

В. Б. Колей

## ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗБІЛЬШЕННЯ ДОВЖИНИ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ КАНАВКИ НІПЕЛЯ НАСОСНОЇ ШТАНГИ

*Шляхом моделювання методом скінченних елементів та розрахунку циклічної довговічності муфтового різьбового з'єднання насосних штанг обгрунтовано доцільність збільшення довжини розвантажувальної канавки ніпеля*

**Ключові слова:** муфтові з'єднання насосних штанг, різьба, метод скінченних елементів, втома

### 1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у доповіді, відносяться до галузі машинобудування. Насосні штанги для глибинних насосів, які призначені для видобування нафти, працюють в складних експлуатаційних умовах. Циклічні навантаження в корозійному середовищі призводять до появи втомних тріщин в зонах концентрації напружень насосних штанг та їх полумки. Полумка насосних штанг вимагає проведення дорогих та тривалих ремонтних операцій.

### 2. Постановка проблеми

Відомо, що найчастіше втомні руйнування різьбового з'єднання насосних штанг відбуваються в зонах перших витків різьби ніпеля та розвантажувальної канавки ніпеля. Це пояснюється підвищеною концентрацією напружень в цих зонах. Для зменшення концентрації напружень в ніпелі стандартом ГОСТ 13877-96 передбачено в його конструкції розвантажувальну канавку. Відомо, що збільшення довжини такої канавки може підвищити втомну міцність різьбового з'єднання [1, 2], але проблемою є визначення довжини канавки, яка б забезпечила задану циклічну довговічність ніпеля.

### 3. Основна частина

#### 3.1. Аналіз літературних джерел за темою дослідження

Відомі болти з розвантажувальними канавками великої довжини, які володіють високою втомною міцністю [1]. Результати досліджень [2] показали, що збільшення довжини розвантажувальної канавки ніпеля насосної штанги зменшує концентрацію напружень в ньому. Додатково, у комплексі з застосуванням довгих протекторних вставок [3], така конструкція ніпеля дозволить захистити муфту від зношування.

#### 3.2. Результати досліджень

Для обгрунтування доцільності збільшення довжини канавки необхідно отримати залежності циклічної довговічності  $N$  в небезпечній зоні та контактного тиску на упорному бурті з'єднання  $\sigma$  (для максимального навантаження циклу) від довжини розвантажувальної канавки  $L$  та величини осевої деформації упорного бурта муфти під час згвинчування  $\Delta$ . Необхідність розрахунку контактної тиску  $\sigma$  зумовлена тим, що зі збільшенням довжини розвантажувальної канавки жорсткість ніпеля зменшується, тому зменшується і величина  $\Delta$ , яка використовується для контролю величини затягування з'єднання. Для отримання цих залежностей в системі Abaqus® 6.11 автором розроблено скінченно-елементну модель муфтового різьбового з'єднання насосних штанг (ГОСТ 13877-96) та макрос мовою Python для автоматизації процесу зміни параметрів, перебуваючи в моделі, розрахунку та отримання результатів [4]. Розрахунок циклічної довговічності виконували в програмі fe-safe® 6.

Розглянемо осесиметричну модель різьбового з'єднання штанг ШН19. Матеріал деталей з'єднання - сталь 40. Для розрахунку циклічної довговічності в базі даних fe-safe був вибраний її аналог - SAE1040. Моделюється пластичність матеріалів та тертя між витками різьби. Задавались два кроки зовнішнього навантаження розтягу, які утворюють в тілі штанги напруження 0 МПа та 170 МПа. Для розрахунку циклічної довговічності використовували критерій Брауна-Міллера, який дає найбільш реалістичні значення довговічності для пластичних металів. Під циклічною довговічністю в даному випадку розуміють число циклів напружень до появи втомної тріщини.

Результати розрахунку показані на рис. 1, з якого можна визначити оптимальну величину  $\Delta$  для заданих контактної тиску на стику  $\sigma$  та довжини канавки  $L$ . Для стандартного з'єднання оптимальне значення  $\Delta \approx 0,1$  мм, для з'єднання з  $L=25$  мм  $\Delta \approx 0,21$  мм, для з'єднання з  $L=35$  мм  $\Delta \approx 0,3$  мм.

Зі збільшенням L помітне суттєве підвищення циклічної довговічності (рис. 2).

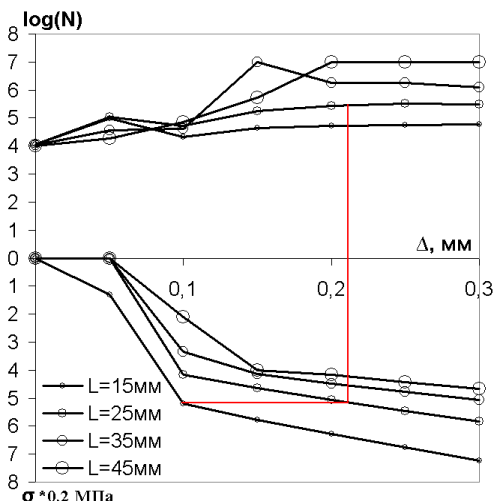


Рис. 1. Залежності  $\log_{10}N=f(\Delta,L)$  та  $\sigma=f(\Delta,L)$

#### 4. Висновки

Збільшення довжини розвантажувальної канавки до L=25 мм дозволяє збільшити логарифм циклічної довговічності з 4,3 до 5,4, а до L=35 мм - до 6,1. Розроблена модель може бути використана для аналізу та оптимізації з'єднань іншого типорозміру чи конструкції.

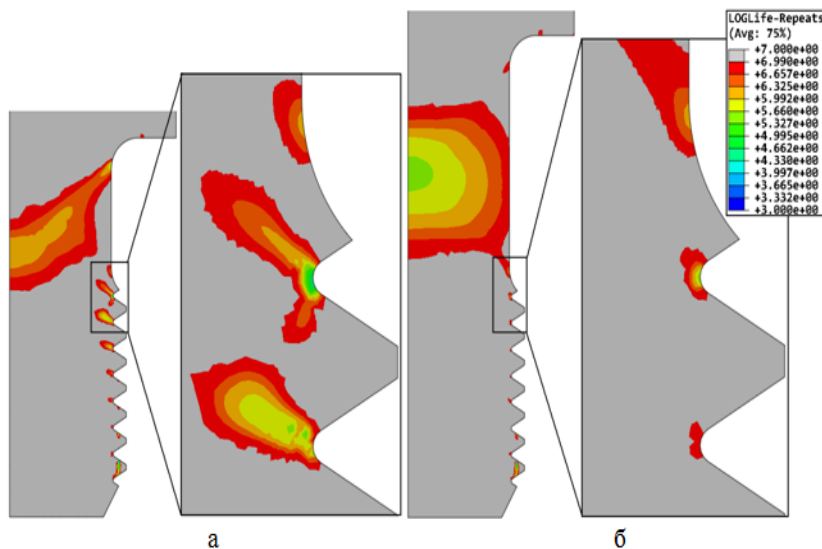


Рис. 2. Розподіл логарифму циклічної довговічності в ніпелі насосної штанги: а - L=15 мм; б - L=25 мм

#### Література

1. Биргер, И. А. Резьбовые и фланцевые соединения [Текст] / И. А. Биргер, Г. Б. Иосилевич. – М.: Машиностроение, 1990. – 368 с.: ил.
2. Копей, В.В. Скінчено-елементний аналіз насосних

штанг з зарізьбовими канавками [Текст] / анотації Міжнародної науково-технічної конференції «Нафтогазова енергетика: проблеми і перспективи», м. Івано-Франківськ, 20-23 жовтня 2009 р. / В.В. Копей, В.Б. Копей, Ю.Д. Петрина, В.В. Михайлюк. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2009. – С.67.

3. Пат. UA 58828A, МПК E21B17/04. Муфтове різьбове з'єднання насосних штанг [Текст] / Копей В.Б., Петрина Ю.Д., Стеліга І.І. – № 2002118793; Заявлено 06.11.2002; Опубл. 15.08.2003. Бюл. №8. – 2с.
4. Копей, В.В. Розроблення та аналіз параметричних скінчено-елементних моделей різьбових з'єднань в Abaqus® [Текст] / В.В. Копей // Нафтогазова енергетика. – № 1(12). – 2010. – С.31-36.

#### ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ДЛИНЫ РАЗГРУЗОЧНОЙ КАНАВКИ НИПЕЛЯ НАСОСНОЙ ШТАНГИ

В. В. Копей

Путем моделирования методом конечных элементов и расчета циклической долговечности муфтового резьбового соединения насосных штанг обоснована целесообразность увеличения длины разгрузочной канавки нипеля

**Ключевые слова:** муфтовое соединение насосных штанг, резьба, метод конечных элементов, усталость

*Владимир Богданович Копей, докторант кафедры технологии нефтегазового машиностроения Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа, тел. (097) 556-60-35, e-mail: vkopey@gmail.com*

#### RATIONALE INCREASING LENGTH OF THE RELIEF GROOVE FOR SUCKER ROD PIN

V. Kopey

The article describes the rationale increasing length of the relief groove for sucker rod pin by the finite element modeling and fatigue life calculation of the sucker rod thread connection

**Keywords:** sucker rod coupling, thread, finite elements method, fatigue

*Vladimir Kopey, Ph.D. of department of mechanical engineering technology for oil and gas equipment, Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas, tel. (097) 556-60-35, e-mail: vkopey@gmail.com*