

УДК 622.691.4

Г. С. Ратушняк, канд. техн. наук, проф.; О. І. Ободянська, асп.

МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКОМ НА ГАЗОВИХ МЕРЕЖАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІЙ НАЛЕЖНОСТІ ЛІНГВІСТИЧНИХ ЗМІННИХ МЕТОДОМ ПАРЕТО

Виконано математичне моделювання управління ризиком на газових мережах з використанням функцій належності лінгвістичних змінних методом Парето, що дозволяє вибрати оптимальні проекти з оцінки технічного стану мережі та підвищує її надійність за рахунок визначення актуальних загроз. Проаналізовано отримані результати і встановлено, що найвпливовішим фактором на технічний стан газових мереж є стан металу газопроводу, тому він має розглядатися в першу чергу.

Вступ

Магістральні газопроводи України характеризуються наявністю майже 15 тис. км трубопроводів діаметром 1020...1420 мм. Більшість із них експлуатуються до 30 років і майже половина працює менше 15 років. На 79 компресорних станціях газотранспортної системи України працює 708 газоперекачувальних агрегатів. Близько третини агрегатів вже виробили свій моторесурс [1]. Протяжність розподільчих газопроводів на Вінниччині зросла з 15,6 км у 1955 р. до 12518,8 км (2279,5 км — місто, 13173,1 км — село) у 2010 р. Рівень газифікації складає 53,4 % [2]. Однією із причин низької надійності газових мереж є відсутність надійного комплексного інструмента з управління ризиком на них. Відомі методи оцінки ризиків аварій на газових мережах не дозволяють оцінити негативні впливи на мережу в цілому, тому що параметри надійності елементів газових мереж відсутні або мають велику невизначеність, так як характеризуються сукупністю кількісних та якісних показників, тому розроблення методології моделювання проблемних питань управління ризиком на газових мережах та визначення напрямків їх запобігання є надзвичайно актуальним [3–5].

Постановка задачі

Методи управління надійністю і безпекою газових мереж характеризуються плановим, повторювальним і науково обґрунтованим способами реалізації певних завдань. Одним із методів аналізу та управління ризиком в складних і багатозв'язних системах є метод Парето, який полягає в класифікації проблем якості та управління ризиком на нечисленні, але суттєво важливі і численні, але несуттєві [6]. Він дозволяє розподілити зусилля експерта проекту з оцінювання й прогнозування технічного стану системи газопостачання і встановити основні фактори, з яких необхідно починати діяти з метою запобігання проблем, які виникають під час аварії в складних багатфакторних системах, якими є газові мережі. Етапи застосування методу Парето до аналізу управління ризиків на газових мережах показано на рис. 1.

Аналіз управління ризиком на газових мережах на основі методу Парето дозволяє вибирати оптимальні проекти з оцінки технічного стану мережі, які підвищать її надійність за рахунок виділення актуальних загроз. Таким чином збільшиться ефективність оцінювання і прогнозування технічного стану газових мереж, що буде гарантувати високий рівень надійності як самої мережі так і її елементів в цілому. Метод ґрунтується на використанні діаграми Парето — інструмента, що дозволяє виявити і відобразити проблеми, встановити основні фактори, з яких потрібно починати діяти, і розподілити зусилля з метою ефективного вирішення цих

проблем. У відповідності з правилом Парето, у технічних системах 20–30 % причин (факторів) відповідають приблизно за 70–80 % наслідків [6].

Аналіз управління ризиком на газових мережах за допомогою методу Парето дозволяє визначити пріоритети факторів впливу на технічний стан газових мереж, щоб першочергово ліквідувати негативну дію найвпливовіших факторів. Розроблення методу з управління ризиком на газових мережах з використанням функцій належності лінгвістичних змінних за допомогою методу Парето.

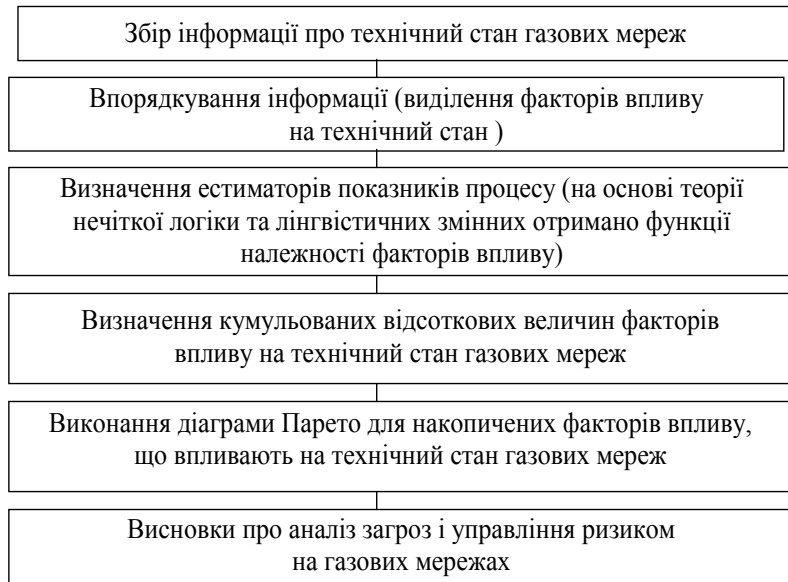


Рис. 1. Етапи аналізу управління ризиком на газових мережах за допомогою методу Парето

Результати дослідження

Для побудови діаграми Парето використано класифікацію проблем, що виникають — факторів впливу на технічний стан газових мереж за окремими чинниками [7]. Такими основними групами факторів є: науково-технічний рівень проектних рішень (x_1 — помилки у гідравлічних розрахунках, x_2 — помилки у динамічних розрахунках, x_3 — механічна надійність труб), якість будівельно-монтажних робіт (y_1 — механічні пошкодження під час транспортування та монтажу газопроводів, y_2 — якість зварних стиків, y_3 — стан антикорозійного ізоляційного покриття, y_4 — відхилення фактичних значень від проектних) та технічні умови експлуатації системи (z_1 — стан металу, z_2 — технічне зношення елементів, z_3 — технічний рівень обслуговуючого персоналу, z_4 — планово-запобіжні огляди і ремонти газопроводів) [7]. Оцінка значень лінгвістичних змінних, якими є фактори впливу на технічний стан системи газопостачання, проводиться за допомогою системи якісних термінів: Н — низька; нС — нижче середнього; С — середня; вС — вище середнього; В — висока. Кожний з цих термінів становить відповідну нечітку множину, тобто деяку властивість, яка розглядається як лінгвістичний терм. Після збору та аналізування інформації щодо кожного фактора впливу для проведення порівняння між ними з'ясовують, які з них переважають у створенні проблем. Для порівняльного аналізу використані функції належності лінгвістичних змінних факторів впливу на технічний стан газових мереж, які отримані методом знаходження «центра ваги» плоскої фігури під час перетворення нечіткої лінгвістичної інформації в чітку форму на основі теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних [8]. Для визначення функцій належності факторів впливу на технічний стан системи газопостачання, як лінгвістичних змінних використані дані експертних оцінок. Експертами виступали фахівці, які займаються проектування, будівництвом та експлуатацією газових мереж.

Усі зібрані дані факторів впливу на технічний стан газових мереж зведено в табл. 1, у порядку зменшення їх значень — функцій належності. В табл. 1 також наведено дані накопиченої суми функцій належності та накопиченого відсотку факторів впливу на технічний стан газових мереж. Для побудови стовпчикової діаграми Парето (рис. 2), яка наочно ілюструє кількість факторів впливу на технічний стан газових мереж, використано дані табл. Побудована діаграма дає можливість визначити ключові області і допомагає встановити пріоритети серед факторів впливу на технічний стан газових мереж. За даними накопичених факторів впливу побудовано кумулятивну криву (рис. 2). Для побудови графіка накреслено три основні осі (рис. 2). Горизонтальна вісь — для самих факторів впливу, вертикальна вісь ліворуч призначена для значень функцій належності факторів впливу, а вертикальна вісь справа —

для позначення відсотків, що характеризують частину в загальній сумі накопичених значень. Вертикальну вісь використовують для забезпечення інтерпретації діаграми за допомогою відсоткових співвідношень. За правилом Парето, у технічних системах 20 % факторів відповідають за 80 % наслідків. Тому проведено пунктирну пряму від 80 % процентної осі на лінію накопичених значень функцій належності для визначення факторів, які є найвпливовішими на технічний стан газових мереж. Діаграма, побудована за даними таблиці, показана на рис. 2.

Фактори впливу для аналізу управління ризиком в газових мережах та їх накопичені значення

№	Фактор впливу	Функція належності фактора впливу	Накопичена сума	Накопичений відсоток, %
1	Стан металу (z_1)	0,82	0,82	15,4
2	Помилки у динамічних розрахунках (x_2)	0,77	1,59	29,8
3	Стан антикорозійного ізоляційного покриття (y_3)	0,76	2,35	43,9
4	Механічні пошкодження при транспортуванні та монтажу газопроводу (y_1)	0,64	2,99	55,9
5	Помилки у гідравлічних розрахунках (x_1)	0,56	3,55	66,4
6	Технічний рівень обслуговуючого персоналу (z_3)	0,5	4,05	75,8
7	Якість зварних стиків (y_2)	0,42	4,47	83,7
8	Технічне зношення елементів (z_2)	0,42	4,89	91,6
9	Механічна надійність труб (x_3)	0,22	5,11	95,7
10	Відхилення фактичних значень від проектних (y_4)	0,12	5,23	98
11	Планово-запобіжні огляди і ремонти газопроводу (z_4)	0,11	5,34	100
Всього		5,34		

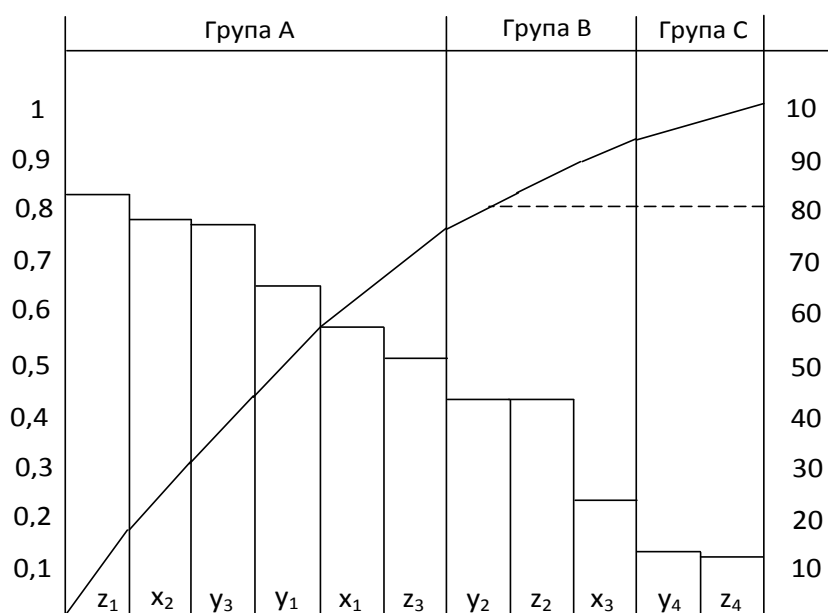


Рис. 2. Діаграма Парето накопичених факторів, що характеризують технічний стан газових мереж

Аналіз діаграми свідчить, що перші шість факторів — z_1 — стан металу, x_2 — помилки у динамічних розрахунках, y_3 — стан антикорозійного ізоляційного покриття, y_1 — механічні пошкодження при транспортуванні та монтажу газопроводів, x_1 — помилки у гідравлічних розрахунках, z_3 — технічний рівень обслуговуючого персоналу (кількість яких відповідає 55 % первинного списку з 11 категорій випадків (табл. 1)) виникли приблизно в 75 % випадках. Діаграма Парето в даному випадку показує ключові області і допомагає встановити пріоритети серед факторів впливу на технічний стан газових мереж. Крім того графік (рис. 2) уможливорює ієрархізацію факторів впливу на технічний стан системи газопоста-

чання, тобто показує який з факторів найбільше впливає на технічний стан системи газопостачання.

Концепція Парето полягає у поділі поля під діаграмою на три зони (групи А, В та С). На підставі цього використано метод АВС-аналізу в процесі управління проектом, в основі якого лежить правило Парето (принцип 80/20). Цей метод спрямований на виявлення найвпливовіших чинників, доцільність врахування яких є економічно та технічно виправданою. Його розглядають як інформаційну основу для прийняття керівних рішень, які потребують максимально точного визначення запасу надійності системи з подальшим управлінням ризиками [9].

Метод Парето з використанням АВС-аналізу для експлуатаційної практики управління ризиком та аналізу загроз на газових мережах застосовано для класифікації аварій, що виникають під час експлуатації газових мереж. Результати аналізу діаграми Парето дозволяють виділити групи факторів за їх суттєвістю, тобто в залежності від рівня впливу фактора на технічний стан системи газопостачання. Таким чином, надійність системи газопостачання зростає, оскільки буде відомо, які профілактичні захисні заходи необхідно провести для попередження аварійної ситуації на газових мережах.

Група А – найважливіші, суттєві фактори. Відносний відсоток групи А в загальній кількості факторів зазвичай від 60 до 80 %. В нашому випадку 75,8 %. Відповідно ліквідація причин групи А має найбільший пріоритет, а пов'язані з нею дії – найбільшу ефективність. Нехтування одним з факторів впливу на технічний стан газових мереж, що входить в групу А, може призвести до виникнення аварії стратегічного значення, які істотно впливають на функціонування системи газопостачання. Тому в першу чергу необхідно вжити профілактичні захисні заходи у поєднанні із засобами, які запобігатимуть або суттєво обмежуватимуть ризик аварії.

Група В – фактори впливу, які мають в сумі не більше 20 %. В нашому випадку 19,9 %. Як наслідок можуть виникнути аварії меншого рівня небезпеки, імовірність яких потрібно обмежувати в другу чергу.

Група С – найменш значущі фактори впливу. Аварії незначного рівня небезпеки, стосовно яких застосування коригувальних заходів є необґрунтованим з економічних причин і стихійного характеру, оскільки виникнення таких аварій «вписане» в функціонування системи, а наслідки негативного впливу мають обмежений діапазон.

З діаграми Парето накопичених факторів, що впливають на технічний стан системи газопостачання, впливає, що найвпливовішим фактором, що спричиняє виникнення аварійних ситуацій в газових мережах, є стан металу. Він є ключовим і підлягає розгляду в першу чергу. Під час експлуатації виробів з металів та їх сплавів (у випадку, що розглядається – сталеві газопроводи) доводиться враховувати їх руйнування під дією агресивного навколишнього середовища. Забезпечення надійної і безпечної роботи газових мереж і запобігання їх руйнуванню внаслідок корозії досягається за рахунок реалізації комплексу заходів, найважливішим з яких є активна протидія негативним процесам за допомогою електрохімічного захисту. Найпоширенішим способом електрохімічного захисту на протяжних ділянках газопроводів є встановлення по трасі через 7–10 км потужних установок катодного захисту з використанням глибинних анодних заземлень. Основною перевагою системи електрохімічного захисту, що включає глибинні анодні заземлення і потужні катодні станції, є оптимальні витрати на будівництво і підтримка працездатності засобів електрохімічного захисту шляхом управління можливими ризиками [10].

Висновки

Використання методів Парето та АВС-аналізу для моделювання управління ризиком на газових мережах дозволяють розподілити зусилля експерта проекту з оцінювання й прогнозування технічного стану газових мереж, встановити пріоритетність факторів та виявити заходи, які запобігають виникненню проблем під час аварії в складних багатфакторних газових мережах.

Моделювання управління ризиком на газових мережах з використанням функцій належності лінгвістичних змінних як факторів впливу на технічний стан системи газопостачання виконано на основі експертно-теоретичних даних методом Парето. Запропонований метод дозволить варіювати найсуттєвішими чинниками, які забезпечують захист від найвпливові-

ших факторів впливу, відкладаючи у часі менш впливові та підвищити надійність мережі, виділяючи актуальні загрози.

З діаграми, побудованої за методом Парето, випливає, що найвпливовішим фактором на технічний стан газових мереж та на виникнення аварійних ситуацій в них є стан металу газопроводу, тому він є ключовим фактором і підлягає розгляду в першу чергу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пасічник А. М. Перспективи розбудови нафтотранспортного коридору Європа—Азія—Близький Схід / А. М. Пасічник, С. С. Кравчук // Вісник АМСУ. — 2007. — № 1(33). — С. 67—70.
2. Ратушняк Г. С. / Розроблення моделі оцінювання технічного стану розподільчих газопроводів для створення муніципальної гіс підсистеми газопостачання / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободяньська // Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку. — Київ. — 2010. — № 4. — С. 234—237.
3. Повышение эффективности работы трубопроводных магистралей / [В. А. Иванов, Е. И. Яковлев, А. А. Пушкин и др]. — М. : ВНИИОЭНГ, 1993. — 510 с.
4. Сідак В. С. Інноваційні технології в діагностиці та експлуатації систем газопостачання / В. С. Сідак. — Харків : ХНАМГ, 2005. — 227 с. — ISBN 966-7097-98-6.
5. Сухарев М. Г. Технологический расчет и обеспечение надежности газо- и нефтепроводов / М. Г. Сухарев, А. М. Карасевич. — Москва, 2000. — 208 с.
6. Івакіна І. Стратегічний аналіз : підруч. для студ. вищ. навч. закладів / І. Івакіна. — Х. : Фактор, 2008. — 256 с.
7. Ратушняк Г. С. Моделювання надійності систем газопостачання на основі лінгвістичної інформації / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободяньська // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. — 2009. — № 6. — С. 97—103.
8. Ратушняк Г. С. Модель багатфакторної оцінки технічного стану системи газопостачання / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободяньська // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. — 2010. — № 1. — С. 125—131.
9. Нападовська Л. В. Управлінський облік : підруч. для студ. вищ. навч. закладів. / Л. В. Нападовська — К. : Книга, 2004. — 544 с.
10. Северинова Л. Н. Повышение эффективности защиты от коррозии газопроводов с применением точечно-распределенных анодных заземлений : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: 25.00.19 «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ» / Северинова Любовь Николаевна; Науч.-исслед. ин-т прир. газов и газовых техн. — Газпром ВНИИГАЗ. — Ухта, 2010. — 24 с.

Рекомендована кафедрою теплогазопостачання

Стаття надійшла до редакції 5.05.11
Рекомендована до друку 20.06.11

Ратушняк Георгій Сергійович — завідувач кафедри, **Ободяньська Ольга Ігорівна** — аспірантка.
Кафедра теплогазопостачання, Вінницький національний технічний університет, Вінниця