

УДК 681.325

М.А. Кононенко, Н.Я. Габльовська

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ

## РОЗРАХУНКОВИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ РІЗЬБОВОЇ ЧАСТИНИ ТРУБ НАФТОВОГО СОРТАМЕНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗВЕДЕНОГО КОЕФІЦІЄНТУ

*Проаналізована можливість застосування зведеного коефіцієнту за методикою Трапезнікова для комплексного оцінювання якості різьбової частини насосно-компресорних труб за ГОСТ 632-80 в залежності від терміну експлуатації, а саме кількості циклів згвинчування-розгвинчування при спуско-підіймальних операціях.*

**Ключові слова:** насосно-компресорна труба, різьба, різьбове з'єднання, одиничний показник якості, комплексний показник якості, ваговий коефіцієнт, цикл згвинчування-розгвинчування.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Контроль якості незалежно від досконалості існуючих для цього методик передбачає, перш за все, вилучення бракованих виробів від якісних. В останні роки на підприємствах зосереджують увагу не на виявленні браку, а на його попередженні при випуску продукції та на застосуванні методик, що дозволяють оцінити якість і визначити імовірний брак виробів, що знаходяться в експлуатації певний термін. В першу чергу це стосується виробів машинобудування, до котрих відносяться і труби нафтового сортаменту і насосно-компресорні труби в тому числі, оскільки вихід з ладу таких виробів призводить до значних матеріальних втрат. Оцінювання рівня якості таких виробів передбачає визначення переліку показників, які підлягають обов'язковому контролю, що дозволить оптимізувати сам процес контролю як прийнятний, так і в процесі експлуатації, і, в кінцевому рахунку, попередити аварійні ситуації і пошкодження свердловинного обладнання. Для вирішення задачі оцінювання рівня якості насосно-компресорних труб, а саме їх різьбового з'єднання як найбільш вразливого вузла, пропонуємо скористатися методикою В.А. Трапезнікова, що полягає у детальному дослідженні з визначення змін значень зведеного коефіцієнту якості протягом експлуатації, при якому виріб підлягає вилученню.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Оцінювання якості продукції, зазвичай, здійснюють за допомогою одиничних показників якості та комплексного показника якості [1, 2]. Важливим при цьому є правильність визначення та повнота переліку одиничних показників якості, що відображають властивості продукції, їх спроможність задовольняти потреби та тривалий (заздалегідь відомий) час експлуатуватись за призначенням. Для проектування якості продукції та методів її оцінювання варто вміти визначати та прогнозувати рівень зазначених показників в процесі експлуатації. Для вирішення

задачі аналізу рівня якості різьбових з'єднань насосно-компресорних труб було запропоновано алгоритм визначення комплексного показника якості [2] та досліджено динаміку зміни геометричних параметрів різьби, а також встановлено кореляційні зв'язки між пріоритетними показниками якості різьбової частини ніпеля та муфти. Проведені дослідження дозволяють перейти до наступного кроку реалізації запропонованого алгоритму - оцінювання рівня якості різьбового з'єднання за значенням зведеного - комплексного показника якості.

**Формулювання мети статті.** Для вирішення задачі оцінювання рівня якості насосно-компресорних труб, а саме їх різьбової частини як найбільш вразливого вузла, пропонуємо скористатися методикою В.А. Трапезнікова, що полягає у детальному дослідженні вимірювань в процесі експлуатації відхилень фактичних значень геометричних параметрів різьби від значень, установлених стандартами, та у визначенні змін зведеного коефіцієнту якості протягом експлуатації, при якому виріб підлягатиме вилученню.

### Виклад основного матеріалу

Як вказують вітчизняні і зарубіжні дослідники [3] низька ефективність роботи колон насосно-компресорних труб (НКТ), незалежно від способу добичі нафти і газу безпосередньо пов'язано з деградацією фізико-механічних і міцнісних характеристик металу НКТ. Останнє обумовлено одночасним протіканням двох взаємопов'язаних груп факторів: деформаційним старінням і корозією під напруженням [4].

Саме через це і відбувається значна кількість виходів з ладу насосно-компресорних труб, більшість з яких припадає на різьбове з'єднання [5].

Отже, експлуатаційну довговічність насосно-компресорних труб визначає як їх корозійна, так і механічна стійкість і різьби і труби в цілому.

Існуюча на даний час технологія виготовлення різьб насосно-компресорних труб не задовольняє сучасним експлуатаційним вимогам за надійністю і

ресурсу роботи в умовах промислової добучі нафти. Це обумовлює необхідність проаналізувати відповідні параметри якості НКТ та нормативні документи, що регламентують випуск і експлуатацію НКТ, особливо, в частині контролю якості різьб труб, методів оцінювання їх якості відразу після випуску і особливо протягом експлуатації.

Загальні вимоги до НКТ викладено у ГОСТ 633-80, який регламентує процес виготовлення труб, значення їх геометричних розмірів, механічних характеристик для різних груп міцності, хімічний склад металу, а також норми відхилень цих параметрів як для тіла труб, так і до різьбових з'єднань. Саме ці характеристики тіла і різьби є параметрами, що мають піддавати контролю згідно цього стандарту. Але в цьому стандарті немає вимог щодо циклічної втоми різьбового з'єднання НКТ протягом регламентованого терміну служби та не вказано взаємозв'язок параметрів якості з вказаним терміном служби, що вимагає розробки об'єктивного показника якості [4].

На даному етапі досліджень доцільно ще раз розглянути, за якими саме ознаками групують показники якості і встановити ті, що викликають наш інтерес для визначення узагальненого комплексного показника якості різьбової частини труб НКТ за ГОСТ 633-80.

Слід нагадати, що показники якості розрізняють за кількістю властивостей - одиничні і комплексні. Якщо комплексний показник якості характеризує всю сукупність параметрів, за якими оцінюють якість, то такий показник можна назвати узагальненим чи зведеним. Його визначенню і будуть присвячені подальші дослідження.

В залежності від властивостей, що характеризують показники якості, їх ділять на показники призначення, надійності, ергономічності, естетичності, показники безпеки, екологічні показники, показники технологічності, транспортабельності, показники стандартизації й уніфікації, патентно-правові показники та економічні показники. Серед названих ряд показників, такі як транспортабельності, технологічності, патентно-правові, стандартизації і уніфікації, економічні показники, не є показниками якості, але є визначними при формуванні експлуатаційних характеристик виробів.

За способом вираження показники якості можуть бути розмірними і безрозмірними. Безрозмірними вважаються відносні показники якості, які визначаються як відношення показника якості, що оцінюється, до базового показника. Одиничні показники якості та базові показники якості різьбової частини труб НКТ згідно з ГОСТ 633-80 виражені в одиницях лінійно-кутових вимірювань.

За методом визначення показники якості класифікують на показники, що визначають органолептич-

ним, вимірювальним, реєстраційним, розрахунковим, експертним, соціологічним методами. Питання аналізу методів визначення показників якості та результати реалізації цих методів було викладено у [6].

На даному етапі виконання роботи є потреба скористатися розрахунковим методом, щоб застосувати показник якості Трапезнікова для обчислення рівня якості на різних стадіях експлуатації трубних з'єднань. При цьому розраховують «коефіцієнт якості», рівний добутку окремих показників якості (коефіцієнтів), що характеризують відхилення фактичного значення кожного параметра, що контролюють, від значень, установлених стандартами або прийнятих за еталон. Зведений коефіцієнт знаходять за формулою

$$K_{зв} = \prod_{i=1}^n K_i = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n, \quad (1)$$

де  $K_{зв}$  – зведений коефіцієнт якості;  $K_i$  – окремі показники якості

Окремі показники якості визначають як

$$K_i = \frac{K_{ф}}{K_{е}}, \quad (2)$$

де  $K_i$  – окремий відносний показник якості;  $K_{ф}$  – фактичний рівень якості;  $K_{е}$  – рівень кращого зразка (еталона).

При комплексному оцінюванні якості продукції може бути також використаний середній зважений арифметичний показник, коли усереднювальні вихідні відносні показники  $K_i$  порівняно мало відрізняються один від одного

$$K_{зв} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot W_i, \quad (3)$$

де  $K_{зв}$  – зведений коефіцієнт якості;  $K_i$  – окремий відносний показник якості;  $W_i$  – коефіцієнти вагомості показників (визначаються експертно) [7].

Забезпечення відповідності якості продукції заявленим вимогам є підпорядкованою метою, яка напряму не гарантує прибутку, але втрата відповідності окремих показників протягом експлуатації може призвести до великих втрат. З цього слідує, що є потреба у детальному дослідженні з визначення змін значень зведеного коефіцієнту якості протягом експлуатації, при якому виріб підлягає вилученню.

Варто сказати про метод дослідної експлуатації, котрий застосовують, як правило, для визначення показників надійності, екологічності, безпеки. У процесі реалізації цього методу вивчають взаємодію людини з виробом в конкретних умовах його експлуатації чи застосування, що має значення, оскільки вимірювальні методи не завжди дозволяють повністю відтворити реальні умови роботи виробу. Перевагою цього методу є висока точність і достовірність значень показників якості, а недоліком – значна тривалість і великі витрати, а іноді - складність підбору команди дослідників.

Статистичний метод – це метод, при якому значення показників якості продукції визначають з використанням методів теорії ймовірності і математичної статистики. Область використання статистичних методів надзвичайно широка і охоплює повний життєвий цикл виробу (проектування, виробництво, експлуатація чи застосування і т.ін.).

Методи математичної статистики дозволяють із заданою імовірністю здійснювати оцінку якості виробів. Статистичні методи сприяють скороченню витрат часу на контрольні операції і підвищенню ефективності контролю. Саме оптимізація контрольних операцій параметрів якості різьбової частини труб НКТ і має бути в подальшому вирішена дослідниками і авторами даної статті.

Застосування того чи іншого методу залежить від мети, завдань і умов оцінювання значень показників якості. Результати мають бути обґрунтовані й відтворювані даним чи іншим прийнятним методом. Також важливо, щоб обраний метод має забезпечити оцінювання показників якості з необхідною точністю і повнотою на всіх етапах життєвого циклу виробу. Статистичні методи застосовують в системах якості, при сертифікації продукції і систем якості.

За використанням показники якості бувають базові, відносні, визначні, регламентовані, номінальні, граничні, оптимальні і допустимі. У нашому випадку значення показників якості задані ГОСТ 633-80.

За стадією визначення показники якості поділяють на такі, що прогнозують, проектні, виробничі й експлуатаційні.

Більша частка досліджень була присвячена експлуатаційним показникам, тобто таким, які оцінюють в процесі безпосередньої експлуатації насосно-компресорних труб в залежності від циклів згинчування-розгвинчування при спуско-підймальних операціях. Щоб застосувати для цієї мети показник

Трапезнікова необхідно обчислити коефіцієнти якості  $K_j$  по кожному параметру, а потім одержати узагальнену оцінку.

Для розрахунку використані дані експериментальних досліджень [1], при одержанні яких досліджені зразки труб піддавались циклічному навантаженню при збереженні парності ніпельної і муфтової частини, тобто зразок ніпеля №1 згвинчувався із зразком муфти №1, ніпель №2 – з муфтою №2, ніпель №3 – з муфтою №3.

В результаті таких обчислень одержані дані про зміну зведеного показника якості різьбових частин ніпеля і муфти в залежності від кількості циклів згинчування – розгвинчування (рис. 1, 2).

Аналіз одержаних графічних залежностей зміни зведеного показника якості різьбових частин ніпеля і муфти показав, що зношення різьбових частин ніпеля і муфти різні, а значення зведеного показника при кількості циклів згинчування-розгвинчування до 10 коливається для муфти від 0,69168 до 1,133613, а для ніпеля від 1,560369 до 19,9324. При подальших циклах згинчування-розгвинчування відбувається значна зміна зведеного показника, що обумовлено в основному зміною діаметрального натягу.

## Висновок

Отже, застосований розрахунковий метод визначення зведеного показника якості різьбових частин насосно-компресорних труб із застосуванням коефіцієнта Трапезнікова В.А. дозволяє оцінити рівень якості різьби труб НКТ протягом експлуатації. За розрахованими даними зведеного показника і за його незначною зміною можна зробити висновок про можливість експлуатації різьбового з'єднання «труба – муфта» при наявних змінах геометричних параметрів різьбових частин в середньому до 8 спуско-підймальних операцій.

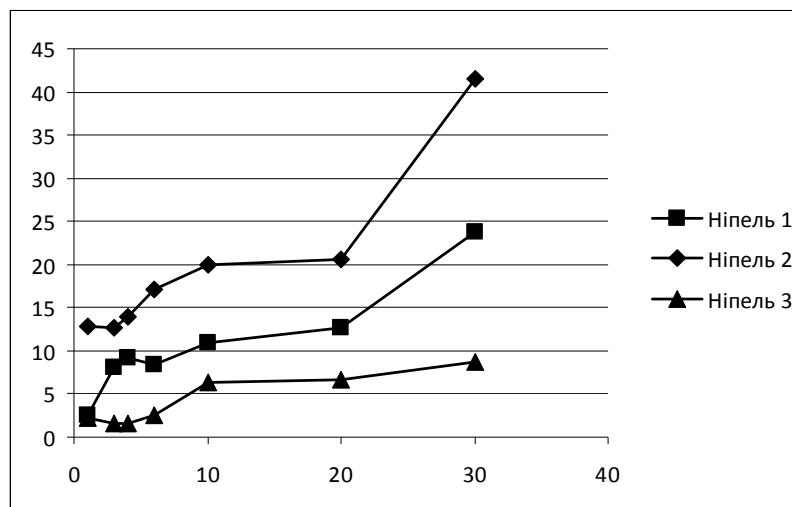


Рис. 1. Зміна зведеного показника якості різьбової частини ніпеля в залежності від циклів згинчування-розгвинчування

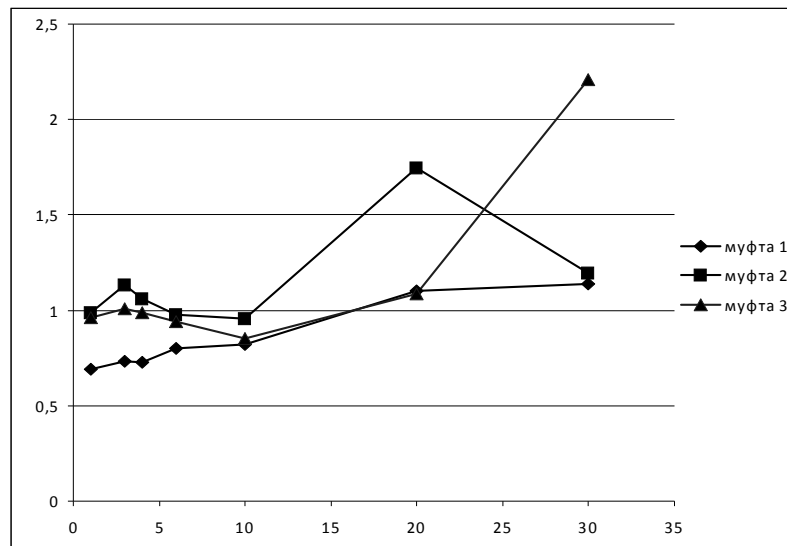


Рис. 2. Зміна зведеного показника якості різьбової частини муфти в залежності від циклів згинчування-розгинчування

Визначені зміни зведеного показника при подальших циклах потребують додаткових досліджень з встановлення значень окремих геометричних параметрів різьбових частин ніпеля і муфти, при яких насосно-компресорна труба вилучатиметься з експлуатації.

### Список літератури

1. Аналіз дослідження степені зношування різьб НКТ в процесі експлуатації / М.А. Кононенко, Н.Я. Габльовська, С.М. Швець, С.С. Семенюк, Н.Т. Мануляк, Н.Я. Петришин // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2010 – № 12 [154], част. 2. – С. 96-104.
2. Кононенко М.А. До питання визначення комплексного показника якості різьбових з'єднань насосно-компресорних труб / М.А. Кононенко, Н.Я. Габльовська // Метрологія та прилади. – 2014. – №1 II (45). – С. 124-129.
3. Протасов В.Н. О процессах, вызывающих повреждение и отказы насосно-компрессорных труб при эксплуатации, и соответствии нормативно-технической документации, определяющей качество этих труб, их назначению / В.Н. Протасов, А.В. Макаренко // Территория Нефтегаз. – 2007. – № 6. – С. 138-141.

4. Марченко А.Ю. Анализ нормативных и технологических ограничений при оценке эрозивно-механической повреждаемости насосно-компрессорных труб / А.Ю. Марченко // Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. – 2015. – Вип. 158. – С. 294-300.

5. Аналіз якісних показників різьбової частини насосно-компресорних труб / М.А. Кононенко, С.С. Семенюк, Н.Я. Габльовська, Т.І. Луцишин // Всеукраїнський щоквартальний науково-технічний журнал "Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ". – Івано-Франківськ, 2007. – С. 45-49.

6. Встановлення пріоритетних факторів, що впливають на якісні показники насосно-компресорних труб та їх різьбових частин / М.А. Кононенко, С.С. Семенюк, Н.Я. Габльовська, Н.Б. Долишня // Materiały czwartej Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji "Nauka: teoria i praktyka – 2007" Przemysł, Nauka i studia – С. 63-64.

7. Трапезников В.А. Управление и научно-технический прогресс / В.А. Трапезников. – М.: Наука, 1983. – 224 с.

Надійшла до редколегії 8.04.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Є. Середюк, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ.

### РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕЗЬБОВОЙ ЧАСТИ ТРУБ НАФТОВОГО СОРТАМЕНТА С ПОМОЩЬЮ ПРИВЕДЕННОГО КОЭФФИЦИЕНТА

М.А. Кононенко, Н.Я. Габлевская

Проанализирована возможность применения коэффициента Трапезникова для комплексной оценки качества резьбовой части насосно-компрессорных труб за ГОСТ 632-80 в зависимости от срока эксплуатации, а именно циклов свинчивания-развинчивания при спуско-подъемных операциях.

**Ключевые слова:** насосно-компресорна труба, різьба, різьбове з'єднання, одиничний показник якості, комплексний показник якості, ваговий коефіцієнт, цикл свинчування – розвинчування.

### CALCULATION METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF THE THREADED PORTION OF OIL PIPE ASSORTMENT USING THE REDUCED RATE

M.A. Kononenko, N.Ya. Gablovska

The possibility of using Trapeznikov factor-coefficient for a comprehensive assessment of the tubing threaded portion quality for the GOST 632-80 depending on the age was analyzed, namely cycles of screwing and unscrewing when lowering and lifting and transportation operations.

**Keywords:** pump and of compressor pipe, thread, threaded connection, a single quality index, a comprehensive quality indicator, weighting indicator, the cycle of screwing – unscrewing.