосних штанг / Копей Б.В., Копей В.Б., Онищук С.Ю., Онищук О.О.; заявник і власник ІФНТУНГ; заявл. 28.07.2008; опуб. 10.12.2008, бюл. №23 – 2 с.
3. Пат. №UA 43301 U, МПК Е 21 В 17/00. Пристрій для зміцнення насосних штанг полімерною стрічкою / Копей Б.В., Копей В.Б., Онищук О.О., Онищук С.Ю.; заявник і власник ІФНТУНГ; заявл. 24.03.2009; опуб. 10.08.2009, бюл. №15 – 3 с.: іл.

4. Пат. №UA 29453 U, МПК Е 21 В 17/04. Пристрій для герметизації муфтового з'єднання труб / Копей Б.В., Онищук С.Ю. ; заявник і власник ІФНТУНГ ; заявл. 03.10.2007; опуб. 10.01.2008, бюл. №1 – 3 с. : іл.
5. Копей Б.В. Сучасні методи боротьби з корозією глибинного обладнання штангових насосних установок / Б.В. Копей, О.О. Онищук, С.Ю. Онищук, В.Б. Копей // Нафтогазова енергетика. – 2008 р. - №2. – С. 13-16.
6. Онищук О.О. Сучасні методи боротьби із корозією глибинного обладнання свердловинної штангової насосної установки / О.О. Онищук, С.Ю. Онищук // VI міжн. конф. Молодих науковців “Інформатика та механіка”, м. Кам'янець-Подільський, 6-8 трав. 2008 р. : тези доп. – м. Кам'янець-Подільський, 2008. – С. 56-57.
7. Онищук С.Ю. Сучасні методи профілактики відкладень парафіну на глибинному обладнанні свердловинної штангової насосної установки / С.Ю. Онищук // VI міжн. конф. Молодих науковців “Інформатика та механіка”, м. Кам'янець-Подільський, 6-8 трав. 2008 р. : тези доп. – м. Кам'янець-Подільський, 2008. – С. 53-54.
8. Онищук О.О. Пристрій для обертання колони насосних штанг / О.О. Онищук, С.Ю. Онищук, Б.В. Копей, В.Б. Копей // всеукр. наук.-практ. конф. “Оптимізація наукових досліджень - 2009”, м. Миколаїв, 17 черв. 2009 р. : тези доп. – м. Миколаїв, 2009. – С. 222-224.
9. Гімер П.Р. Розрахунок величини крутного моменту, створюваного лопатями протектора насосних штанг / П.Р. Гімер, Б.В. Копей, О.О. Онищук, С.Ю. Онищук, В.Б. Копей // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2009 р. - №4(33). – С. 63-67.
10. Гімер П.Р. Визначення раціональних параметрів протектора насосних штанг / П.Р. Гімер, Б.В. Копей, О.О. Онищук, С.Ю. Онищук, В.Б. Копей // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2010 р. - №1(34). – С. 73-81.
11. Онищук С.Ю. Ефективні методи підвищення надійності насосних штанг / С.Ю. Онищук // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2009 р. - №2. – С. 58-62.
12. Копей Б.В. Кінематичний аналіз обертача колони насосних штанг черв'ячного типу безперервної дії / Б.В. Копей, С.Ю. Онищук, В.Б. Копей, В.Р. Харун, О.О. Онищук // матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. “Наука в інформаційному просторі”, м. Дніпропетровськ, 30-31 жовт. 2009 р., том 1 – м. Дніпропетровськ, 2009. – С. 43-48.
13. Копей Б.В. Метод зміцнення насосних штанг полімерною стрічкою / Б.В. Копей, О.О. Онищук, С.Ю. Онищук, В.Б. Копей // Науковий вісник. – 2009 р. - №1. – С. 92-95.
14. Копей Б.В. Гальмування росту тріщин в насосних штангах полімерними композиційними стрічками / Б.В. Копей, С.Ю. Онищук, О.О. Онищук, В.Б. Копей, І.І. Стеліга // Науковий вісник. – 2009 р. - №4(22). – С. 92-100.
15. Онищук С.Ю. Пристрій для герметизації муфтових з'єднань насосно-компресорних труб / С.Ю. Онищук, Б.В. Копей, О.О. Онищук, В.Б. Копей // збірник наук. праць міжнар. наук.-практ. конф. “Перспективні інновації в

науке, освітанні, виробництві та транспорті '2009', м. Одеса, 15-30 черв.
2009 р., том 1 – м. Одеса, 2009. – С. 77-79.

АНОТАЦІЯ



Онищук С.Ю. – Підвищення ресурсу обладнання штангової свердловинної насосної установки при високому вмісті парафінів та корозійних агентів у продукції свердловини. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.12 – Машини нафтової і газової промисловості. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. - Івано-Франківськ, 2010.

В результаті математичного моделювання процесу деформування колони насосних штанг, яка знаходиться під дією комплексу силових факторів, із врахуванням дії крутного моменту, створюваного обертачем колони насосних штанг, показано, що дія крутного моменту, прикладеного вгорі колони НШ, негативно впливає на її стійкість.

Визначено величину крутного моменту, створюваного лопатями протектора для створення додаткового крутного моменту на колону насосних штанг при взаємодії з потоком рідини в колоні насосно-компресорних труб. Створено розрахункову модель для синтезу кінематичних параметрів приводу черв'ячного обертача колони насосних штанг безперервної дії. Проведено моделювання конструкції елемента з'єднання насосно-компресорних труб і встановлено, що при осьовій деформації пружинної втулки забезпечується сталість діаметральних розмірів, а конструкція втулки забезпечує герметичність каналу підйому продукції.

Проведено експериментальні дослідження впливу склотканинного покриття тіла насосних штанг на опір корозійній втомі. Встановлено, що покриття тіла насосних штанг склотканинними стрічками підвищує опір корозійній втомі при експлуатації в корозійному середовищі (3%-ний розчин NaCl) на 80%. Сформульовано методику нанесення на тіло насосних штанг склотканинного покриття і запропоновано конструкцію пристрою для нанесення покриття.

Ключові слова: насосна штанга, насосно-компресорна труба, обертач, протектор, пружинна втулка, покриття склотканинними стрічками, стійкість.

SUMMARY

Onyshchuk S.Yu. – The increasing of oil-well pumping unit life in the presence of high content of paraffine and corrosive agents in well production. – Manuscript

Dissertation on competition of scientific degree of the candidate of engineering sciences at speciality 05.05.12 – Machines of petroleum industry. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. – Ivano-Frankivsk, 2010.

As the result of mathematical simulation of sucker rod string deformation that is under complex of force factors considering torque effect of rod string rotator is showed that torque effect applied at the top of string impact negatively on its stability.

It is defined the value of the torque created by the protector wings for an additional torque on the rod string by the interaction with the fluid flow in the tubing. It is developed

a calculation model for the synthesis of kinematic parameters of sucker rod string worm rotator actuator sucker rod of continuous operation. The design simulation of tubing connection element is carried out and established by axial deformation of spring bushing and the stability of diametric dimensions is provided and design of bushing coil ensures the tightness of tubing.

Experimental research of the impact of sucker rod body fiberglass coating on corrosive fatigue resistance is carried out. It was established that sucker rod body coating with fiberglass tapes increases corrosive fatigue resistance by operating in corrosive medium (3%-ing solution of NaCl) at 80%. The technique of fiberglass coating applying is formulated and the design of the device for such purpose is developed.

Keywords: sucker rod, tubing, rotator, protector, spring bushing, fiberglass tapes coating, stability.

АННОТАЦИЯ

Онищук С.Ю. – Повышение ресурса оборудования штанговой скважинной насосной установки при высоком содержании парафинов и коррозионных агентов в продукции скважины. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.12 - Машины нефтяной и газовой промышленности. Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа. - Ивано-Франковск, 2010.

В результате математического моделирования процесса деформирования колонны насосных штанг, которая находится под действием комплекса силовых факторов, с учетом действия крутящего момента, создаваемого вращателем колонны насосных штанг, показано, что действие крутящего момента, приложенного вверху колонны насосных штанг, отрицательно влияет на ее устойчивость (значение продольных усилий, при которых колонна теряет устойчивость, уменьшается на величину до 10%). Нагрузка колонны насосных штанг распределенным по длине крутящим моментом не приводит к ухудшению условий потери устойчивости.

Определена величина крутящего момента, создаваемого лопастями протектора для создания дополнительного крутящего момента на колонну насосных штанг при взаимодействии с потоком жидкости в колонне насосно-компрессорных труб. Создание крутящего момента протекторами будет уменьшать нагрузку на вращатель, установленный на канатной подвеске и будет предотвращать развинчивание муфтовых соединений насосных штанг. Определено рациональную конструкцию протектора из условия обеспечения величины гидравлического сопротивления, не превышающей этот показатель серийных моделей протекторов. Проведено компьютерное моделирование протектора для создания дополнительного крутящего момента методом конечных элементов. Создана расчетная модель для синтеза кинематических параметров привода червячного вращателя колонны насосных штанг непрерывного действия. Получены графические зависимости изменения угла и передаточной функции рычага вращателя от обобщенной координаты – угла положения кривошипа станка-качалки. Полученные графики дают возможность утверждать, что изменения угла положения рычага вращателя происходит в течение всего цикла работы станка-

качалки. Предлагаемая конструкция вращателя колонны насосных штанг червячно-го типа непрерывного действия позволяет обеспечить плавное изменение угла поворота колонны насосных штанг в течение всего цикла работы станка-качалки. Проведено моделирование конструкции элемента соединения насосно-компрессорных труб и установлено, что при осевой деформации пружинной втулки обеспечивается постоянство диаметральных размеров, а конструкция витка втулки обеспечивает герметичность канала подъема продукции. Применение предлагаемой конструкции позволит снизить интенсивность отложения парафинов и повысить герметичность соединения труб.

В результате экспериментального исследования влияния стеклотканевого покрытия тела насосных штанг на сопротивление коррозионной усталости, определена зависимость скорости роста трещин в материале насосных штанг от числа отработанных циклов при совместном действии циклической изгибающей нагрузки и коррозии от действия кислой среды; проведены сравнения определенных зависимостей и скорости роста трещин в насосных штангах с покрытием и штангах без покрытия; построен и проведен анализ кривых усталости для штанг без покрытия и для штанг с покрытием.

Анализ полученных графических зависимостей дает возможность утверждать, что покрытие тела насосных штанг стеклотканевыми лентами повышает сопротивление коррозионной усталости при эксплуатации в коррозионной среде (3%-ный раствор NaCl) на 80%.

Сформулирована методика нанесения на тело насосных штанг стеклотканевого покрытия и предложена конструкция устройства для нанесения покрытия.

Насосные штанги с покрытием стеклотканевыми лентами прошли успешную промышленную апробацию на объектах с повышенным содержанием асфальто-смолистых и парафинистых веществ в продукции скважины ООО "Оранта" ЛТД, акт промышленных испытаний от 14.10.2009 г.

Ключевые слова: насосная штанга, насосно-компрессорная труба, вращатель, протектор, пружинная втулка, покрытие стеклотканевыми лентами, устойчивость.

НТБ
ІФНТУНГ



an2162