

Г. С. Ратушняк
О. І. Ободянська

МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДЗЕМНИХ СТАЛЕВИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Вінницький національний технічний університет

Наведено модель реалізації моніторингу з оцінювання технічного стану підземних сталевих газопроводів з використанням сучасних засобів математичного моделювання прийняття управлінських рішень, які базуються на теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних, що дозволяє враховувати кількісні та якісні збуджуючі параметри впливу на надійність технічного стану системи газопостачання. Для виявлення причинно-наслідкових зв'язків між випадковими подіями, які впливають на технічний стан газопроводів та лежать в основі проведення моніторингу використано ймовірнісний метод аналізу "дерева відмов" (Fault Tree Analysis). Моніторинговий контроль технічного стану зовнішніх підземних газових мереж дозволяє оперативно виявити характерні зміни й пошкодження на них, простежити інтенсивність руйнівних процесів та виявити реальний стан газопроводів та їхніх споруд.

Ключові слова: надійність, моніторинг, прийняття управлінських рішень, нечітка логіка.

Вступ. Постановка проблеми

В структурі паливно-енергетичного балансу України природний газ становить до 45%, за обсягом споживання газу країна посідає шосте місце в світі, а за обсягами імпорту природного газу – третє [1]. Технічний стан розподільних газопроводів і споруд на них є основним показником, який характеризує безпечну і надійну їх експлуатацію. В зв'язку з цим особливо важливим є визначення технічного стану розподільних газопроводів, амортизаційний термін яких закінчився та включені в план капітального ремонту, або на яких були витoki газу, розриви зварних стиків, корозійні пошкодження та які експлуатуються з тривалою перервою роботи електрозахисних установок [2, 3]. Попередження серйозних техногенних аварій і катастроф вимагає ведення систематичного моніторингу стану споруд зовнішніх газорозподільних мереж і створення проекту управління їх технічним станом, що є запорукою їх надійної експлуатації.

Моніторинг технічного стану підземних сталевих газопроводів, періодичний контроль й огляд їх стану дають можливість продовжувати експлуатацію їх ресурсу, як одного з основних інструментів забезпечення їх тривалої та безаварійної експлуатації. Важливим завданням під час моніторингу газопроводів є вибір методів дослідження, що дозволяють комплексно вирішувати поставлені завдання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням вирішення проблем реалізації моніторингу технічного стану зовнішніх підземних сталевих газових мереж для безпечної експлуатації газопроводів присвячено праці багатьох вчених. Так М. В. Беккер, досліджуючи технічний стан газових мереж, зауважив, що їх безпечна експлуатація можлива лише за умови наявності належного науково-технічного забезпечення. Він вважає, що проблема надійності підземних сталевих газопроводів повинна займати провідне місце в національній законодавчій базі [1]. В.В. Розгонюк в своїй роботі представив розроблену стратегію в загальному регламенті технічного обслуговування магістральних газопроводів, яка займає центральне місце, оскільки вона базується на проектних даних та даних технічної діагностики, а її кінцева спрямованість направлена на вироблення обґрунтованих рекомендацій стосовно необхідності проведення ремонтних робіт з визначенням їх термінів, об'ємів та видів [4]. Концепція проведення моніторингу технічного стану зовнішніх газопроводів та його реалізація на основі накопиченої та систематизованої інформації про їх фактичний стан з можливістю визначення залишкового ресурсу газопроводу, що є одним з чинників прийняття управлінських рішень наведена в [5].

Формулювання мети статті

Відсутність надійного комплексного інструменту з контролю технічного стану системи газопостачання потребує вирішення актуальної проблеми розробки методу оперативного диспетчерського моніторингу технічного стану газорозподільної системи з використанням сучасних засобів математичного моделювання. Вирішення цієї задачі можливе з використанням математичної моделі прийняття управлінських рішень, розробленої з використанням теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних, яка дозволяє враховувати кількісні та якісні збуджуючі параметри впливу на надійність технічного стану системи газопостачання [6, 7].

Основна частина

Відповідно до вимог технічного регламенту про безпеку мереж газорозподілу і газоспоживання при експлуатації підземних газопроводів повинен забезпечуватися моніторинг і усунення: витоків природного газу; пошкоджень ізоляційного покриття газопроводів та інших пошкоджень газопроводів; ушкоджень споруд, технічних і технологічних пристроїв мереж газорозподілу і газоспоживання; несправностей у роботі засобів електрохімічного захисту та трубопровідної арматури. Вимоги до моніторингу технічного стану газопроводів як виду регламентних робіт, які виконуються при їх експлуатації, конкретизовано правилами безпеки систем газопостачання України та порядком технічного огляду, обстеження, оцінки та паспортизації технічного стану, здійснення запобіжних заходів для безаварійного експлуатування систем газопостачання [8, 9]. До складу регламентних робіт з моніторингу технічного стану газопроводів (див. рис. 1), поряд з раніше виконаними відповідно до [8, 9] періодичними обходами, технічними обстеженнями за допомогою відповідних засобів, діагностикою технічного стану, введено оцінку технічного стану підземних сталевих газопроводів, що представляє собою математичну модель, яка базується на теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних. Основною метою оцінки технічного стану підземного газопроводу є прийняття рішення про його відповідність одному з трьох станів: працездатному, обмежено-працездатному або непрацездатному (граничному).

При працездатному стані газопроводу його подальша експлуатація продовжується до наступної процедури оцінки технічного стану (без проведення ремонту або з проведенням поточного ремонту). При обмежено-працездатному визначається необхідність і термін проведення технічного діагностування, за результатами якого встановлюється граничний термін подальшої експлуатації газопроводу. При граничному стані газопровід (ділянка газопроводу) призначається на капітальний ремонт (реконструкцію). На рис. 1 наведено відповідно до вимог [8, 9] послідовність етапів моніторингу, склад регламентних робіт з моніторингу, перелік виявлених при моніторингу факторів, комплексу експлуатаційної документації, які в сукупності націлені на отримання та систематизацію даних моніторингу для їх подальшого використання в якості вихідних даних для проведення оцінки технічного стану підземного сталевих газопроводу.

Для проведення оцінки технічного стану газових мереж з використанням математичної моделі, що базується на теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних, виконано класифікацію факторів, які отримують під час проведення моніторингу технічного стану підземних сталевих газопроводів. За результатами систематизації отриманих даних виявляються ієрархічні зв'язки факторів впливу на технічний стан газопроводів, які включають: науково-технічний рівень проектних рішень (помилки у гідравлічних розрахунках, помилки у динамічних розрахунках, механічна надійність труб), якість будівельно-монтажних робіт (механічні пошкодження при транспортуванні та монтажу газопроводів, якість зварних стиків, стан антикорозійного ізоляційного покриття, відхилення фактичних значень від проектних) та технічні умови експлуатації системи (стан металу, технічне зношення елементів, технічний рівень обслуговуючого персоналу, планово-запобіжні огляди і ремонти газопроводів) [10].

З метою покращення проведення моніторингу підземних газорозподільних мереж з врахуванням вище наведених факторів було використано метод оцінки ризику виникнення аварій в системах газопостачання на основі теорії надійності. Для виявлення причинно-наслідкових зв'язків між випадковими подіями, які впливають на надійність споруд зовнішніх газорозподільних мереж використано ймовірнісний метод аналізу “дерева відмов” (Fault Tree Analysis) [11]. Узагальнене дерево відмов дозволяє аналізувати й оцінювати ймовірність виникнення аварійних ситуацій на газових розподільних мережах, що допомагає передбачити основні засади та напрямки проведення моніторингу. Використання методу “дерева відмов”

дозволяє визначити фактори впливу на технічний стан газопроводів, які характеризуються найбільшим ризиком. Це в подальшому визначає напрямок розроблення експертно-аналітичних управлінських заходів з оцінки надійності підземних сталевих газопроводів. При проведенні моніторингу технічного стану підземних сталевих газових мереж для встановлення пріоритетності факторів впливу на виникнення аварій на їх спорудах використано методи Парето та ABC-аналізу [12]. Після використання даних методів виявлено, що найбільш впливовим фактором на технічний стан підземних газових розподільчих мереж та на виникнення аварійних ситуацій на них є стан металу газопроводу, тому він є ключовим фактором і підлягає розгляду в першу чергу. Окрім стану металу суттєвими факторами впливу, які необхідно враховувати при проведенні моніторингу та експертно-аналітичній оцінці надійності споруд зовнішньої газової мережі є помилки у динамічних розрахунках, стан антикорозійного ізоляційного покриття, механічні пошкодження при транспортуванні та монтажу газопроводів, помилки у гідравлічних розрахунках, технічний рівень обслуговуючого персоналу.



Рис. 1. Структура системи моніторингу технічного стану підземних сталевих газопроводів

Моніторинг технічного стану газопроводів буде об'єктивнішим в тому разі, коли він та експертно-аналітична оцінка споруд зовнішніх підземних газових розподільчих мереж будуть базуватися на встановлених за результатами систематизації даних ієрархічних зв'язках факторів впливу. Не врахування одного з факторів впливу на технічний стан газових мереж може призвести до виникнення аварії стратегічного значення, які істотно впливають на функціонування системи газопостачання.

За результатами проведеного моніторингу необхідно розробити організаційно-технологічні управлінські заходи та засоби, які запобігатимуть або суттєво обмежуватимуть ризик аварії на

спорудах зовнішніх газорозподільних мереж. Відповідно до запропонованої структурно-логічної моделі (рис. 2) не врахування результатів моніторингу стану газових мереж можуть бути причинами пошкодження споруд елементів системи газопостачання, та як наслідок виникнення пожеж та вибухів, виходу з ладу та знешкодження коштовного обладнання, травмування та загибелі людей.

Перспективи подальших досліджень

Розроблення і впровадження комплексного методу оцінки технічного стану системи газопостачання на основі нечіткої логіки та лінгвістичних змінних дозволить отримувати різносторонню і чітку картину про стан обраної споруди. Розвиток комплексного підходу в подальшому дасть можливість для створення настанов з оцінювання і прогнозування технічного стану системи газопостачання, що будуть містити обов'язкові норми та регламентовані положення з даного питання. Це дозволить пришвидшити строки проведення моніторингу, поліпшити якість і точність оцінювання, робити більш відповідні рішення в плануванні ремонтних робіт та утримання споруд систем газопостачання взагалі, визначити найбільш пріоритетні напрямки спрямування коштів та способів їх економії.

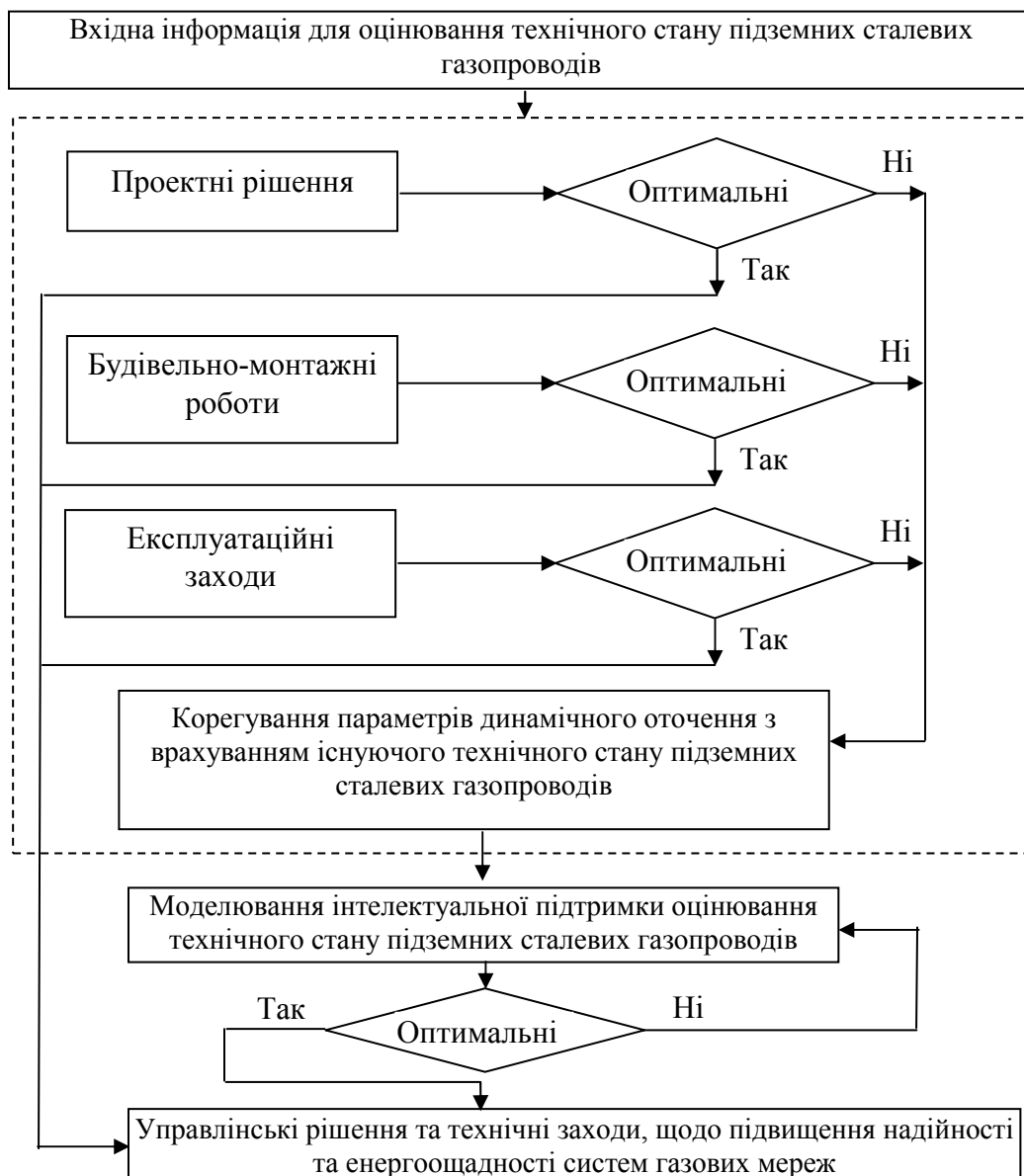


Рис.2. Структурно-логічна модель реалізації моніторингу з оцінювання технічного стану підземних сталевих газопроводів

Висновки

- Моніторинговий контроль технічного стану зовнішніх підземних газових мереж дозволяє оперативно виявити характерні зміни й пошкодження на них, простежити інтенсивність руйнівних процесів та виявити реальний стан газопроводів та їхніх споруд.
- Запропоновано до складу регламентних робіт з моніторингу технічного стану газопроводів ввести оцінку технічного стану підземних сталевих газопроводів з врахуванням збуджуючих кількісних та якісних факторів впливу, яка базується на теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних.
- Для виявлення причинно-наслідкових зв'язків між випадковими подіями, які приводять до аварій на газопроводах та оцінки ризику запропоновано використовувати ймовірнісний метод аналізу “дерева відмов” (Fault Tree Analysis).
- Пріоритетність факторів впливу та виділення показників надійності газової мережі виявлено за допомогою методів Парето та ABC-аналізу, що дозволить запобігти проблем, які виникають під час аварії в складних багатфакторних газових розподільних мережах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беккер М.В. Обеспечение надёжной работы газотранспортной системы ДК “Укратрансгаз” // Сборник докладов научно-практического семинара. К., 2007. – С. 19-21.
2. Жила В.А. Газовые сети и установки / Жила В.А., Ушаков М.А., Брюханов О.Н. – М.: Академия, 2003. – 272 с. – ISBN 5-7695-1315-2.
3. Ратушняк Г.С. Експлуатація зовнішніх газопроводів і споруд систем газопостачання: навч. посібник / Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 94 с.
4. Розгонюк В.В. Удосконалення методики діагностування технічного стану та способів ремонту магістральних газопроводів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.15.13 “Нафтогазопроводи, газу та сховища” / Розгонюк Василь Васильович; Івано-Франківськ. нац. техн. ун-т нафти та газу. – Івано-Франківськ, 2000. – 24 с.
5. Ободянська О.І. / Організаційні аспекти прийняття управлінських рішень щодо забезпечення надійності та довговічності зовнішніх газорозподільних мереж // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2011. – №11. – с. 104-107.
6. Ратушняк Г.С. / Моделювання надійності систем газопостачання на основі лінгвістичної інформації / Г. С. Ратушняк, О.І. Ободянська // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2009. – №6. – с. 97-103.
7. Ратушняк Г.С. / Модель багатфакторної оцінки технічного стану системи газопостачання / Г. С. Ратушняк, О.І. Ободянська // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2010. – №1. – с. 125-131.
8. Порядок технічного огляду, обстеження, оцінки та паспортизації технічного стану, здійснення запобіжних заходів для безаварійного експлуатування систем газопостачання 24.10.11; наказ № 640. – Офіц. вид. – К., 2011 р. – 130 с.
9. Правила безпеки систем газопостачання України: Державний комітет України по нагляду за охороною праці. – Офіц. вид. – К., 1997 р. – 142 с.
10. Ратушняк Г.С. Управління змістом проектів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж: монографія / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободянська. – Вінниця, 2014. – 128 с. – ISBN 978-966-641-582-3.
11. Ратушняк Г.С. / Лінгвістична логіко-ймовірна оцінка ризиків аварій в системах газопостачання / Г.С. Ратушняк, О.І. Ободянська // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2011. – №2(21). – С. 73-78.
12. Ратушняк Г.С. / Моделювання управління ризиком на газових мережах з використанням функцій належності лінгвістичних змінних методом Парето / Г. С. Ратушняк, О. І. Ободянська // Вісник ВПІ. – 2012. – №1 – с. 38-42.

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., професор, декан факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання Вінницького національного технічного університету, академік Академії будівництва України.

Ободянська Ольга Ігорівна – асистент кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.

G. Ratushnyak
O. Obodianska

MONITORING OF THE TECHNICAL STATE OF UNDERGROUND STEEL GAS PIPELINES

Vinnytsia National Technical University

A model over of realization of monitoring is brought from the evaluation of the technical state of underground steel gas pipelines with the use of modern facilities of mathematical design of acceptance of administrative decisions that are based on the theory of fuzzy logic and linguistic variables, that allows to take into account the quantitative and quality excitant parameters of influence on reliability of the technical state of the system of gas-supplying. For the exposure of connections between random events, that influence on the technical state of gas pipelines and are the basis of realization monitoring of probabilistic method of analysis of "tree of refuses" (Fault Tree Analysis). Monitoring control of the technical state of external underground gas networks allows operatively to educe characteristic changes.

Keywords: *reliability, monitoring, acceptance of administrative decisions, fuzzy logic.*

Ratushnyak Georgiy – Candidate of Engineering Sciences, Professor, Decan of the Faculty building, heating and gas supply in Vinnytsia National Technical University.

Obodianska Olha – assistant of the department of heat and gas supply, Vinnytsia National Technical University.

Г. С. Ратушняк

О. И. Ободьянская

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ СТАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Винницкий национальный технический университет

Приведена модель реализации мониторинга по оценке технического состояния подземных стальных газопроводов с использованием современных средств математического моделирования принятия управленческих решений, основанных на теории нечеткой логики и лингвистических переменных, позволяет учитывать количественные и качественные возбуждающие параметры влияния на надежность технического состояния системы газоснабжения. Для выявления причинно-следственных связей между случайными событиями, которые влияют на техническое состояние газопроводов и лежат в основе проведения мониторинга использовано вероятностный метод анализа "дерева отказов" (Fault Tree Analysis). Мониторинговый контроль технического состояния внешних подземных газовых сетей позволяет оперативно выявить характерные изменения и повреждения на них, проследить интенсивность разрушительных процессов и выявить реальное состояние газопроводов и их сооружений.

Ключевые слова *надежность, мониторинг, принятие управленческих решений, нечеткая логика.*

Ратушняк Георгий Сергеевич – к.т.н., профессор, декан факультета строительства, теплоэнергетики и газоснабжения Винницкого национального технического университета.

Ободьянская Ольга Игоревна – асистент кафедры теплогазоснабжения Винницкого национального технического университета.