

УДК 622. 276.53

**Копей Богдан Володимирович**

*доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри нафтогазового обладнання*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу*

**Копей Богдан Владимирович**

*доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой нефтегазового оборудования*

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

**Kopey Bogdan**

*Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of the Department of Oil and Gas Equipment  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**Мартинець Оксана Романівна**

*асистент кафедри РЕНГР*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти й газу*

**Мартынец Оксана Романовна**

*ассистент кафедры РЭНГР*

*Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

**Martynets Oksana**

*Assistant of the  
Department of Development and Exploitation of Oil and Gas Fields  
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

## **ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ НАСОСНИХ ШТАНГ, ЗМІЦНЕНИХ МЕТАЛЕВИМИ ОБЕРТОВИМИ ЩІТКАМИ ТА ПОЛІУРЕТАНОВИМ ПОКРИТТЯМ**

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСА НАСОСНЫХ ШТАНГ, УКРЕПЛЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ВРАЩАЮЩИМИСЯ ЩЕТКАМИ И ПОЛИУРЕТАНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ**

## **PROJECTING THE RESOURCE OF PUMP STONES OF STRENGTHED METALLIC SHELLS AND POLYURETHANE COATINGS**

**Анотація.** Спосіб ремонту насосних штанг полягає у використанні обертових щіток для очищення та зміцнення поверхні відпрацьованих насосних штанг, подальшого нанесення склопластикової стрічки та захисного поліуретанового покриття. Після обробки щітками і дробеструминної обробки проводиться нанесення модифікованого поліуретанового покриття, яке містить наповнювачі, що забезпечують підвищену зносостійкість покриття, а поверхня має властивість, що запобігає відкладанню парафінів.

**Ключові слова:** насосні штанги, поліуретанове покриття, ремонт, відновлення, навантаження.

**Анотация.** Способ ремонта насосных штанг заключается в использовании вращающихся щеток для очищения и укрепления поверхности отработанных насосных штанг, дальнейшего нанесения стеклопластиковой ленты и защитного полиуретанового покрытия. После обработки щетками и дробеструйной обработки производится нанесение модифицированного полиуретанового покрытия, которое содержит наполнители, обеспечивающие повышенную износостойкость покрытия, а поверхность имеет свойство, предотвращает отложение парафинов.

**Ключевые слова:** насосные штанги, полиуретановое покрытие, ремонт, восстановление, нагрузки.

**Summary.** The method of repairing the pump rod is to use rotary brushes for cleaning and strengthening the surface of the waste pumping rod, the subsequent application of fiberglass tape and protective polyurethane coating. After brushing and blasting, a modified polyurethane coating is applied which contains fillers that provide increased wear resistance of the coating, and the surface has a property that prevents the deposition of paraffins.

**Key words:** pump rods, polyurethane coating, repair, restoration, loading.

**Виклад основного матеріалу.** Для ремонту штанг, які були в експлуатації, необхідно провести відповідну очистку поверхні від смолисто-парафіністих речовин, солей, продуктів корозії, окалини з метою наступного дробоструминного зміцнення і нанесення покриття багатофункціонального призначення. Для цього доцільно використовувати металеві обертові щітки. Установка УВЩ-25 забезпечує подачу штанг по рольгангу в зміцнюючу головку, обробку її тіла і складування на стелажах. Установка (рис. 1) складається з блоку обробки 4 насосної штанги 5, металічних щіток 9, поворотних плит 8, підтримуючих 2 і приводних 3 рольгангів, головними елементами яких є ролики 1, а також системи електроприводів з ланцюговою 6 і пасовою 7 передачами.

Однією з особливостей установки є наявність магнітного ролика, змонтованого на поворотній плиті 8 з можливістю встановлення його під кутом до осі деталі, що транспортується. В поєднанні з глобоїдною конфігурацією опорної поверхні ролика це забезпечує поряд з поступальним рухом обертання оброблюваного виробу навкруг своєї осі. Магнітний ролик зібраний з трьох потужних кільцевих ферито-барієвих магнітів діаметром 85 мм і чотирьох полюсників з магнітом'якого матеріалу. Вся система зроблена в вигляді глобоїду загальною довжиною вздовж осі біля 200 мм. В процесі експлуатації магнітна система практично не розмагнічується. Використання постійних магнітів для ролика дозволяє досягти необхідної сили притягування переміщуваної штанги до опорної поверхні, що усуває нерівномірність

руху і проковзування. Це, в свою чергу, позитивно впливає на якість зміцнення. Подаючий рольганг має два-три магнітних приводних ролики і три-чотири опорних гумовометалічних. Блок обробки (рис. 2) має три вузли металевих щіток 1, рівномірно розташованих по колу і послідовно насаджених на валу 2. Металевий канатний дріт і кільця масою 50 г використовуються, як ударні елементи. Металевий дріт при обертанні щітки і набіганні на тіло штанги вдаряється об її поверхню, виконуючи при цьому дві функції: очищує штангу від окалини, бруду, смолисто-парафіністих речовин і зміцнює поверхню тіла за рахунок утворення напружень стиску.

Ударні елементи в вигляді кілець діаметром 60 мм, товщиною 5 мм забезпечують глибокий поверхневий наклеп штанги, що додатково підвищує її опір корозійно-втомному руйнуванню. При збиранні щіток використовують до 20 кілець. Кільця насаджені на валу діаметром 20 мм з можливістю радіального переміщення відносно своєї осі приблизно на 10 мм. Кільця виготовляють з сталі 60Г або 60С2.

Працює установка УВЩ-25 таким чином. Насосну штангу 5 (див. рис. 1) встановлюють на рольганги 2 і 3. Через ланцюгову передачу 6 від електропривода ролики рольгангу 3 приводяться в обертання, викликаючи переміщення деталі з блоку обробки 4. Привод металевих щіток (електродвигун з пасовою передачею 7) розташовано таким чином, щоб їх обертання не викликало опору обертанню штанги, яке передається магнітними роликами при її транспортуванні. Після блоку обробки деталь по рольгангам передається до місця складування зміцнених штанг.

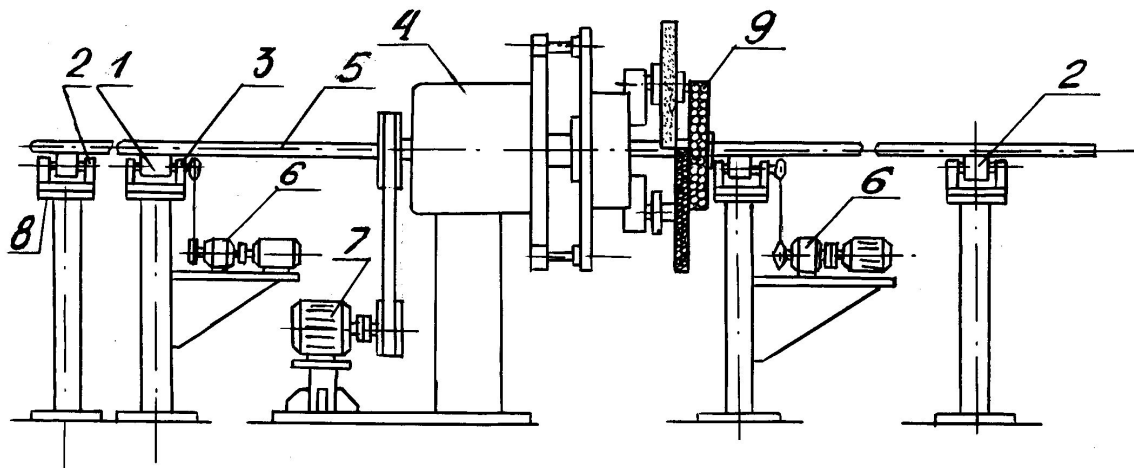
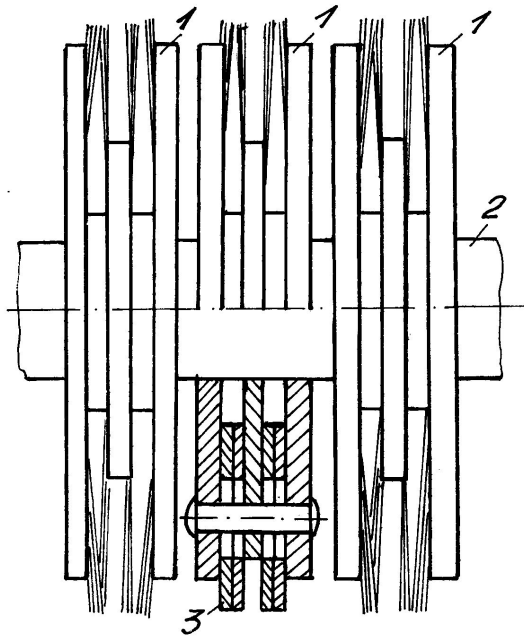


Рис. 1. Установка УВЩ-25 для зміцнення і очищення насосних штанг металевими обертовими щітками



1 — металічна щітка, 2 — вал, 3 — ударні кільця  
Рис. 2. Блок обробки насосних штанг металічними обертовими щітками

**Технічна характеристика установки і її робочих органів**

Частота обертання металічних щіток $n$ , хв <sup>-1</sup> ...	1300
Маса ударного елемента $m$ , г.....	50
Діаметр дроту $d$ , мм.....	1,6
Густина ворсу, шт./см <sup>2</sup> .....	20/25
Швидкість подачі штанги, мм/с.....	65
Час зміцнення однієї штанги, хв.....	2–3
Обслуговуючий персонал, чел.....	1

Відомі способи відновлення насосних штанг, коли штангу з допустимими експлуатаційними пошкодженнями А.С.178780 передбачає послідовну — пластичну деформацію та металізацію штанг. Недоліком даних способів є розчинення цинкового покриття за деякий час під дією пластової, мінералізованої води і зниження ефективності ремонту штанги.

Найбільш близьким способом до запропонованого є нанесення на оброблену дротяними щітками насосних штанг склотканинної стрічки. Проте склотканинна стрічка з часом роботи в свердловині відшаровується і корозійне середовище проникає до тіла штанги.

Для оцінки ефективності зміцнення металевими щітками, що обертаються, з ударними елементами в вигляді кілець проводили натурні випробування насосних штанг діаметром 22 мм з сталі 20Н2М.

В результаті обробки штанг на установці УВЩ-25 глибина пластичного деформування складала 600...800 мкм, шорсткість поверхні  $Rz=40-80$  мкм, залишкові осьові напруження стиску — біля 600–700 МПа.

Зміцнені штанги випробовували на опір втомному руйнуванню при змінному консольному згині

з частотою навантаження 15,2 Гц. Корозійне середовище — 3% -ний водний розчин NaCl з періодичним насиченням сірководнем до граничної концентрації. Контроль втомної тріщини проводили за допомогою ультразвукового дефектоскопа ДУК-6В.

В результаті наклепу щітками довговічність насосних штанг при роботі в сірководневому середовищі зростає в 2,5 рази [8]. При цьому суттєво гальмується швидкість розвитку тріщини в початковий період роботи штанг. Величина G-критерію насосних штанг діаметром 22 мм при роботі в сірководневому середовищі після ППД металевими щітками зростає в 1,5–2 рази (рис. 3).

Запропоновані рівняння лінійної регресії для оцінки величини G-критерію насосних штанг діаметром 22 мм з сталі 20Н2М: серійні  $G=1,93-2,01N/N_k$ , оброблені металевими щітками  $G=2,50-2,09N/N_k$ , де  $N/N_k$  відношення поточного числа відпрацьованих штангою циклів до її кінцевого значення.

Проведені експерименти показують, що металеві щітки можуть бути ефективним засобом очистки і зміцнення штанг, особливо тих, які вже були в експлуатації.

Для оцінки ефективності зміцнення металевими щітками, що обертаються, з ударними елементами в вигляді кілець проводили натурні випробування насосних штанг діаметром 22 мм зі сталі 20Н2М. В результаті обробки штанг на установці УВЩ-25 глибина пластичного деформування складала 600...800 мкм, шорсткість поверхні  $R_z = 40-80$  мкм, залишкові осьові напруження стиску — коло 600–700 МПа. Зміцнені штанги випробовували на опір втомному руйнуванню при змінному консольному згині з частотою навантаження 15,2 Гц. Корозійне середовище — 3% -ний водний розчин NaCl з періодичним насиченням сірководнем до граничної концентрації. Контроль втомної тріщини проводили за допомогою ультразвукового дефектоскопа ДУК-6В.

Ступінь пошкодження  $D$  оцінювали за площами зон корозійної втоми в небезпечному перерізі тіла штанги:

$$D = F_k / F_n,$$

де  $F_k$  — площа зони корозійно-втомного руйнування;  $F_n$  — номінальна площа перерізу.

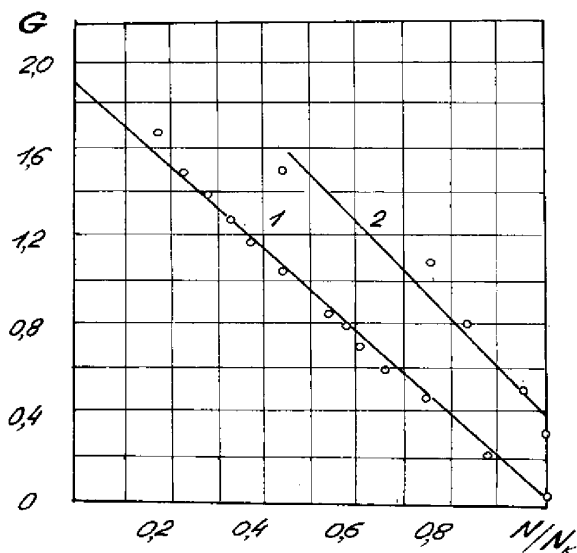
В якості лінійної функції, яка описує процес корозійно-втомного руйнування, було прийнято рівняння Почтенного Є. К. [6]:

$$G = G_o - (G_o - G_k) N_n / N_k, \tag{1}$$

де  $G_o = /lg D_o /$  — критерій опору корозійній втомі в початковий момент реєстрації тріщин,  $G_k$  — критерій опору корозійній втомі в момент кінцевої поломки,  $N_n, N_k$  — поточна і кінцева кількість циклів навантаження з'єднання.

Результати експерименту наведені на рис. 3.

Крива 1 побудована за результатами вимірювань параметрів тріщини ультразвуковим контролем. Крива 2 описує ріст тріщини в зміцненій штанзі.



1 — незміцнені штанги; 2 — після обробки металевими щітками

Рис. 3. Залежність ступеню пошкодження насосних штанг діаметром 22 мм з сталі 20Н2М за G-критерієм при роботі в сірководневому середовищі

Отримано рівняння лінійної регресії, яке описує кінетику корозійно-втомного руйнування насосної штанги:

$$G = 1,93 - 2,01N / N_k$$

Необхідно відмітити, що ступінь вихідного пошкодження незміцненої штанги становить  $G_0 = 1,9$ ,

а критерій опору корозійній втомі штанги в момент долому  $G_k = 0,05$ .

Аналізуючи криві 1 і 2 можна зробити висновок, що критерій  $G$  для незміцнених штанг, які випробувалися в корозійному середовищі, на 35–40% нижче, ніж для зміцнених.

В результаті наклепу щітками довговічність насосних штанг при роботі в сірководневому середовищі зростає в 2,5 рази [3]. При цьому суттєво гальмується швидкість розвитку тріщини в початковий період роботи штанг. Величина  $G$ -критерію насосних штанг діаметром 22 мм при роботі в сірководневому середовищі після ППД металевими щітками зростає в 1,5–2 рази.

Запропоновані рівняння лінійної регресії для оцінки величини  $G$ -критерію насосних штанг діаметром 22 мм з сталі 20Н2М:

серійні

$$G = 1,93 - 2,01N / N_k,$$

оброблені металевими щітками

$$G = 2,50 - 2,09N / N_k,$$

**Висновки з даного дослідження.** Проведені експерименти показують, що металеві щітки можуть бути ефективним засобом очистки і зміцнення штанг, особливо тих, які вже були в експлуатації.

За допомогою отриманих результатів можна планувати періодичність дефектоскопії колон насосних штанг і обмежити частоту їх обривів під час експлуатації.

### Література

1. Фаерман И. Л. Штанги для глубинных насосов / И. Л. Фаерман. — Баку.: Азнефтеиздат, 1955. — 323 с.
2. Уразаков К. Р. Эксплуатация наклонно-направленных скважин штанговыми глубинными насосами / К. Р. Уразаков. — М.: ВНИИОЭНГ, 1988. — С. 48.
3. Ришмюллер Г. Добыча нефти глубинными штанговыми насосами; пер. с нем. / Г. Ришмюллер, Х. Майер. — М.: Фест-Альпине, 1988. — 151 с.
4. Бабаян С. А. Исследование процесса изнашивания цилиндрической резьбы. Известия. Национальная академия наук Армении и государственного инженерного университета Армении. № 2–2007. Серия технических наук.
5. Биргер И. А. Резьбовые и фланцевые соединения / И. А. Биргер, Г. Б. Иосилевич. — М.: Машиностроение, 1990. — 368 с.
6. ГОСТ 13877–96. Межгосударственный стандарт. Штанги насосные и муфты штанговые. Технические условия. Киев. Госстандарт Украины, 2002. — 28 с.
7. Персиянцев М. Н. Добыча нефти в осложненных условиях / М. Н. Персиянцев. — ООО «Недра-Бизнесцентр». 2000. — 653 с.
8. <http://newrolik.narod.ru/metod.htm>