

УДК 338.45

*І. В. Федорович,  
к. е. н, доцент кафедри організації праці і виробництва,  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

## НАДІЙНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЛІНІЙНОЇ ЧАСТИНИ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН АВАРІЙНОСТІ

RELIABILITY OF THE LINEAR PART OF GAS MAINS AND RESEARCH ON THE CAUSES OF ACCIDENTS

*Стаття присвячена дослідженню впливу чинників на аварійність лінійної частини магістральних газопроводів, з метою подальшого керування ними за допомогою ефективного процесу відтворення, що являється запорукою надійної експлуатації газотранспортної системи загалом. Вплив чинників аварійності досліджено на основі експертного методу. Це служить основою подальшого управління процесами відтворення, що дозволить збільшити термін експлуатації газопроводів.*

*To research the influence factors on accident line part of the pipeline, to further manage through effective reproduction process, which is the key to reliable operation of the transmission system as a whole. Impact factors of accidents investigated on the basis of expert method. This serves as the basis for further management of reproduction, which will increase the lifetime of pipelines.*

*Ключові слова: лінійна частина магістральних газопроводів, аварія, відмова, відтворення, надійність, втрати, ізоляційне покриття, термін експлуатації.*

*Key words: linear part of the gas pipeline, failure, rejection, reproduce, reliability, loss, insulation coating lifetime.*

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Наука про надійність вивчає закономірності зміни показників якості технічних пристроїв і систем та на основі цього розробляє методи, що забезпечують із найменшою затратою часу і засобів необхідну тривалість і безвідмовність їх роботи. Ця наука на підставі прогнозу поведінки системи розробляє теорію прийняття оптимальних рішень для забезпечення необхідного рівня надійності.

Специфічними особливостями питань надійності є:

- а) фактор часу, оскільки оцінюється зміна початкових параметрів у процесі експлуатації обладнання;
- б) прогнозування поведінки об'єкту з погляду збереження його вихідних параметрів (показників якості).

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питанням надійності експлуатації устаткування присвячені праці багатьох українських та зарубіжних вчених. Серед них Сухарев М.Б., Ставровський Е.Р., Карасевич А.М., Грудз В.Я., Тимків Д.Ф., Ковалко М.П., Гораль Л.Т., Дзьоба О.Г., Проніков А.С., Райншке К., Ушаков І.А., Кубарев І.А., Канарчук В.Є., Полянський С.К., Дмитрієв М.М., Беляєв М.С., Гнеденко Б.В., Соловйов А.Д. та ін.

Основним завданням статті є дослідження впливу чинників на аварійність лінійної частини магістральних газопроводів (далі ЛЧ МГ) з метою подальшого керування ними за допомогою ефективного процесу відтворення, що являється запорукою надійної експлуатації газотранспортної системи загалом.

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Надійність роботи системи газопостачання, її підсистем й об'єктів залежить від багатьох чинників, серед яких можна виділити такі:

- рівень надійності елементів устаткування, що входять до системи;
- рівень експлуатації й управління системою;
- склад вхідних у систему елементів і структура зв'язків між ними;
- обсяг і структура резервування.

Надійність і технологічні характеристики елементів цих систем (середній час аварійних і планових ремонтів, час очікування ремонтів, продуктивність елементів) багато в чому залежать від якості устаткування й рівня експлуатації систем.

Значення цих параметрів обмежуються досягнутим рівнем науково-технічного прогресу й економічною доцільністю додаткових витрат

на вдосконалювання техніки й технології виробництва.

Зазначені чинники можуть змінюватися як за рахунок раціональнішого використання й розподілу витрат на створення і розвиток системи, а також витрат на засоби резервування, так і за рахунок збільшення цих витрат. Тому проблема надійності — проблема техніко-економічна [1].

Плануючи ремонти, модернізацію та реконструкцію ЛЧ МГ важливо не допустити відмови та аварії на газопроводах, отже слід найбільшу увагу звертати на величину зношування лінійної частини. Але назначений ресурс не є остаточним обмеженням. Він може бути продовжений на основі результатів обстежень та діагностики технічного стану газопроводів. Тому необхідно враховувати:

- забезпечення планового обсягу транспортування природного газу;
- безпеку експлуатації ЛЧ МГ;
- зношування газопроводів.

Несправності, що впливають на надійність, призводять до відмов міцнісного характеру, що викликає, як правило, повторні руйнування елементів газопроводу. Несправності, що впливають на ефективність функціонування, відбиваються на вихідних показниках, наприклад, стосовно лінійної частини: продуктивність, коефіцієнт технічного стану.

Надійність ЛЧ МГ визначається сукупністю трьох основних властивостей: безвідмовністю, довговічністю і ремонтпридатністю.

Планування ремонтних робіт і технічного обслуговування повинно ґрунтуватися насамперед на урахуванні й оцінці даних, які отримують під час діагностування лінійної частини магістральних газопроводів. Контроль дозволяє виявляти й усувати неполадки та зводити до мінімуму витрати на ремонт.

Стабільність функціонування газотранспортної системи визначає матеріальна база, що включає парк газоперекачувальних агрегатів (ГПА) та лінійну частину магістральних газопроводів. Висока ефективність їх експлуатації та надійність роботи забезпечуються своєчасним та якісним технічним обслуговуванням та виконанням капітального ремонту в умовах спеціалізованих підприємств.

Основною функцією, що визначає надійність системи газопостачання, є безперебійність постачання споживачам газу потрібної якості. Вирішуючи завдання аналізу і оптимізації надійності, систему газопостачання і її підсистеми можна розглядати як однопродуктові об'єкти, оскільки газ тут складає основну частку відносно інших видів продукції газової промисловості.

Для систем газопостачання можна прийняти класифікацію завдань в області дослідження надійності, що складаються з п'яти основних класів, а саме: концептуальних, інформаційних, функціональних, нормативних та оптимізаційних.

Необхідно відзначити, що хоча відмови лінійної частини магістральних газопроводів виникають не так часто, як відмови ГПА, проте їх значущість при газопостачанні досить істотна. Передбачення відмов газопроводів і швидка ліквідація наслідків аварій особливо актуальні при експлуатації сучасних потужних магістральних газопроводів.

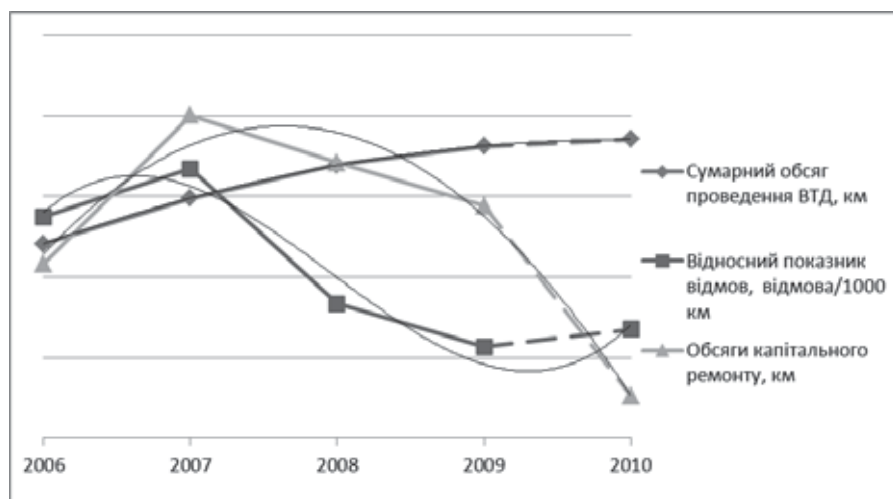
Зважаючи на те, що коефіцієнт надійності визначається параметрами його безвідмовності, довговічності, ремонтоздатності, а його аварійність, керованість, економічність — вибором технічних рішень і засобів, то рівень контрольованості стану магістральних газопроводів визначається через критерії ефективності процесу діагностування технічного стану газопроводів [2, ст. 810].

На основі результатів такого обстеження планується проведення ремонтів та реконструкції газопроводів за потребою. Однак, відсутність матеріальних ресурсів та неможливість проходження пропускового діагностичного поршня в тілі труби на окремих ділянках газотранспортної системи часто стають основними причинами, які унеможливають проведення ефективного процесу діагностування.

У теперішній час важливим завданням є вирішення завдання оптимізації діагностичних та ремонтних робіт на магістральних газопроводах. З однієї сторони, це визначається потребами надійності постачання газу, а з іншої — необхідністю мінімізації витрат на ремонт та діагностику, величина яких зростає із збільшенням терміну експлуатації. Процес діагностування магістральних газопроводів є доволі складним організаційно-технічним заходом, який потребує значних капіталовкладень. Для того, щоб спрогнозувати подальший розвиток дефектних місць газопроводу до часу виникнення аварійної ситуації, необхідно враховувати величину втрат при її виникненні.

Нами була проведена статистична обробка даних про дефекти газопроводів на основі внутрішньотрубної діагностики. На рис. 1 наведена динаміка впливу обсягів ремонтних робіт та ВТД на кількість відмов на газопроводах ДК "Укртрансгаз".

З рисунку видно, що відносний показник відмов та обсяги капітального ремонту не мають чітко вираженої тенденції, що обумовлено кризовою ситуацією в економіці, зменшенням обсягів транспортування природного газу



**Рис. 1. Динаміка відмов газопроводів залежно від обсягів капітального ремонту і внутрішньотрубної діагностики**

та зміною цінової політики на послуги НАК "Нафтогаз України". Проте, проведення внутрішньотрубної діагностики відбувається згідно планів компанії, і як бачимо, обсяги робіт щороку зростають. Відповідно можемо зробити прогноз даного показника на майбутній період. Рівень достовірності апроксимації підтверджується тим, що  $R^2=0,944$ . Прогнозування зміни інших наведених показників буде проведено, оскільки їх значення залежить від обсягів проведення ВТД, обсягів фінансування та реального стану газопроводу, це відповідно потребує глибокого вивчення та аналізу.

Аварії та відмови на лінійній частині магістральних газопроводів призводять до значних втрат газу, витрат, пов'язаних з проведенням ліквідаційних та ремонтно-відновних робіт та недопоставок газу. Середньорічні втрати газу при аваріях становлять 240,1 млн м<sup>3</sup> при загальному обсязі заміни труб у 5031 пог. м. Сумарний річний час простою газопроводів у ході ліквідації аварій становить 3554 години [3, ст. 225].

Досліджуючи аварійність на газопроводах, видно, що основною причиною (54%) виникнення аварій та відмов на магістральних газопроводах є корозія металу труби. Сьогодні впровадження протикорозійних заходів є ключовим щодо забезпечення надійності та довговічності експлуатації магістральних газопроводів.

Однією із основних характеристик, яка визначає стратегію фінансування ремонту ЛЧ МГ, є фінансові втрати від аварій. Передбачення величини втрат на ділянці газопроводу при виникненні аварій визначає пріоритет у фінансуванні ремонту ділянки.

На основі статистичних відмов та аварій на ЛЧ МГ, а також на основі аналізу виникнення і розвитку дефектів труб нами було виявлено ряд чин-

ників, які спричиняють можливості виникнення аварій на магістральних газопроводах. Основними серед них є:

- 1) неякісне виконання робіт з будівництва газопроводу;
- 2) неякісне виконання ремонтного обслуговування;
- 3) пошкодженість та непридатність ізоляційного покриття газопроводу;
- 4) корозійне руйнування газопроводу;
- 5) природньо-географічне розташування та середовище пролягання газопроводів (деформації ґрунтів,

обвали, зсуви, розмивання газопроводів, солоність ґрунтів та ін.);

6) неякісне діагностування та очистка газопроводу;

7) низький рівень кваліфікації робітників-ремонтників, невідповідність інженерно-технічних працівників займаній посаді;

8) низький рівень озброєності технічними засобами;

9) невчасність та неправильність прийняття управлінських рішень щодо методів відновлення ЛЧ МГ;

10) заводський та механічний брак труби;

11) рівень захищеності газопроводу (неякісний електрохімічний захист тіла газопроводу, неякісне проведення електрометричних досліджень тощо).

У табл.1 наведено порядок розрахунку показників, за допомогою яких можна кількісно представити чинники, котрі впливають на виникнення відмов та аварій на лінійній частині магістральних газопроводів, знижуючи її надійність.

Для отримання необхідних оцінок чинників впливу на аварійність ЛЧ МГ нами було проведено експертне дослідження, в результаті якого отримано інформацію про те, що найбільшим вплив на аварійність мають наступні чинники:

— якість виконання робіт з будівництва газопроводів;

— якість ремонтного обслуговування;

— рівень придатності ізоляційного покриття газопроводу;

— рівень корозійного руйнування газопроводу;

— рівень кваліфікації робітників-ремонтників та інженерно-технічних працівників;

— рівень досконалості прийняття управлінських рішень щодо відновлення магістральних газопроводів.

**ВИСНОВКИ**

Загалом результати даного дослідження дозволяють прийти до наступних висновків:

— зниження ймовірності виникнення аварій на магістральних газопроводах за допомогою врегулювання найбільш впливових чинників є вагомим резервом підвищення надійності газотранспортної системи України;

— більшість проблемних питань, які можна регулювати вже сьогодні, полягають у покращенні придатності ізоляційного покриття газопроводів та його якості, що призведе до зменшення кількості корозійних руйнувань газопроводів; підвищенні якості ремонтного обслуговування; вдосконаленні прийняття управлінських рішень у процесі відновлення ЛЧМГ; забезпеченні належного рівня кваліфікації робітників-ремонтників та інженерно-технічних працівників; підвищенні рівня озброєності технічними засобами.

У зв'язку з такими висновками, першочерговими змінами в діяльності підприємств галузі повинні стати:

1) розвиток процесу відновлення ЛЧ МГ на основі проведення якісного капітального та поточного ремонтного обслуговування газопроводів шляхом інтенсивного впровадження у відновний процес вискоелективних технологій, новітніх методів та способів захисту газопроводів від корозії;

2) підвищення надійності ЛЧ МГ, якого можна досягнути на основі обов'язкового ефективного та інтелектовмотивованого процесу управління персоналом, пов'язаним з процесом відновлення ЛЧ МГ, що дозволить підвищити якість та ефективність відновних робіт.

Виявлені нами проблеми надійності газотранспортної системи України в сфері відновлення ЛЧ МГ та узагальнені на цій основі напрями їх вирішення мають підтвердити свою

**Таблиця 1. Чинники та показники їх виміру, що впливають на надійність лінійної частини магістральних газопроводів**

Чинник	Позначення	Алгоритм розрахунку показника
1	2	3
Якість виконання робіт з будівництва газопроводу	F <sub>1</sub>	Відношення обсягу робіт по будівництву газопроводу, проведених з дотриманням інструкцій та норм будівництва до загального обсягу робіт по будівництву газопроводу
Якість ремонтного обслуговування газопроводів	F <sub>2</sub>	Відношення обсягу ремонтних робіт, проведених з дотриманням вимог та норм до загального обсягу ремонтних робіт на газопроводах
Стан ізоляційного покриття газопроводу	F <sub>3</sub>	Відношення довжини газопроводів, покритих придатним ізоляційним покриттям до їх загальної довжини
Рівень корозійного руйнування газопроводу	F <sub>4</sub>	Відношення кількості дефектних корозійних уражень тіла труби до довжини газопроводу газопроводів
Природньо-географічне розташування та середовище пролягання газопроводу	F <sub>5</sub>	Глибина залягання газопроводу; Атмосферні умови (температура, вологість); Можливість деформації ґрунтів; Можливість нерівномірного зсідання ґрунтів; Можливість розмиву газопроводу в зв'язку з повінню, зміною русла річки
Рівень та якість діагностування і очистки газопроводу	F <sub>6</sub>	Відношення довжини газопроводів, що пройшли внутрішньотрубну діагностику та очистку до загальної довжини газопроводів
Рівень кваліфікації робітників-ремонтників та інженерно-технічних працівників	F <sub>7</sub>	Відношення чисельності інженерно-технічних працівників, які відповідають займаній посаді, згідно результатів атестації до чисельності працівників, які пройшли атестацію
Рівень озброєності технічними засобами	F <sub>8</sub>	Відношення кількості технічних засобів, які беруть участь у відновленні надійної роботи газопроводу до необхідної кількості технічних засобів
Рівень досконалості прийняття управлінських рішень щодо експлуатації та відновлення магістральних газопроводів	F <sub>9</sub>	Відношення кількості правильних та вчасно прийнятих управлінських рішень до загальної кількості управлінських рішень, пов'язаних з процесом експлуатації та відновлення газопроводів
Рівень браку труби	F <sub>10</sub>	Відношення обсягу використовуваної труби із заводським та механічним браком до загального обсягу використовуваної труби
Рівень захищеності газопроводів	F <sub>11</sub>	Відношення довжини газопроводів, захищених від корозії за допомогою електрохімічного захисту до загальної довжини газопроводів

дієвість та результативність у практичному застосуванні на підприємстві.

Зменшення фінансування поточних і капітальних ремонтів ЛЧ МГ, відхилення від нормативних показників щодо діагностування технічного стану, невчасне проведення відновних робіт, низька їх якість призводить до аварій на ЛЧ МГ, які збільшують фінансові витрати підприємства.

**Література:**

1. Телегин А.Г., Плахов А.Ю. Совершенство систем организации ремонтного обслуживания сосредоточенных объектов транспорта газа. — М.: ВНИИЭгазпром — 1987. — 27 с.

2. Мазур И.И., Иванцов О.М. Безопасность трубопроводных систем. / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. — М.: ИЦ "Елима", 2004. — 1104 с.

3. Обслуговування і ремонт газопроводів / [Грудз В.Я., Тимків Д.Ф., Михалків В.Б., Костів В.В.]. — Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2009. — 711 с.

Стаття надійшла до редакції 31.01.2013 р.