

УДК 531.781.2

М.А. Мірошник¹, В.Г. Котух², Н.І. Капцова², В.А. Косенко²¹Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків²Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ТЕХНОЛОГІЧНА КОНЦЕПЦІЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ ТРУБНОЇ АРМАТУРИ ТРАНСПОРТНИХ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ ЗА КРИТЕРІЄМ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СПАДКОВОСТІ

При проектуванні, виробництві та ремонті транспортних трубопровідних систем (ТТС), а також їх конструктивних елементів, наприклад трубопровідної арматури (ТА) закладається інформація про структуру виробу. Ця характеристика виробу враховує перш за все, такі властивості ТА, як здатність з високою надійністю і довговічністю забезпечувати працездатність всієї ТТС. Крім того, вона визначає і конструкцію ТА, з урахуванням її зовнішньої і внутрішньої структури, причому від зовнішньої структури ТА залежить працездатність ТТС, а внутрішня структура відповідає за конструктивні, ергономічні і економічні показники ТА.

Ключові слова: транспортні трубопровідні системи, труба арматура, технологічна спадковість, надійність, довговічність, працездатність.

Вступ

Надійність і довговічність конструктивних елементів ТТС, включаючи і ТА, має дві основні гілки: конструкційну і технологічну. При цьому конструкційна надійність ТА забезпечується тоді, коли правильно і на заданому рівні забезпечується їх працездатність в межах гарантованого терміну експлуатації ТТС [1.3].

Виклад основного матеріалу

Як правило, працездатність визначається необхідною міцністю конструкції ТА і ТТС в цілому, розрахована на випробувальний і робочий тиск перекачуемого енергоносія, а також на взаємодію зовнішніх силових факторів і агресивності навколишнього середовища [1.3]. При цьому навантаження, що діють на конструктивні елементи ТТС викликаються нерівномірністю робочого процесу, зовнішнім впливом на трубопровід, старінням матеріалу і т.д., які бувають статичні і динамічні. На підставі експериментальних досліджень побудована крива відносного циклу навантажень n/N для ТА, як функція навантаження $K=P/P_{max}$ (рис. 1), де n - кількість циклів навантаження при навантаженні P ; N - загальна кількість циклів навантаження [2]. З побудованих графіків випливає, що зі збільшенням загальної кількості циклів навантаження зростає ймовірність погіршення вихідних параметрів ТА, і в кінцевому рахунку втрата її працездатності з урахуванням технологічної спадковості [2].

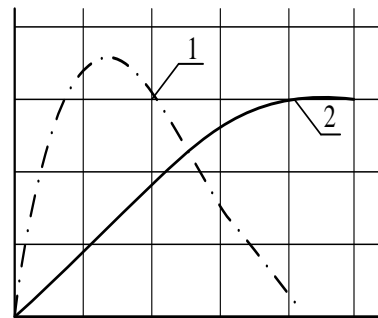


Рис.1. - Криві відносного циклу навантажень для ТА:
1 - щільності розподілу навантажень $f(x)$, 2 - функція розподілу $F(X)$

Явище технологічної спадковості слід враховувати також при виборі оптимальної конструкції ТА на стадіях проектування, виробництва чи ремонту і як наслідок, при оцінці показників надійності і довговічності ТТС. Основні напрямки підвищення технічного рівня ТТС наведені на рис.2.

Слід сказати, що за допомогою аналізу явищ технологічної спадковості можна визначити причини, що викликали відхилення вихідних параметрів ТА, а також кількісно оцінити ці явища, тобто дати прогноз виробу на його поведінку при експлуатації. Стосовно до ТА у плані прогнозування особливий інтерес має питання зміни точності розмірів, геометричної форми поверхонь, їх взаємного розташування, а також їх фізико-механічних характеристик, включаючи міцність, зносостійкість і т.д. Для забезпечення цих високих вимог необхідно враховувати явища спадкового характеру, що мають місце, як при виробництві і ремонті ТА, так і при експлуатації ТТС.

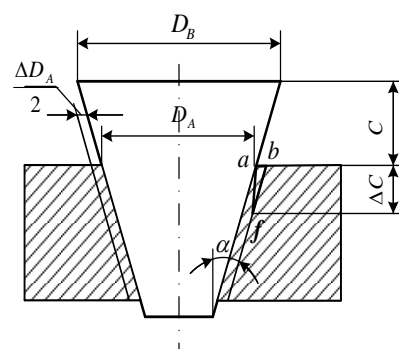


Рис.2. - Основні напрямки підвищення технічного рівня ТТС

При цьому технологічна спадковість проявляється у вигляді залежностей зовнішньої і внутрішньої структури, напруженого стану поверхневого шару основного матеріалу, мікро- і макро-геометрії поверхонь, що труться і абразивно-доводочних обробок ТА, а також від загальної кількості циклів навантаження виробу, а в конусних сполученнях ТА відхилення діаметрів і кутів конусів викликає зміни базової відстані C (рис.3,4) [4.5].

Позначивши відхилення більшого діаметра конічного вала через ΔD_B , втулки через ΔD_A , відхилення кутів нахилу - через $\Delta \alpha_B$ і $\Delta \alpha_A$, а зміни базової відстані сполучення - через ΔC , викладаємо вплив відхилень діаметрів при базуванні по ΔD_A , наприклад, в разі, коли $\Delta D_A > 0$, а $\Delta D_B = 0$.

В цьому випадку конічний вал опуститься вниз і базова відстань C зменшиться на величину $af = \Delta C$.

Рис.3. - Схема зміни базової відстані при відхиленні діаметрів конусів (базування по D_A)

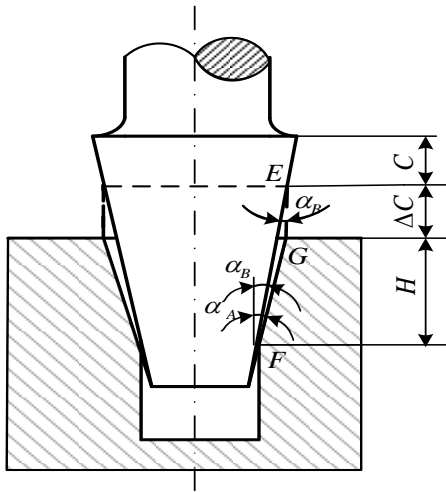


Рис.4. - Схема зміни базової відстані при відхиленні кутів нахилу конусів (при $\alpha_A > \alpha_B$)

З косокутного трикутника FEG (рис.4) маємо

$$FG = \frac{H}{\cos \alpha_A} \quad (1)$$

Отже, при позитивному значенні ΔD_A зміна базової відстані ΔC буде негативною.

З трикутника afb (рис. 3) впливає те, що

$$ab = \frac{\Delta D_A}{2}; af = \frac{ab}{\operatorname{tg} \alpha}; \Delta C = \frac{\Delta D_A}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (2)$$

З огляду на те, що $2 \operatorname{tg} \alpha = K$, отримаємо

$$|\Delta C| = \frac{|\Delta D_A|}{K} \quad (3)$$

Аналогічно, якщо $\Delta D_B \neq 0$ і $\Delta D = 0$ отримаємо

$$|\Delta C| = \frac{|\Delta D_B|}{K} \quad (4)$$

У загальному випадку, якщо є відхилення діаметрів вала ΔD_B і втулки ΔD_A , то необхідно їх підсумувати, попередньо визначивши знак ΔC , тобто з'ясувати зменшується чи збільшується базова відстань при зазначених відхиленнях.

Сумарне відхилення базової відстані через відхилення діаметрів вала і втулки (рис.4)

$$\Delta C = \frac{\Delta D_B - \Delta D_A}{K} \quad (5)$$

де ΔD_B і ΔD_A підставляються зі своїми знаками.

Розглянемо зміну базової відстані при наявності похибок кутів ухилу $\Delta \alpha_B$ і втулки $\Delta \alpha_A$. Будемо вважати, що

$$\frac{\Delta C}{\sin(\alpha_A - \alpha_B)} = \frac{H}{\cos \alpha_A \cdot \sin \alpha_B} \quad (6)$$

звідки

$$\Delta C = \frac{H \cdot \sin(\alpha_A - \alpha_B)}{\cos \alpha_A \cdot \sin \alpha_B} \quad (7)$$

Якщо в цій формулі (7):

- покласти $\sin(\alpha_A - \alpha_B) \approx \alpha_A - \alpha_B$ через малість граничних відхилень кута ухилу;

- різницю $\alpha_A - \alpha_B$ висловити замість хвилин в радіанах;

- покласти $\cos \alpha_A = \cos \alpha$ і $\sin \alpha_A = \sin \alpha$, тобто зважаючи на малу різницю в кутах, то отримаємо

$$\Delta C = \frac{3 \cdot 10^{-4} \cdot H(\alpha_A - \alpha_B)}{\sin \alpha \cdot \cos \alpha} \quad (8)$$

Помноживши чисельник і знаменник на 2 і вважаючи, що для малих кутів $\sin 2\alpha \approx 2 \operatorname{tg} \alpha = K$, отримаємо,

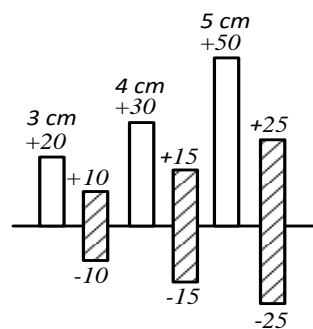
$$\Delta C = \frac{6 \cdot 10^{-4} \cdot H(\alpha_A - \alpha_B)}{K}, \text{ (при } \alpha_A > \alpha_B \text{)} \quad (9)$$

З викладеного видно, що похибки діаметрів конусів викликають в основному зміну базової відстані, мало змінюють характер контакту сполучених конусів, тоді як похибки їх кутів призводять до лінійного контакту замість поверхневого, що зменшує переданий момент тертя, прискорює знос рухомих конусів і зменшує термін служби з'єднань (рис. 5).

Сумарна зміна базової відстані при наявності відхилення діаметрів і відхилення кутів ухилу становить:

$$\Delta C = \frac{1}{K} \{ \Delta D_B - \Delta D_A + [6 \cdot 10^{-4} \cdot H \cdot (\alpha_A - \alpha_B)] \}, \quad (10)$$

де $H, \Delta D_B, \Delta D_A, \Delta C$ - в мм, α_A, α_B - в хвилинах.



- Поле допуску для зовнішнього конуса
 - Поле допуску для внутрішнього конуса
- 3cm, 4cm, 5cm – відповідно, ступені фінішної обробки внутрішньої конусної поверхні ТА

Рис.5 - Схеми полів допусків на конусність конусних деталей ТА (відхилення в мкм на 100мм довжини конуса)

З проведених теоретичних досліджень випливає, що в конусних з'єднаннях пробкових кранів ТА допусками повинні обмежуватися відхилення кута конуса, розмір базового діаметру конуса, відхилення форми конічних поверхонь, а також загальна довжина конусів, діаметр та інші конструктивні розміри [4,5]. Причому допуски базового діаметра D як для внутрішнього, так і для зовнішнього конусів рекомендується приймати по 8 квалітету і поля допусків розташовуються в плюс від номінального розміру для обох з'єднуються конусів (рис.6).

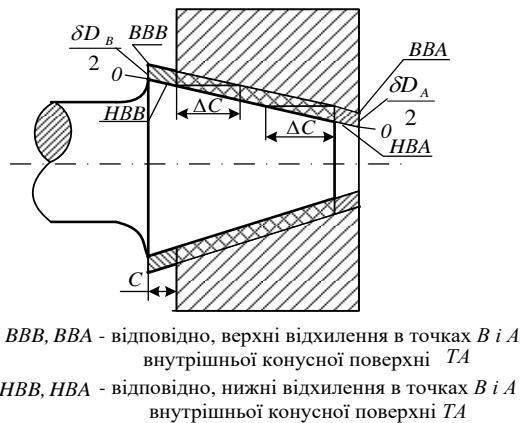


Рис.6 - Схема полів допусків на діаметри конусних деталей ТА

При такому розташуванні полів допусків дійсні відхилення вала і втулки найбільш часто будуть близькі один до одного і тоді базова відстань змінюватися не буде. Воно зменшиться, якщо D_B дорівнює номінальному розміру, а D_A - найбільшому граничному розміру ($D_A + \delta D_A$), і збільшиться, якщо D_A дорівнює номінальному розміру, а D_B - найбільшому граничному розміру ($D_B + \delta D_B$). Абсолютну величину зміни базового відстані в обох випадках можна визначити за формулою:

$$\Delta C = \frac{\delta \cdot D_{A(R)}}{K} \quad (11)$$

Шляхом встановлення допуску на базовий діаметр D розширюється можливість контролю конусів, так як при цьому можливо як безпосереднє вимірювання розміру D , так і контроль конусів калібрами.

Висновки

1. Технологічну спадковість можна кваліфікувати як теорію, за допомогою якої надається можливим отримати відповіді про перенесення властивостей виробу, наприклад конструктивних елементів ТТС від попередніх

технологічних операцій їх виготовлення або ремонту до наступних. При цьому важливо не тільки отримати необхідні технологічні властивості високоточних деталей ТА, а й зберегти їх протягом усього терміну експлуатації.

2. Працездатність конструктивних елементів ТТС, включаючи ТА, визначається необхідною міцністю їх конструкції в цілому, розрахованої на випробувальний і робочий тиск енергоносія, який перекачується, а також на взаємодію зовнішніх силових факторів.

3. За допомогою аналізу явищ технологічної спадковості можна визначити причини, що викликали відхилення вихідних параметрів ТА, а також кількісно оцінити ці явища, тобто дати прогноз виробу на його поведінку при експлуатації.

4. Перегляд конструктивних схем пробкових кранів ТА дозволяють дати рекомендації щодо оптимізації відхилень кута конуса, розмірів базового діаметру конуса, відхилень форми конічних поверхонь, а також їх загальної довжини з метою зниження втрат енергоносія при його транспортуванні по ТТС.

Література

1. Капцов І.І. Скорочення втрат газу на магістральних газопроводах / І.І. Капцов // М.: Недра, 1998. - 160с
2. Яцерицин П.І., Працездатність вузлів тертя машин / П.І. Яцерицин, Ю.В. Скоринін // Мінськ: Наука і техніка, 1994. - 288с.
3. Коннова Г.В. Обладнання транспорту і зберігання нафти і газу / Г.В. Коннова // Ростов-на-Дону. Фенікс, 2006. - 128с.
4. Буше Н.А. До питання про процеси, що відбуваються на поверхні тертя металевих матеріалів // Н.А. Буше – В КН.: Про природу тертя твердих тіл. Мінськ, 1971.- С. 75-77.
5. Тененбаум М.М. Зносостійкість конструкційних матеріалів і деталей / М.М. Тененбаум // М.: Машинобудування, 1966. - 327с.

References

1. Kaptsov, I.I. (1998). Reduction of losses in the gas transmission pipelines. *Moscow, Nedra, 160*.
2. Yascheritsyn, P.I., & Skorynin, Y.V. (1994). Efficient operation of machinery friction unit. *Minsk, Science and Technics, 288*.
3. Konnova, G.V. (2006). Equipment transport and storage of oil and gas. *Rostov-on-Don, Phoenix, 128*.
4. Bushe, N.A. (1971). To a question about the processes occurring on the friction surface of metallic materials. *In the book: "On the nature of the friction of solids", Minsk, 75-77*.
5. Tenenbaum, M.M. (1966). Durability of construction materials and components. *Moscow, Mechanical engineering, 327*.

Автор: МІРОШНИК Марина Анатоліївна
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, доктор технічних наук, професор.
E-mail - marinagmiro@gmail.com

Автор: КОТУХ Володимир Григорович
Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, кандидат технічних наук, доцент, с.н.с.

Автор: КАПЦОВА Наталія Іванівна
Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, асистент

Автор: КОСЕНКО Віталій Андрійович
Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків, магістр.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРУБНОЙ АРМАТУРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ПО КРИТЕРИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

М.А. Мирошник¹, В.Г. Котух², Н.И. Капцова², В.А. Косенко²

¹Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков

²Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А. Н. Бекетова, Харьков

При проектировании, производстве и ремонте транспортных трубопроводных систем (ТТС), а также их конструктивных элементов, например трубопроводной арматуры, (ТА) закладывается информация о структуре изделия. Эта характеристика изделия учитывает прежде всего, такие свойства ТА, как способность с высокой надежностью и долговечностью обеспечивать работоспособность всей ТТС. Кроме того, она определяет и конструкцию ТА с учетом ее внешней и внутренней структуры, причем от внешней структуры ТА зависит работоспособность ТТС, а внутренняя структура отвечает за конструктивные, эргономические и экономические показатели ТА.

Ключевые слова: транспортные трубопроводные системы, трубная арматура, технологическая наследственность, надежность, долговечность, работоспособность.

TECHNOLOGICAL CONCEPTS RELIABILITY AND DURABILITY PIPE FITTINGS TRANSPORT PIPELINE SYSTEM CRITERION TECHNOLOGICAL HEREDITY

M.A. Miroshnyk¹, V.G. Kotukh², N.I. Kaptsova², V.A. Kosenko²

¹Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv

²Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

The information about the product structure as well as structural components such as pipe fittings is laid in design, manufacture and repair of a transport pipeline system. It considers primarily the properties of the pipe fittings, such as the capacity to ensure the efficiency of the entire transport pipeline system with high reliability and durability. In addition, it determines design of pipe fittings taking into account its external and internal structure; moreover, the structure of the outer pipe fittings depends on performance of the transport pipeline system as a whole, and the internal structure is responsible for the design, ergonomic and economic performance of pipe fittings. In general, the performance of pipe fittings is determined by the required strength of its structure, which is designed for testing and operating pressure of the pumped energy source. Thus, the load forced on the structural elements of the transport pipeline system is caused by the irregularity of the working process, external influences on the pipeline, the aging of structural materials, etc. Particular attention in this case is paid to the issues of technological heritage based on the analysis, and on the basis of them we can determine the causes of the deviation of the output parameters of pipe fittings. In addition, the phenomenon of technological heredity can be manifested in the form of dependency of the external and internal structure, the stress condition of the surface layer of the base material of pipe fittings, as well as the total number of loading cycles of transport pipeline systems products.

Key words: transport pipeline systems, pipe fittings, technological heredity, reliability, durability, operability.