



УДК622.245

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ МІЦНОСТІ В ШПИЛЬКАХ ФЛАНЦЕВОГО З'ЄДНАННЯ УСТЬОВОГО ОБЛАДНАННЯ

*І.В. Костриба, В.О. Єгоров*

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15  
E-mail: no@nung.edu.ua*

Важливою складовою частиною фланцевих з'єднань устьового обладнання нафтогазових свердловин є шпильки, технічні вимоги до яких регламентовані відповідними стандартами. Навантаження на шпильки фланцевих з'єднань досягають надзвичайно великих значень. Для прикладу, фланцеве з'єднання плашкового превентора з умовним проходом 480 мм і робочим тиском 70 МПа містить 24 шпильки типорозміру М56х4. Навантаження на шпильки тільки від дії робочого середовища досягає 18 МН, а при випробуванні на міцність і щільність корпусу превентора – до 27 МН.

На даний час слід відмітити ряд проблемних питань, що мають інженерно-практичне значення, зокрема: недостатня інформативність про напружений стан шпильок фланцевого з'єднання; відсутність контролю за моментом згвинчування гайок фланцевого з'єднання; відсутність гідроприводних ключів для монтажу фланцевих з'єднань та ін.

Проаналізовані умови навантаження шпильок фланцевих з'єднань типу 6В (стандарт Американського нафтового інституту), які можна звести до двох етапів (рис. 1).

1 етап

- \* Затягування гайок фланцевого з'єднання відповідним крутним моментом (рис. 2).
- \* В зоні ущільнення створюється контактний тиск  $q_0$ .
- \* В шпильках виникають напруження  $\sigma_M$  від крутного моменту

2 етап

- \* У фланцевому з'єднанні створюється тиск  $P$  робочого середовища.
- \* Контактний тиск  $q_0$  зменшується до робочого  $q$ .
- \* Напруження в шпильках збільшуються до робочого  $\sigma$ .

**Рисунок 1 – Етапи навантаження шпильок фланцевого з'єднання типу 6В**

Розроблений алгоритм розрахунку напружень у шпильках фланцевих з'єднань типу 6В із врахуванням крутних моментів згвинчування гайок та експлуатаційних навантажень від тиску



робочого середовища. Особливості розрахунку полягають в наступному.

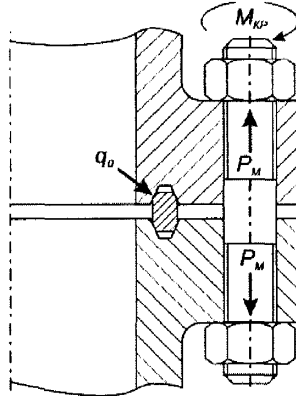


Рисунок 2 – Навантаження, що виникають при затягуванні гайок

1) Встановлена залежність між крутним моментом згвинчування  $M_{кр}$  та напруженням  $\sigma_M$  в шпильці, яка описується формулою

$$\sigma_M = \frac{4 \cdot M_{кр}}{K \cdot \pi \cdot d \cdot d_1^2}, \quad (1)$$

де  $K$  – комплексний коефіцієнт, який залежить від ряду конструктивних та експлуатаційних чинників;  
 $d$  – номінальний діаметр різьби шпильки;  
 $d_1$  – діаметр різьби шпильки по впадинах.

Коефіцієнт  $K$  залежить від геометричних параметрів профілю різьби шпильки, твердості та шорсткості поверхонь пар шпилька-гайка, гайка-фланець, коефіцієнтів тертя на рухомих поверхнях в процесі згвинчування. Нагадаємо, що шпильки згідно вимог стандарту ГОСТ 28919 повинні виготовлятися з кадмієвим або іншим видом металевого покриття товщиною 9-12 мкм. Процес згвинчування рекомендується проводити за наявності мастильного матеріалу на рухомих поверхнях.

На основі проведеного аналізу літературних джерел та промислової інформації коефіцієнт  $K$  у формулі (1) доцільно приймати рівним 0,15-0,20, що забезпечує точність розрахунків не нижче ніж 95 %.

2) Уточнено розрахунки, які пов'язані з визначенням площі контакту прокладки з канавкою на фланці. Чинні розрахунки [1]



зорієнтовані на використання прокладок овального профілю і не дають можливості точно визначити площу контакту прокладки з канавкою на фланці. В них для визначення вказаної площі використано умовну ширину контакту, а саме величину «ефективна ширина прокладки».

Проведені розрахунки базуються на використанні прокладок восьмикутного симетричного перерізу, якими комплектуються переважно фланцеві з'єднання устьового обладнання на бурових і нафтогазовидобувних підприємствах України. Вказаний профіль прокладки дає можливість визначити реальну площу її контакту з канавкою фланця з високою достовірністю.

3) Момент згвинчування шпильок залежить від того, який вхідний критерій закладений в методику розрахунку. Можливі три варіанти. Перший полягає в тому, що момент згвинчування повинен бути таким, щоб після створення робочого тиску між прокладкою і канавкою фланця у з'єднанні величина контактної тиску була достатньою для його герметичності. За другим варіантом момент згвинчування визначається з умови допустимого тиску змінання матеріалу прокладки. Згідно третього [2] варіанту момент згвинчування визначається з умови забезпечення нормативного значення коефіцієнта запасу міцності шпильок фланцевого з'єднання. Останній використаний нами в даній роботі.

В процесі випробування та експлуатації устьового обладнання напруження в шпильках визначається сумарною дією зусиль від моменту згвинчування гайок та тиску робочого середовища у фланцевих з'єднаннях

$$\sigma = \frac{4 \cdot M_{кр}}{K \cdot \pi \cdot d \cdot d_1^2} + \frac{P \cdot D^2}{d_1^2 \cdot z} \quad (2)$$

де  $D$  – середній діаметр канавки під прокладку;

$z$  – кількість шпильок у фланцевому з'єднанні;

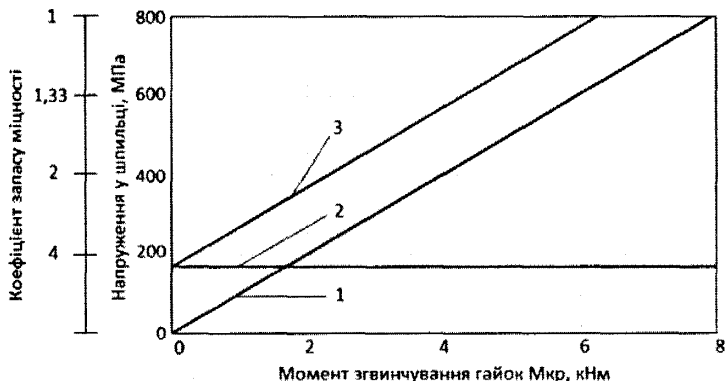
$P$  – тиск робочого середовища.

Відповідно коефіцієнт запасу міцності шпильок буде

$$n = \frac{\sigma_m}{\sigma} \quad (3)$$

де  $\sigma_m$  – границя текучості матеріалу шпильок.

На рис. 3 показана динаміка зміни напружень в шпильках та коефіцієнта запасу міцності фланцевого з'єднання типу 6В типорозміру 280x35.



1 – від моменту згвинчування; 2 – від робочого тиску; 3 – сумарні

**Рисунок 3 – Напруження та коефіцієнт запасу міцності в шпильках фланцевого з'єднання 6V типорозміру 280x35**

Як видно із графічної залежності (рис. 3) на напружений стан шпильок суттєво впливає монтажний чинник – крутний момент їх згвинчування. Напруження від тиску робочого середовища складає невелику частку резерву міцності матеріалу шпильок (не більше 20 % від границі текучості матеріалу).

Наведене вище свідчить про необхідність обов'язкового контролю моменту згвинчування гайок в процесі монтажу фланцевих з'єднань устьового обладнання. Вказаний контроль можна ефективно реалізувати шляхом використання гідроприводних ключів, які успішно використовуються в зарубіжних нафтогазових компаніях. Попередні розрахунки показують, що для монтажу устьового обладнання гідроключі повинні забезпечувати момент згвинчування не більше 6...7 кНм.

#### Літературні джерела

1 Чичеров Л.Г., Молчанов Г.В., Рабинович А.М. и др. Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования: Учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 1987. –422с.

2 Чичеров Л.Г. Нефтепромысловые машины и механизмы. – М.: Недра, 1983. –310с.