

**В. Г. КОТУХ, Н. І. КАПЦОВА, Д. Ф. ДОНСЬКИЙ, К. М. ПАЛЄЄВА**

### **ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СПАДКОВОСТІ НА ПОКАЗНИКИ НАДІЙНОСТІ, ДОВГОВІЧНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЗОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

Сучасні газотранспортні системи є енергетичними спорудами, основу яких становить магістральний трубопровід, що є безперервною трубою, уздовж якої розміщені пристрої, що забезпечують перекачку газу за задалегідь заданих параметрах. На відміну від інших лінійних споруд, таких як автошляхи, залізничні колії, магістральний трубопровід протягом всього терміну роботи знаходиться в складному напруженому стані під впливом внутрішнього тиску перекачуваного продукту і функціонує як посудина високого тиску. Експлуатаційна надійність, довговічність і екологічна безпека газотранспортних систем забезпечується різними регулюючими пристроями та трубою арматурою.

У статті розглянуті питання, пов'язані з прогнозування роботи трубої арматури в період експлуатації газотранспортної системи із забезпеченням необхідної надійності, довговічності та екологічної безпеки. Наведено аналіз явищ технічної спадковості, за допомогою якого можна визначити причини, що викликають відхилення вихідних параметрів трубої арматури в процесі її виготовлення або ремонту. Доведено, що основною особливістю технологічної спадковості є перенесення певної технологічної властивості від попередньої технологічної операції до наступних, що характеризується коефіцієнтом передачі технологічної спадковості. Виявлена неодмінна умова монотонності зміни коефіцієнта передачі технологічної спадковості з метою забезпечення необхідної якості виготовлення або ремонту трубої арматури. Запропоновано до використання економічний принцип прогнозування якості виготовлення або ремонту виробів, знайдена залежність між вихідними і вихідними технологічними властивостями трубої арматури, обраний маршрут досягнення необхідної якості її виготовлення або ремонту, включаючи заготовительні і фінішні технологічні операції.

**Ключові слова:** газотранспортні системи; технологічна спадковість; трубова арматура; елемент; надійність; довговічність; екологічна безпека.

**В. Г. КОТУХ, Н. И. КАПЦОВА, Д. Ф. ДОНСКОЙ, Е. Н. ПАЛЕЕВА**

### **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ, ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Современные газотранспортные системы представляют собой энергетические сооружения, основу которых составляет магистральный трубопровод, представляющий собой непрерывную трубу, вдоль которой размещены устройства, обеспечивающие перекачку газа при заранее заданных параметрах. В отличие от других линейных сооружений, таких как автодороги, железнодорожные пути, магистральный трубопровод в течение всего срока работы находится в сложном напряженном состоянии под воздействием внутреннего давления перекачиваемого продукта и функционирует как сосуд высокого давления. Эксплуатационная надежность, долговечность и экологическая безопасность газотранспортных систем обеспечивается различными регулирующими устройствами и трубова арматурой.

В статье рассмотрены вопросы, связанные с прогнозированием работы трубова арматуры в период эксплуатации газотранспортной системы с обеспечением требуемой надежности, долговечности и экологической безопасности. Приведен анализ явлений технической наследственности, с помощью которого можно определить причины, вызывающие отклонения выходных параметров трубова арматуры в процессе ее изготовления или ремонта. Доказано, что основной особенностью технологической наследственности является перенос определенного технологического свойства от предшествующей технологической операции к последующим, характеризуемый коэффициентом передачи технологической наследственности. Выявлено непереносимое условие монотонности изменения коэффициента передачи технологической наследственности с целью обеспечения требуемого качества изготовления или ремонта трубова арматуры. Предложено к использованию экономический принцип прогнозирования качества изготовления или ремонта изделий, найдена зависимость между исходными и выходными технологическими свойствами трубова арматуры, выбран маршрут достижения требуемого качества ее изготовления или ремонта, включая заготовительные и финишные технологические операции.

**Ключевые слова:** газотранспортные системы; технологическая наследственность; трубова арматура; элемент; надежность; долговечность; экологическая безопасность.

© В. Г. Котух, Н. И. Капцова, Д. Ф. Донський, К. М. Палєєва, 2021

**ASSESSMENT OF THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL HEREDITY ON INDICATORS OF RELIABILITY, DURABILITY AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF ELEMENTS OF GAS TRANSMISSION SYSTEMS**

Modern gas transmission systems are power facilities based on a main pipeline, which is a continuous pipe, along which devices are placed that provide gas pumping at predetermined parameters. Unlike other linear structures, such as roads, railways, the main pipeline throughout the entire period of operation is in a complex stress state under the influence of the internal pressure of the pumped product and functions as a pressure vessel. The operational reliability, durability and environmental safety of gas transmission systems are ensured by various control devices and pipe fittings. The article discusses issues related to predicting the operation of pipe fittings during the operation of the gas transmission system, while ensuring the required reliability, durability and environmental safety. An analysis of the phenomena of technical heredity is given, with the help of which it is possible to determine the causes of deviations in the output parameters of pipe fittings in the process of their manufacture or repair. It has been proved that the main feature of technological heredity is the transfer of a certain technological property from the previous technological operation to subsequent ones, characterized by the transfer coefficient of technological heredity. An indispensable condition for the monotonicity of changes in the transmission coefficient of technological heredity in order to ensure the required quality of manufacture or repair of pipe fittings is revealed. The economic principle of predicting the quality of manufacturing or repair of products is proposed for use, a relationship is found between the initial and output technological properties of pipe fittings, a route is chosen to achieve the required quality of its manufacture or repair, including procurement and finishing technological operations.

**Key words:** gas transmission systems; technological heredity; pipe fittings; element; reliability; durability; environmental safety.

**Вступ**

Головним завданням екологічної політики підприємств нафтогазової галузі є забезпечення ефективного функціонування, що включає в себе і зменшення екологічних ризиків у процесі виробничої діяльності. Вирішення проблем, що пов'язані з охороною навколишнього середовища та покращення якості його соціальної складової, завжди є актуальним [1].

На території України експлуатується велика кількість магістральних трубопроводів загальною довжиною понад 42000 км. Значна частина магістральних газопроводів експлуатується понад 30 років і потребує відновлювального ремонту. Класичний метод ремонту, що передбачає зупинку трубопроводу з подальшою заміною його дефектної ділянки, вимагає значних фінансових витрат і пов'язаний з вимушеним простоем трубопроводу та екологічними порушеннями [2]. Однією з причин виходу з ладу магістральних трубопроводів є технологічна спадковість трубної арматури.

Технологічна спадковість – це галузь наукових і практичних знань, яка дозволяє дати відповіді на питання про перенесення властивостей елемента газотранспортної системи від попередніх технологічних операцій к наступним під час його виготовлення або ремонту. Це пов'язано з тим, що надійність, довговічність та екологічна безпека таких елементів, які працюють в умовах тертя, обумовлена збільшенням їх зносостійкості за рахунок використання конструкторських, технологічних засобів, а також вибором матеріалів технологічного призначення. Досвід ремонтно-механічних підприємств нафтогазової галузі показує,

що технологічна спадковість проявляється, насамперед, у вигляді зміни структури, напруженого стану поверхневого шару основного матеріалу під час обробки елементів газотранспортних систем, а також мікро- та макроеконометрії їх поверхонь, що труться. Експериментальні дослідження, що проводяться на різних типах таких елементів, дають підставу стверджувати, що провідне місце в порушенні їх експлуатаційної надійності, довговічності й екологічної безпеки фінішних технологічних операцій [3, 8].

**Аналіз існуючих газотранспортних систем і проблем надійності їх конструктивних елементів**

Сучасні газотранспортні системи – це трубопроводи із різними конструктивними елементами, а також споруди на них, призначені для транспортування газоподібних матеріалів від місць їх виробництва до місць переробки або споживання [4, 6]. Основу газотранспортної системи складає магістральний трубопровід – споруда лінійного типу, яка є безперервною трубою, вздовж якої розміщені споруди, які забезпечують перекачування транспортованого продукту при заздалегідь заданих параметрах (тиску, температурі, пропускній здатності тощо). На відміну від інших лінійних споруд, таких як автодороги, залізні дороги, магістральний трубопровід протягом усього строку експлуатації знаходиться в складному напруженому стані під дією внутрішнього тиску перекачуваного продукту та працює як посудина високого тиску.

Трубопроводи для видобування й транспортування газу поділяються на чотири групи:

- промислові трубопроводи;
- технологічні трубопроводи;

- магістральні трубопроводи;
- розподільчі трубопроводи.

Промислові трубопроводи прокладаються від свердловин до установок підготовки газу (газового конденсату). Вони служать для збирання продуктів свердловин та їх транспортування на установки комплексної підготовки газу (УКПГ), а також для подавання очищеного газу під великим тиском в нафтові свердловини.

Технологічні трубопроводи прокладаються на території УКПГ та призначені для з'єднання між собою технологічного обладнання, на якому здійснюється очищення газу від механічних домішок, води й інших компонентів.

Магістральні трубопроводи призначені для подальшого транспортування підготовленого на промислових спорудах газу (газового конденсату). Крім того, магістральний трубопровід прокладається від газоперероблювальних заводів до районів їх споживання.

Розподільчі трубопроводи прокладаються від магістральних трубопроводів до місць безпосереднього споживання газу [3, 4, 6].

До складу будь-якого трубопроводу газотранспортної системи входять різні елементи, в тому числі пристрої, призначені для керування потоками газу, який транспортується по трубопроводах. Основними вимогами, які висуваються до трубної арматури є тривалий строк служби, надійність, довговічність, екологічна безпека. Відповідно до умов роботи до них також висуваються додаткові вимоги: міцність, герметичність, вибухобезпечність, корозійна стійкість. Необхідна міцність арматури диктується робочим тиском в трубопроводі [3, 5, 7].

#### **Постановка задачі**

Аналіз показує, що газотранспортна системи, яка на перший погляд здається простою, легко піддається інженерним розрахункам, а її елементи, у тому числі трубну арматуру, її поведінку в період експлуатації, спрогнозувати надзвичайно складно. Стосовно трубної арматури в плані прогнозування роботи всієї газотранспортної системи особливий інтерес представляє питання вимірювання точності розмірів, форми поверхонь, що труться, їх взаємного розташування, а також фізико-хімічних параметрів: міцності, зносостійкості, екологічної безпеки. Також, за допомогою відхилення вихідних параметрів трубної арматури, які пов'язані з послідовністю виготовлення деталей або вузлів трубної арматури. Одночасно можна кількісно оцінити вихідні параметри трубної арматури та надати прогноз на поведінку на стадії проектування або

відпрацювання технологічного процесу виготовлення або ремонту.

Основними завданнями даної статті є аналіз особливостей газотранспортних систем, визначення місця конструктивних елементів, у тому числі трубної арматури в таких системах, теоретичне обґрунтування аспектів формування її надійності та зниження витрат на технічне обслуговування та ремонт, а також вплив технологічної спадковості на показники довговічності та екологічної безпеки елементів газотранспортних систем [3, 7, 9].

#### **Викладення основного матеріалу**

Досвід ремонтно-механічних підприємств нафтогазової галузі показує, що особливу роль у розвитку прискореного зносу конструктивних елементів газотранспортних систем, у тому числі трубної арматури, належить фінішним технологічним операціям з урахуванням доводочно-притиральних сумішей. Окрім того, велике значення для підтримки строків служби конструктивних елементів на необхідному технологічному рівні, а також їх надійність, довговічність та екологічна безпека мають сучасні регламентні роботи та частота увімкнень (вимкнень) таких елементів у складі газотранспортної системи. Фактори, які викликають прискорені зноси елементів газотранспортних систем наведені на рисунку 1 [10, 11].

Необхідно зазначити також, що зносостійкість пар трубної арматури, що труться, залежить від сил тертя та визначається умовами роботи її деталей, якістю матеріалу, характером обробки та складання. Практика експлуатації газотранспортної систем показує, що ці зноси є небезпечними й виникають в результаті тривалого періоду їх експлуатації. Так, наприклад, прискорений знос від тертя ковзання залежить від багатьох факторів й часто виникає на поверхнях деталей та вузлів трубної арматури, що труться, зазвичай, під дією технологічної спадковості.

Конструктивні й технологічні заходи, що проводяться на ремонтно-монтажних підприємствах нафтогазової галузі дозволяють знизити знос пар трубної арматури, що труться, але попередити його надзвичайно складно. Це пояснюється тим, що газотранспортні системи працюють в складних експлуатаційних умовах під дією негативних факторів, у тому числі, явищ технологічної спадковості. Доказано, що основною особливістю технологічної спадковості є перенесення певної технологічної властивості від попередньої технологічної операції до наступних, а також кількісний її бік характеризується коефіцієнтом передачі технологічної спадковості. Тому вибір технологічного маршруту відпрацювання деталей та вузлів

трубно́ї арматури тісно пов'язаний із визначенням цих коефіцієнтів передачі на усіх операціях технологічного процесу їх виготовлення або ремонту.

Незмінність властивостей оброблюваного виробу характеризується значенням коефіцієнта передачі технологічної спадковості  $K = 1$ , що означає не тільки повний перенос технологічних властивостей, але й зберігає їх у готовому виробі (рис. 2). Аналіз наведених на рис. 2 графічних залежностей показує, насамперед, прямопропорційну залежність між розмірами виробничих допусків виконуваних операцій технологічного процесу виготовлення або ремонту трубно́ї арматури й шорсткості оброблювальних поверхонь. Окрім того, на формування технологічної спадковості оброблюваної деталі трубно́ї арматури здійснюють вплив варіанти зміни коефіцієнтів передачі технологічної спадковості [10, 11, 12].

Якщо на ремонтно-механічному підприємстві проектування технологічного процесу виготовлення або ремонту трубно́ї арматури виконується з урахуванням явищ технологічної спадковості, то безперечною умовою є монотонність вимірювань коефіцієнта передачі технологічної спадковості. Так, наприклад, негативна властивість, яка може виникнути, наприклад на технологічній операції № 1, повинно планомірно ліквідувати, причому на усіх операціях  $K > 1$ . Позитивна ж властивість повинна не тільки зберігатись, але й розвиватись, чому відповідає умова постійного зменшення коефіцієнта передачі технологічної спадковості на усіх операціях технологічного процесу виготовлення або ремонту трубно́ї арматури [6, 10, 14].

У більшості випадків з урахуванням технологічної спадковості необхідно мати справу з негативними властивостями технологічного процесу. Тому найбільш сприятливим є такий технологічний процес виготовлення або ремонту деталі, за якого негативна технологічна властивість не може виникнути або за умови її виникнення. Актуальним є питання про з'ясування закономірності зміни значень коефіцієнта передачі технологічної спадковості в ході усього технологічного процесу виготовлення або ремонту трубно́ї арматури [12, 13].

Для вирішення поставленої задачі застосуємо економічний принцип прогнозування якості виготовлення або ремонту трубно́ї арматури, в результаті чого буде знайдена функція  $x_{n+1} = f(x_n)$ , тобто залежність вихідних  $x_n$  та вихідних  $x_{(n+1)}$  технологічних властивостей трубно́ї арматури. Під час розробки технологічного процесу виготовлення або ремонту трубно́ї арматури пропонується використовувати наступ-

ну умову, за якою негативна технологічна властивість  $x_1$  в технологічній операції № 1 трансформується в позитивну властивість  $x_2$ , якщо  $K_1 > 1$ . Так як відома залежність вагомості значень  $x_{(n+1)}$ , що досягаються, куди входять припустимі відхилення форми й розмірів деталі, шорсткість поверхні під час проведення технологічної операції, наприклад,  $x_2$  з вартістю  $S_2$ , тоді технологічна операція  $x_3$ , яка повинна бути виконана з вартістю  $S_3$ , стає залежною від раніше виконаної технологічної операції  $x_2$ . Далі вихідна властивість технологічної операції  $x_3$ , отримана після виконання операції  $x_2$  дає можливість прогнозування вартості виконання наступних технологічних операцій.



Рисунок 1 – Фактори, що викликають прискорення зносу

Характер зростання вартості технологічного процесу виготовлення або ремонту трубно́ї арматури визначається збільшенням складності роботи, що проводиться, збільшенням часу обробки, застосуванням дорогого технологічного обладнання, оснащення, інструменту та допоміжних матеріалів. Зв'язок вхідних і вихідних параметрів технологічних операцій в результаті реалізації процесу виготовлення або ремонту трубно́ї арматури показана стрілками на рисунку 3 [6, 8, 12].

Досвід ремонтно-механічних підприємств нафтогазової галузі показує, що будь-яку технологічну операцію в процесі виготовлення або ремонту трубно́ї арматури з вихідною властивістю оброблюваної деталі  $x_n$  можна проводити на базі отриманої закономір-

ності, яка дозволяє визначити коефіцієнти передачі технологічної спадковості  $K$ , з досягненням вихідної властивості  $x_{(n+1)}$ .

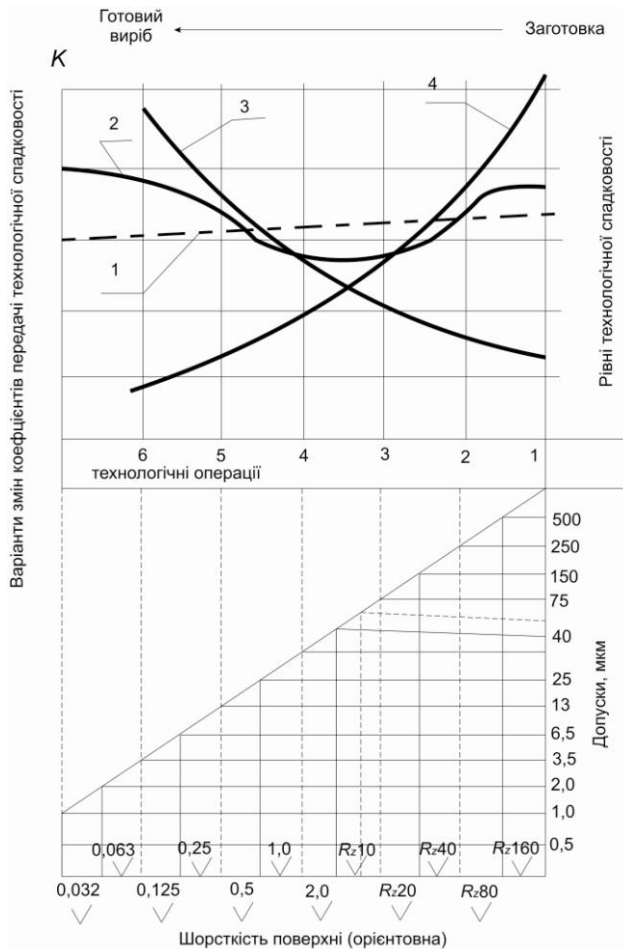


Рисунок 2 – Формування технологічної спадковості:

1 – незмінність властивостей; 2 – нестабільність властивостей; 3 – монотонність властивостей; 4 – постійна зміна властивостей (величини) технологічної спадковості

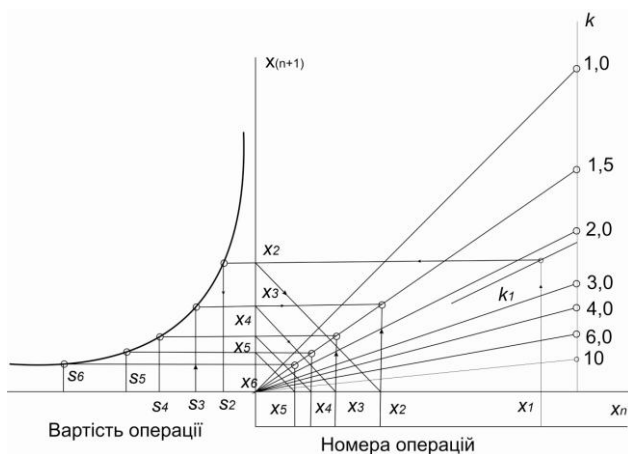


Рисунок 3 – Ілюстрація до вигідного вибору значень коефіцієнта передачі технологічної спадковості

Аналіз вибору значень коефіцієнтів передачі технологічної спадковості  $K$ , наведений на рисунку 3, показує, що на початкових технологічних операціях виготовлення або ремонту трубної арматури робіт проводиться з відносно великими значеннями коефіцієнта передачі  $K$ , а на фінішних – з малими. Ця концепція відповідає економічному положенню про доцільність ліквідації негативних властивостей на початкових технологічних операціях, вартість яких значно нижче вартості фінішних. Порушення цієї закономірності тягне за собою зниження якості виготовлення бо ремонту трубної арматури. Шукана функція, яка описує зв'язок технологічних операцій процесу виготовлення або ремонту трубної арматури, що проводяться послідовно, можуть бути представлені у вигляді:

$$x_{n+1} = ax_n^b, \tag{1}$$

де  $a, b$  – емпіричні коефіцієнти, які залежать від технологічного процесу виготовлення або ремонту трубної арматури (обладнання, оснащення, інструмент, матеріал).

Відомо, що

$$x_{n+1} = \frac{1}{K} x_n. \tag{2}$$

Тоді

$$K = \frac{x_n^{1-b}}{a}. \tag{3}$$

Досвід ремонтно-механічних підприємств нафтогазової галузі показує, що будь-яку технологічну операцію в процесі виготовлення або ремонту трубної арматури з вихідною властивістю оброблювальної деталі  $x_n$  можна проводити на базі отриманої закономірності, яка дозволяє визначити коефіцієнти передачі технологічної спадковості  $K$ , із досягненням вихідної властивості  $x_{(n+1)}$ .

**Висновки**

1. Технологічна спадковість – це галузь наукових та практичних знань, яка дозволяє дати відповіді на питання про перенос властивостей елемента газотранспортної системи, в тому числі трубної арматури, від попередніх технологічних операцій до наступних під час його виготовлення або ремонту.

2. У складі газотранспортної системи входить трубна арматура, призначена для керування потоками газу, що транспортується по трубопроводах.

3. До трубної арматури, поведінку якої в період експлуатації у складі газотранспортної системи спрогнозувати доволі складно, висувають високі вимоги, у тому числі надійності, довговічності та екологічної безпеки.

4. Аналіз явищ технологічної спадковості дозволяє визначити причини, що викликають відхилення вихідних параметрів трубної арматури, які пов'язані з послідовністю виготовлення її деталей та вузлів.

5. Основною особливістю технологічної послідовності є перенесення певної властивості деталі трубної арматури від попередньої технологічної операції виготовлення або ремонту до наступних, причому кількісний бік характеризується коефіцієнтом передачі технологічної спадковості  $K$ .

6. Якщо на ремонтно-механічному підприємстві проектування технологічного процесу виготовлення або ремонту трубної арматури виконується з урахуванням явищ технологічної спадковості, то обов'язковою умовою забезпечення якості є монотонність зміни коефіцієнта передачі технологічної спадковості  $K$ .

7. Для вирішення цієї задачі може застосовуватися економічний принцип прогнозування якості виготовлення або ремонту трубної арматури, в результаті якого отримана залежність вхідних та вихідних технологічних властивостей деталей трубної арматури від коефіцієнта передачі технологічної спадковості.

#### Список літератури

- Кривенко Г. М. Аналіз викидів парникових газів у атмосферне повітря об'єктами нафтогазового комплексу. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (ІФНТУНГ). 2020. № 2(22). С. 48-57.
- Матвієнків О. М., Циганчук В. В., Мельник А. Я. Ремонт поверхневих дефектів на діючих трубопроводах mig/mag зварюванням в імпульсному режимі. *Вісник ВПІ*. Вінниця. 2020. Вип. 2. с. 82–88.
- Бородавкін П. П. *Подземные магистральные трубопроводы*. Москва: Недра, 1982. 384 с.
- Бунчук В. А. *Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа*. Москва: Недра, 1977. 366 с.
- Беляева В. Я. и др. *Нефтегазовое строительство : учебное пособие*. Москва: Омега-Л, 2005. 774 с.
- Капцов І. І. *Технологія ремонту газового обладнання: монографія*. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 231 с.
- Капцов І. І., Котух В. Г., Капцова Н. І., Палєєва К. М., Мартиненко С. О. До питання ефективності використання трубної арматури транспортних трубопровідних систем за техніко-економічним критерієм. *Комунальне господарство міст*, 2018. № 142. с. 32–39.
- Ящерицын П. И., Рыжов Э. В., Аверченков В. И. *Технологическая наследственность в машиностроении*. Минск: Наука и техника, 1977. 256 с.
- Ящерицын П. И., Белкин М. Я., Колот В. А. и др. Повышение качества нежестких деталей на финишных операциях. *Вестник машиностроения*, 1990. № 9. с. 60–92.
- Ящерицын П. И., Скоринин Ю. В. *Работоспособность узлов трения машин*. Минск: Наука и техника, 1984. 288 с.
- Рижов Е. В., Суслов А. Г., Федоров В. П. *Технологічне забезпечення експлуатаційних властивостей деталей машин*. Москва: Машинобудування, 1979. 176 с.
- Масловський В. В. Технологическая наследственность и ее влияние на надежность и долговечность трубной арматуры транспортных энергетических систем. *Комунальное хозяйство городов: науч. техн. сб.* Киев: Техника, 2009. Вип. 88. с. 180-185.
- Дольский А. М. *Технологическое обеспечение надежности высокопрочных деталей машин*. Москва: Машиностроение, 1975. 223 с.
- Дехтярський Л. В. Деякі теоретичні питання технології ремонту машин. Київ: Вища школа, 1970. 195 с.

#### References (transliterated)

- Krivenko G. M. Analysis of greenhouse gas emissions into the atmosphere by oil and gas facilities. *Environmental security and balanced resource use*. Ivano-Frankivsk: Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (IFNTUNG). 2020. № 2 (22). Pp. 48-57.
- Matvienko OM, Tsyganchuk VV, Melnyk A. Ya. Repair of surface defects on existing mig / mag pipelines by pulse welding. *Bulletin of VPI*. Vinnitsa. 2020. Vip. 2. p. 82–88.
- Borodavkin P. P. *Underground trunk pipelines*. Moscow: Nedra, 1982. 384 p.
- Bunchuk V. A. *Transport and storage of oil, oil products and gas*. Moscow: Nedra, 1977. 366 p.
- Belyaeva V. Ya. et al. *Oil and gas construction: a tutorial*. Moscow: Omega-L, 2005. 774 p.
- Kapsov I. I. *Gas repair technology: monograph*. Kharkiv: KhNUMG im. O. M. Beketova, 2016. 231 p.
- Kapsov I. I., Kotukh V. G., Kapsova N. I., Paleyeva K. M., Martynenko Ye. O. Efficiency of pipe fittings using for pipeline transportation system according to the technological and economic criterion. *Mist communal statehood*, 2018. No. 142. p. 32–39.
- Yasheritsyn P. I., Ryzhov E. V., Averchenkov V. I. *Technological heredity in mechanical engineering*. Minsk: Science and Technology, 1977. 256 p.
- Yasheritsyn P. I., Belkin M. Ya., Kolot V. A. et al. Improving the quality of non-rigid parts at finishing operations. *Bulletin of mechanical engineering*, 1990. No. 9. p. 60–92.
- Yasheritsyn PI, Skorinin Yu. V. *Efficiency of friction units of machines*. Minsk: Science and Technology, 1984. 288 p.
- Rizhov E. V., Suslov A. G., Fedorov V. P. *Tekhnologichne securing the exploitation power of machine parts*. Moscow: Mashinobuduvannya, 1979. 176 p.
- Maslovsky V. V. Technological heredity and its influence on the reliability and durability of pipe fittings of transport energy systems. *Communal services of cities: scientific. tech. Sat*. Kiev: Technics, 2009. Bin. 88. p. 180-185.
- Dolskiy A. M. Technological support for the reliability of high-precision machine parts. Moscow: Mechanical Engineering, 1975. 223 p.
- Dekhtyarskiy L. V. *Deyaki theoretical nutrition technology repair of machines*. Kiev: Vishcha school, 1970. 195 p.

Надійшла (received) 29.09.2021

---

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Котух Володимир Григорійович (Котух Владимир Григорьевич, Kotukh Volodymyr Hryhoriiovych)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри нафтогазової інженерії і технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6679-8620>; e-mail: Volodimir.Kotuh@kname.edu.ua

**Капцова Наталія Іванівна (Капцова Наталья Ивановна, Kartsova Natalia Ivanivna)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри нафтогазової інженерії і технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7588-8292>; e-mail: nataliia.kartsova@kname.edu.ua

**Донський Дмитро Федорович (Донской Дмитрий Федорович, Donskoy Dmitry Fedorovich)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський Політехнічний Інститут», м. Харків; e-mail- [dfdonsky@gmail.com](mailto:dfdonsky@gmail.com), Orcid code 0000-0003-3546-6110 конт.тел.+380-95-810- 4536

**Палєєва Катерина Миколаївна (Палеева Екатерина Николаевна, Paleyeva Kateryna Mykolayivna)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри нафтогазової інженерії і технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7588-8292>; e-mail: KAT.81P@gmail.com.