

УДК 662.6

**БЕЗПЕКА ДАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ГАЗУ****<sup>1</sup>Бунько Т.В., <sup>2</sup>Сафонов В.В., <sup>3</sup>Стрежекуров Е.Є., <sup>2</sup>Мацук З.М.**<sup>1</sup>Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, <sup>2</sup>Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури»,<sup>3</sup>Дніпровський державний технічний університет**БЕЗОПАСНОСТЬ ДАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ГАЗА****<sup>1</sup>Бунько Т.В., <sup>2</sup>Сафонов В.В., <sup>3</sup>Стрежекуров Э.Е., <sup>2</sup>Мацук З.Н.**<sup>1</sup>Институт геотехнической механики им. Н. С. Полякова НАН Украины, <sup>2</sup>Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»,<sup>3</sup>Днепропетровский государственный технический университет**SAFETY OF GAS LONG-DISTANCE TRANSPORT****<sup>1</sup>Bunko T.V., <sup>2</sup>Safonov V.V., <sup>3</sup>Strezhekurov E.Ye., <sup>2</sup>Matsuk Z. N.**<sup>1</sup>Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine, <sup>2</sup>State Higher Educational Institution «Pridneprovsk State Academy of Building and Architecture», <sup>3</sup>Dniprovsk State Technical University

**Анотація.** Одним з невирішених питань експлуатації об'єктів магістрального транспортування газу є забезпечення їх промислової безпеки. Охарактеризовано небезпечні фактори, що виникають під час магістрального транспорту газу і визначаються сукупністю небезпечних виробничих факторів, які виникають у процесі перекачування. Більшість магістральних газопроводів (МГ) відпрацювала свій амортизаційний термін та розрахунковий ресурс, що за умов відсутності стратегічно обґрунтованих капіталовкладень прискорює їх деградацію, тобто сприяє пониженню ряду фізико-механічних та електрохімічних характеристик, що визначають працездатність сталей як основного несучого елемента конструкції. Питання зниження негативного впливу цих факторів регламентовано рядом нормативних документів, але дотепер загальна оцінка стану безпеки МГ в Україні відсутня. Пропонується застосувати у нормативному плані прийнятий за кордоном перехід від обмежуючих і забороняючих вимог до цільових, якими є показники надійності. Важливим є питання подовження терміну безпечної експлуатації магістральних трубопроводів. Актуальною є розробка відповідних нормативних документів, вимоги і положення яких повинні бути обов'язковими для всіх суб'єктів господарювання, що експлуатують і обслуговують МГ, а також для суб'єктів господарювання, які займаються обстеженням та контролем технічного стану об'єктів МГ. Запропоновано послідовність заходів щодо вирішення цих питань, яка дозволить оптимізувати витрати на обстеження та відновлення МГ за критеріями економічної доцільності, коли вартість реалізації компенсаційно-реабілітаційних заходів щодо зменшення ризику не перевищує вартості нового будівництва та наслідків ймовірності аварії і/або відмови при збільшенні ризику. Отримані результати дозволять оптимізувати витрати держави, або оператора газотранспортної системи на обстеження та відновлення МГ за критеріями економічної доцільності, коли вартість реалізації компенсаційно-реабілітаційних заходів по зменшенню ризику не перевищує вартості нового будівництва та наслідків ймовірної аварії і/або відмови при збільшеному ризику.

**Ключові слова :** безпека, газ, транспортування, магістральні газопроводи, нормативні документи.

У Законі України “Про охорону праці” [2] сказано, що умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, повинні відповідати вимогам промислової безпеки та законодавства. Промислова безпека (ДСТУ 2293) - безпека від аварій на виробничих об'єктах і наслідків цих аварій.

Одним з невирішених питань експлуатації об'єктів магістрального транспортування газу є забезпечення їх промислової безпеки.

Небезпека об'єктів магістрального транспорту газу визначається сукупністю

небезпечних виробничих факторів які виникають у процесі перекачування і небезпечних властивостей середовища яке транспортується.

До небезпечних виробничих факторів слід віднести:

- а) руйнування об'єкта або його елементів, що супроводжується розлітанням осколків металу і ґрунту;
- б) загоряння газу, що транспортується при руйнуванні об'єкта, відкритий вогонь і термічний вплив пожежі;
- в) вибух газоповітряної суміші його надлишковий тиск;
- г) руйнування і пошкодження будівель, споруд, устаткування;
- д) знижена концентрація кисню;
- е) задимлення, токсичність продукції і продуктів згоряння.

Єдина Газотранспортна система України характеризується високим рівнем моральної та фізичної зношеності технологічного обладнання.

Більшість магістральних газопроводів (МГ) відпрацювала свій амортизаційний термін та розрахунковий ресурс, що за умов відсутності стратегічно обґрунтованих капіталовкладень прискорює їх деградацію, тобто сприяє пониженню ряду фізико-механічних та електрохімічних характеристик, які визначають працездатність сталей як основного несучого елемента конструкції. Жорсткі умови експлуатації - тривала взаємодія напруженого металу з корозійно-агресивними середовищами, циклічні зміни тиску та коливання температури - ще більше пришвидшують процес деградації трубної сталі та зварних з'єднань.

Окрім корозійно-механічної природи, дефекти труб підземної частини МГ мають і біологічну складову, яка полягає в руйнуванні захисного ізоляційного покриття під дією ґрунтових мікроорганізмів. Сьогодні біологічний чинник корозійних процесів трубопроводів, доля якого перевищує 70 % від загальної кількості виявлених випадків, набуває особливої ваги. Як наслідок, сталь різко кришиться, в ній утворюються різного роду дефекти (в тому числі і тріщини подібні) які згодом спричиняють руйнування трубопроводу його розгерметизацію.

Крім того, труби, з яких будувались МГ за часів СРСР, мали суттєві недоліки, недосконалою була й технологія виробництва труб та технологія будівництва МГ. Трубні сталі мали відносно невисоку міцність, форма і геометрія труб іноді змушувала будівельників збирати та зварювати труби з великою різницею в діаметрі. Низька якість рентгенівських плівок та недостовірність результатів інших приладових методів неруйнівного контролю, що застосовувалась при контролі зварних стиків трубопроводів, не дозволяла визначити значну кількість дефектів, ще на етапі будівництва МГ. В ході інтенсивного будівництва були суттєво (у порівнянні з сьогоdnішніми вимогами) зменшені обсяги необхідного радіографічного контролю. Газопроводи, що вводилися в експлуатацію у радянські часи (в період інтенсифікованої перекачки газу) часто не були оснащені системами телемеханіки, а запірна арматура (через її дефіцит) встановлювалась зі збільшеним у порівнянні до вимог будівельних норм кроком. Контроль зварних з'єднань того часу, який

поступово проводиться в останні роки, показує, що багато з них за сучасними нормами мали суттєві дефекти. Тому останнім часом понад 40 % відмов магістральних трубопроводів пов'язано з руйнуванням зварних з'єднань. Сприяє цьому їх макро- і мікронеоднорідність за хімічним складом, структурою та механічними властивостями, а також циклічні навантаження. Загалом близько 80% від загальної кількості аварій (відмов) на МГ, що призвели до розгерметизації трубопроводів, як наслідок до викидів газу, вибухів та факельного горіння, сталося через дефекти зварних з'єднань та корозію металу інші 20% аварій сталися через дефекти, закладені під час виконання будівельних робіт, а також через сторонні механічні втручання.

Таким чином, особливо актуальною науково-технічною проблемою сьогодення стає забезпечення безпечної експлуатації МГ України, розробка та застосування сучасних методів технічного діагностування, розробка та застосування методів евакуації газу з порожнини магістральних газопроводів, що підлягають ремонту, розроблення ефективних методів оцінки працездатності матеріалів, які витримують довготривалу експлуатацію та циклічні навантаження (напруження), оновлення (приведення до вимог європейських стандартів) методів оцінки залишкового ресурсу (залишкової міцності) трубопроводів, розроблення Державного стандарту України з питань продовження терміну безпечної експлуатації трубопроводів.

### **Основні засади державної політики щодо функціонування газотранспортної системи України, дослідження і публікації, сучасні погляди на проблему, труднощі та невирішені питання.**

Основні засади реалізації державної політики щодо функціонування газотранспортної системи України, підтримання її в належному технічному стані та забезпечення надійності та безпечного функціонування визначені Конституцією України [1], Законом України "Про трубопровідний транспорт".[4]., Законом України "Про нафту і газ" [5], Законом України "Про ринок природного газу" [6], Законом України " Про правовий режим земель охоронних зон об'єктів магістральних трубопроводів" [7], Законом України "Про регулювання містобудівної діяльності" [9], Законом України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" [3], "Кодексом газотранспортної системи" (з1378-15), «Правилами безпечної експлуатації магістральних газопроводів» (zareestrovano: Мін'юст України від 19.04.2010 № 292/17587), "Правилами постачання природного газу" та Енергетичною стратегією України на період до 2030 року, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. N 145 (1452006р), Державними будівельними нормами та Державними стандартами України.

Закони України «Про охорону праці» [2], «Про трубопровідний транспорт» [4], «Про будівельні норми» [8], «Про об'єкти підвищеної небезпеки» [3] та «Правила безпечної експлуатації магістральних газопроводів» декларують:

а) повну відповідальності оператору газотранспортної системи України за безпечний та справний технічний стан МГ;

б) неможливість застосування будь-якого обладнання на об'єктах магістральних газопроводів, якщо воно не відповідає вимогам безпеки та не передбачене проектним рішенням;

в) обов'язковість дотримання вимог нормативно-правових актів з охорони праці та промислової безпеки і будівельних норм під час проектування об'єктів трубопровідного транспорту;

г) заборону експлуатації та заборону фінансування будівництва та реконструкції виробничих об'єктів МГ без отримання результатів їх обстежень та експертизи проектів.

Державна політика України в галузі охорони праці, серед іншого, базується на принципах:

а) пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці [2];

б) підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці [2].

До тепер загальна оцінка стану безпеки МГ в Україні відсутня, існує лише практика оцінки небезпеки дефектів магістральних газопроводів. Експертно-технічні центри та експлуатуючі організації досі користуються нормами, які регламентують якість виготовлення труб, або нормами допуску дефектів під час будівництва трубопроводів. Такі документи жодним чином не пов'язані з реальним станом конструкційних матеріалів МГ і рівнем навантаженості конструкції. На етапі експлуатації використання таких документів призводить до прийняття не обґрунтованих рішень щодо обирання виду ремонту МГ та, як наслідок, появи невиправданих затрат на ремонтні роботи.

Сучасна всесвітня філософія регулювання і забезпечення безпеки при експлуатації МГ як об'єктів підвищеної небезпеки заснована на використанні ризик-інформованих підходів. Головним напрямком теорії і практики забезпечення безпечної експлуатації МГ є рішення комплексу питань щодо мінімізації ризиків.

Сьогодні Україна немає цілісно відпрацьованої методології застосування ризик-інформованих підходів взагалі, в тому числі для МГ, що обумовлює актуальність усіх майбутніх досліджень в області оцінювання ризиків при прийнятті рішень з забезпечення безпеки об'єктів МГ.

Аналіз сучасних тенденцій в галузі забезпечення надійності високонавантажених конструкцій свідчить про те, що в розвинутих країнах світу впроваджується принципово новий підхід до забезпечення безаварійної експлуатації об'єктів і трубопровідного транспорту зокрема [14]. Методологія, що покладена в його основу, отримала назву «Система управління безпекою».

«Системи управління безпекою» [13], є основою регламентування процедур оцінки технічного стану і довговічності конструкцій, так звані норми «Придатності до експлуатації» (fitness-for-service) чи «Придатності за призначенням» (fitness-for-purpose). Вона визначає структуру та усі елементи

безпеки трубопроводів на всіх етапах експлуатації, так звана система «Планування-Виконання-Перевірка-Прийняття рішення» (Plan Do Check-Act).

Окрім цього існують інші не менш важливі стандарти, які регламентують процедуру оцінки технічного стану і довговічності конструкцій МГ, так звані норми «Придатності до експлуатації» (fitness-for-service) [11] чи «Придатності за призначенням» (fitness-for-purpose) [13].

«Система управління безпекою» є не тільки засобом підвищення безпеки, подовження ресурсу, покращення виробничої культури і взаємозв'язку операторів газотранспортної системи і суспільства, але основною ланкою ланцюга засобів щодо оптимізації видатків на діагностування і ремонт МГ.

Починаючи з 2007 року у закордонних документах все частіше декларується перехід від обмежуючих і забороняючих вимог до цільових (goalsetting), якими є показники надійності.

Майже єдиним реалізованим намаганням України у площині стандартизації, на Державному рівні, підходу до визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів є Державний стандарт України ДСТУ-Н Б В.2.3-21-2008 «Настанова. Визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів з дефектами». Однак ДСТУ-Н Б В.2.3-21-2008 не націлений на визначення ризиків хоча і має значно ширші межі застосування у порівнянні з ВБН В.2.3-00018201.04-2000 «Розрахунки на міцність діючих магістральних трубопроводів з дефектами». ДСТУ-Н Б В.2.3-21-2008 безумовно сприяє більш якісній оцінці залишкової міцності дефектомістких ділянок магістральних трубопроводів, але без його постійної актуалізації та без впровадження на Державному рівні «Системи управління цілісністю трубопроводів» або тотожної системи цей стандарт залишається лише однією з методичних ланок неіснуючої системи.

На додаток до вище викладеного слід зазначити що загальними проблемними питаннями в Україні є стійка, необґрунтована, тенденція до зменшення обсягу фінансування капітальних, поточних та планових ремонтів МГ, скорочення виробничого персоналу оператором газотранспортної системи та суттєве зменшення ролі держави у питаннях нагляду.

Внаслідок недостатнього обсягу інвестицій, несвоєчасності проведення регламентних робіт, погіршується технічний стан об'єктів газотранспортної системи, збільшуються питомі та непродуктивні витрати матеріальних та енергетичних ресурсів.

Невирішене питання в нормативній площі України, якому присвячена ця стаття, є відсутність Державного стандарту який би регламентував процедуру подовження терміну безпечної експлуатації магістральних газопроводів.

**Деякі питання подовження терміну безпечної експлуатації магістральних газопроводів.**

На пізній стадії експлуатації магістральних газопроводів з ряду особливо актуальних науково-технічних та правових проблем особо виділяються проблеми відсутності в Україні Закону України «Про промислову безпеку»

[10] та Державного стандарту з питань продовження терміну безпечної експлуатації магістральних газопроводів.

Закон України «Про промислову безпеку» в конче необхідний для того щоб визначити правові, економічні та соціальні основи забезпечення безпечної експлуатації небезпечних виробничих об'єктів, він повинен бути спрямований на попередження аварій і забезпечення готовності суб'єктів господарювання які експлуатують небезпечні виробничі об'єкти до локалізації та ліквідації наслідків зазначених аварій.

Стандарт необхідно розробити та впровадити з метою реалізації вимог, встановлених Законами України «Про охорону праці» [2], «Про об'єкти підвищеної небезпеки» [3], «Про трубопровідний транспорт» [4].

Розробка стандарту продиктована необхідністю встановлення загальних вимог до порядку оцінки технічного стану, довговічності МГ та порядку продовження терміну їх безпечної експлуатації в рамках вивчення питання їх промислової безпеки на основі наявних в Україні та світі нормативних документів, розрахунково-експериментальних і діагностичних досліджень в області надійності і ресурсу трубопроводів.

Цим стандартом повинно бути встановлено порядок продовження терміну безпечної експлуатації магістральних газопроводів.

Дія цього стандарту повинна поширюватись на магістральні газопроводи, які відпрацювали свій амортизаційний термін. Цей стандарт повинен також мати можливість використовуватися при оцінці технічного стану та працездатності діючих магістральних газопроводів в межах амортизаційного терміну, а також у межах терміну встановленого в нормативної, конструкторської та експлуатаційної документації.

Вимоги і положення цього стандарту повинні бути обов'язковими для всіх суб'єктів господарювання, що експлуатують і обслуговують магістральні газопроводи, а також для суб'єктів господарювання, які займаються обстеженням та контролем технічного стану об'єктів МГ.

Вимоги і положення цього стандарту повинні бути простими у користуванні під час прийняття рішень, встановлювати зрозумілі і прийнятні коефіцієнти запасу і не вимагати від оператора поглибленого розуміння критеріїв та механізмів руйнування.

### **Загальні вимоги, які відображають порядок продовження терміну безпечної експлуатації магістральних газопроводів.**

Порядок обстеження і аналізу технічного стану магістрального газопроводу для прийняття рішення щодо продовження терміну його безпечної експлуатації газопроводів повинен передбачати комплекс організаційних і інженерно-технічних заходів за такими основними напрямками:

а) експертна оцінка МГ, вивчення його проектної, конструкторської, експлуатаційної, ремонтної документації, декларації безпеки, паспорта МГ, інструкцій, стандартів, технологічних регламентів, актів випробувань, сертифікатів,

розрахунків залишкової міцності, зразків матеріалів та реальних умов його експлуатації;

б) приладове і інструментальне обстеження та діагностика МГ, оцінка його фактичного положення і технічного стану;

в) розрахунково-експериментальна оцінка міцності і надійності газопроводу;

г) вивчення та аналіз результатів діагностичних обстежень;

д) визначення залишкового ресурсу газопроводу з прийняттям рішень про його подальшу безпечну експлуатацію;

е) визначення необхідності та обсягу додаткових робіт для продовження терміну безпечної експлуатації газопроводу.

Процес оцінки залишкового ресурсу МГ як об'єкта підвищеної небезпеки та збільшення строку його безпечної експлуатації повинен включати таку послідовність основних заходів:

а) операції дослідження пошкоджень (дефектів) на ділянках МГ;

б) виявлення та систематизація домінуючих видів пошкоджень (дефектів), що суттєво впливають на ресурс експлуатації окремих ділянок МГ;

в) визначення характеристик конструкційних матеріалів, які в найбільшій мірі впливають на розвиток домінуючих видів пошкоджень;

г) дослідження впливу зовнішніх факторів (зсув ґрунтів, повені, землетруси тощо) на зміну параметрів вузлів та систем об'єкту які впливають на можливість виникнення і розвитку пошкоджень (дефектів) МГ;

д) відображення результатів досліджень у технічній документації МГ;

е) дослідження ймовірності виникнення аварій або відмова безпечної роботи від кожного виду пошкоджень;

ж) визначення ризику як добутку ймовірності виникнення аварій або відмова безпечної роботи устаткування та їх наслідків;

и) співставлення отриманих значень ризиків з допустимими у відповідності з чинними критеріями;

і) обчислення можливих втрат від наслідків ймовірних аварій і/або відмов від кожного виду пошкоджень;

к) підготовку плану компенсаційно-реабілітаційних заходів, реалізація яких дозволить оператору газотранспортної системи підготувати декларацію безпеки і одержати від контролюючого органу дозвіл на подальшу експлуатацію об'єктів МГ, або продовжити термін експлуатації МГ у випадку, коли встановлений раніше нормативний (амортизаційний, граничний) строк його експлуатації вичерпаний.

Вищезазначена послідовність заходів дозволить оптимізувати витрати держави, або оператора газотранспортної системи на обстеження та відновлення МГ за критеріями економічної доцільності, коли вартість реалізації компенсаційно-реабілітаційних заходів по зменшенню ризику не перевищує вартості нового будівництва та наслідків ймовірної аварії і/або відмови при збільшеному ризику.

## Висновок

Вищезазначена послідовність заходів дозволить оптимізувати витрати держави, або оператора газотранспортної системи на обстеження та відновлення МГ за критеріями економічної доцільності, коли вартість реалізації компенсаційно-реабілітаційних заходів по зменшенню ризику не перевищує вартості нового будівництва та наслідків ймовірної аварії і/або відмови при збільшеному ризику.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Конституція України / Відомості Верховної Ради. – 1996. - № 30. – Ст. 141.
2. Закон України «Про охорону праці» / Відомості Верховної Ради. – 2002. - № 49. – Ст. 669.
3. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» / Відомості Верховної Ради. – 2001. - № 15. – Ст. 73.
4. Закон України «Про трубопровідний транспорт» / Відомості Верховної Ради. – 1996. - № 29. – Ст. 139.
5. Закон України «Про нафту і газ» / Відомості Верховної Ради. – 2001. - № 50. – Ст. 262.
6. Закон України «Про ринок природного газу» / Відомості Верховної Ради. – 2015. - № 27. – Ст. 234.
7. Закон України «Про правовий режим земель охоронних зон об'єктів магістральних трубопроводів» / Відомості Верховної Ради. – 2011. - № 37. – Ст. 371.
8. Закон України «Про будівельні норми» / Відомості Верховної Ради. – 2010. - № 5. – Ст. 41.
9. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» / Відомості Верховної Ради. – 2011. - № 34. – Ст. 343.
10. Проект Закону України «Про промислову безпеку»: №2201 від 03.2008р.
11. API RP 579-1/ASME FFS-1 Придатність до експлуатації. – 2016.
12. API RP 1173/PSMS Система управління безпекою трубопроводів. – 2018.
13. API 579 FFP Придатність за призначенням. – 2007.
14. M.S. Attia, M.M. Megahed, M. Ammar Darwish, S.Sundram, Assessment of corrosion damage acceptance criteria in API579-ASME/1 code. – 2014.

### REFERENCES

1. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (1996), *Konstitutsiya Ukrainy*, [Constitution of Ukraine], Kyiv, UA.
2. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (2002), *Zakon Ukrainy «Pro okhoronu pratsi»*, [The Law of Ukraine "On labor protection"], Kyiv, UA.
3. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (2001), *Zakon Ukrainy «Pro ob'yekty pidvyshchenoyi nebezpeky»*, [The Law of Ukraine "On Hazardous Objects"], Kyiv, UA.
4. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (1996), *Zakon Ukrainy «Pro truboprovodnyy transport»*, [The Law of Ukraine "On Pipeline Transport"], Kyiv, UA.
5. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (2001), *Zakon Ukrainy «Pro naftu i haz»*, [The Law of Ukraine on oil and gas], Kyiv, UA.
6. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (2015), *Zakon Ukrainy «Pro rynek pryrodnoho hazu»*, [The Law of Ukraine "On the natural gas market"], Kyiv, UA.
7. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (2011), *Zakon Ukrainy Pro pravovyy rezhym zemel' okhoronnykh zon ob'yektiv mahistral'nykh truboprovodiv*, [The Law of Ukraine "On the legal regime of lands of protected areas of main pipelines"], Kyiv, UA.
8. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (2010), *Zakon Ukrainy «Pro budivel'ni normy»*, [The Law of Ukraine "On building codes"], Kyiv, UA.
9. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (2011), *Zakon Ukrainy «Pro rehulyuvannya mistobudivnoyi diyal'nosti»*, [The Law of Ukraine "On regulation of urban development activities"], Kyiv, UA.
10. Vidomosti Verkhovnoyi Rady (2011), *Proekt Zakonu Ukrainy «Pro promyslovu bezpeku»*, [The Draft Law of Ukraine «On Industrial Safety»], Kyiv, UA.
11. API RP 579-1/ASME FFS-1 Fitness for Service. – 2016. USA.
12. API RP 1173/PSMS Pipeline Safety Management Systems. – 2018. USA.
13. API 579 FFP Fitness for purpose. – 2007. USA.
14. M.S. Attia, M.M. Megahed, M. Ammar Darwish, S.Sundram, Assessment of corrosion damage acceptance criteria in API579-ASME/1 code. – 2014. CH.

### Про авторів

**Бунько Тетяна Вікторівна**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу проблем розробки родовищ на великих глибинах Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ, НАНУ), Дніпро, Україна, [bunko2017@ukr.net](mailto:bunko2017@ukr.net)

**Сафонов Володимир Васильович**, кандидат технічних наук, професор кафедри безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури» (ДВНЗ «ПДАБА»), Дніпро, Україна, [safonov@ua.fm](mailto:safonov@ua.fm)



**Стрежекуров Едуард Євгенович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри електротехнології і електромеханіки, Дніпровський державний технічний університет (ДДТУ), Кам'янське, Україна, [strejekyrov@ukr.net](mailto:strejekyrov@ukr.net)

**Мацук Захар Миколайович**, аспірант кафедри безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури» (ДВНЗ «ПДАБА»), Дніпро, Україна, [m.zahar@i.ua](mailto:m.zahar@i.ua)

#### About the authors

**Bunko Tetyana Viktorivna**, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher, Department of Problems of Depositing at Large Departments of the I Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnipro, Ukraine, [bunko2017@ukr.net](mailto:bunko2017@ukr.net)

**Safonov Vladimir Vasilevich**, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Professor of the Department of Vital Activity Safety, State Higher Educational Institution «Pridneprovsk State Academy of Building and Architecture» (SHEI «PSABA»), Dnipro, Ukraine, [safonov@ua.fm](mailto:safonov@ua.fm)

**Strezhukurov Eduard Yevgenovich**, Ph.D., Associate Professor of the Department of Electrotechnology and Electromechanics, Dniprovsk State Technical University (DDTU), Kamianske, Ukraine, [strejekyrov@ukr.net](mailto:strejekyrov@ukr.net)

**Matsuk Zakhar Nikolayevich**, Doctoral Student of the Department of Vital Activity Safety, State Higher Educational Institution «Pridneprovsk State Academy of Building and Architecture» (SHEI «PSABA»), Dnipro, Ukraine, [m.zahar@i.ua](mailto:m.zahar@i.ua)

**Аннотация.** Одним из нерешенных вопросов эксплуатации объектов магистральной транспортировки газа является обеспечение ее промышленной безопасности. Охарактеризованы опасные факторы, возникающие в процессе магистрального транспорта газа, определяемые совокупностью опасных производственных факторов, возникающих в процессе перекачивания и опасных свойств транспортируемой среды. Большинство магистральных газопроводов (МГ) отработали свой амортизационный срок и расчетный ресурс, что при условии отсутствия стратегически обоснованных капиталовложений ускоряет их деградацию, т.е. способствует снижению ряда физико-механических и электрохимических характеристик, определяющих трудоспособность сталей как основного несущего элемента конструкции. Вопросы снижения негативного влияния этих факторов регламентированы рядом нормативных документов, но до сих пор общая оценка состояния безопасности магистральных газопроводов в Украине отсутствует. Предлагается применение в нормативном плане принятого за рубежом перехода от ограничивающих и запрещающих требований к целевым, которыми являются показатели надежности. Важным является вопрос продолжения срока безопасной эксплуатации МГ. Актуальна разработка соответствующих нормативных документов, требования и положения которых должны быть обязательными для всех субъектов хозяйствования, эксплуатирующих и обслуживающих МГ, а также для субъектов хозяйствования, занимающихся обследованием и контролем технического состояния объектов МГ. Предложена последовательность мер, направленных на решение этих вопросов, которая позволит оптимизировать затраты на обследование и восстановление МГ по критериям экономической целесообразности, когда стоимость реализации компенсационно-реабилитационных мер по снижению риска не превышает стоимости нового строительства и последствий вероятной аварии и/или отказа при увеличении риска.

Полученные результаты позволят оптимизировать расходы государства или оператора газотранспортной системы на обследование и возобновление работы МГ по критериям экономической целесообразности, когда стоимость реализации компенсационно-реабилитационных мероприятий по уменьшению риска не превышает стоимости нового строительства и последствий вероятной аварии и/или отказа при увеличенном риске.

**Ключевые слова:** безопасность, газ, транспортировка, магистральные газопроводы, нормативные документы.

**Annotation.** One of open questions of exploitation objects of the main transporting of gas is providing of its industrial safety. Dangerous factors arising up in the process of gas transportation through the main pipeline and determined by aggregate of dangerous production factors occurred in the process of gas pumping and due to dangerous properties of the transported medium, are described. Service life and designed resource of most of Ukrainian main pipelines (MP) have been expired, and this fact, under condition of absence of strategically grounded capital investments, accelerates their degradation and some of their physical, mechanical and electrochemical properties, which determine serviceability of steels, i.e. the basic bearing elements of the whole construction. In Ukraine, reducing of these negative factors is regulated by a number of normative documents, but general assessment of the state of the main gas-pipelines safety has not been made yet. Therefore, in terms of normative documents, it is proposed to transit from limiting and forbidding requirements to the target ones assuming reliability factor, as it is accepted in other countries. The issue of making the MP safe service life much longer is of great importance. A strong business case also presents elaboration of proper normative documents, requirements and regulations of which should be obligatory for all subjects of economy, who exploit and maintain main gas pipelines, as well as for those who inspect and control technical state of the MP objects. The sequence of actions aimed at solving of these problems is proposed, which will optimize cost of the

MP inspection and renewal in accordance with criteria of financial viability, when cost of compensation and remedial actions for reducing the risks do not exceed costs of new object building and consequences of possible accidents and/or failures in case of the increased risk.

The got results will allow to optimize the charges of the state or operator of the gas-transport system on the inspection and renewal of the work of MP on the criteria of financial viability, when the cost of realization of compensative-rehabilitation measures on diminishment of risk does not exceed the cost of a new building and consequences of credible emergency and/or refusal at the increase of risk.

**Keywords:** safety, gas, transportation, main gas pipelines, normative documents.

*Стаття надійшла до редакції 6.04.2018.*

*Рекомендовано до друку д-ром техн. наук С.П. Міньєвим.*