

УДК 621.438.622

**Дволітка Михайло Ярославович**

*аспірант*

*Івано-Франківського національного технічного*

*університету нафти і газу*

**Дволитка Михаил Ярославович**

*аспирант*

*Ивано-Франковского национального технического*

*университета нефти и газа*

**Dvolitka Mykhailo**

*PhD Student of the*

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*

**МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ**

**МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ**

**МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ**

**МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

**METHODS OF CALCULATION OF RELIABILITY INDICATORS OF**

**MAGISTRAL GAS PIPES**

***Анотація.** Розглянуто основні методи визначення показників надійності магістрального газопроводу, вимоги до вимірювання параметрів газопроводу та перевірку результатів вимірювання на випадковість і нормальність.*

***Ключові слова:** надійність, газопровід, ймовірність, статистика.*

***Аннотация.** Рассмотрены основные методы определения показателей надежности магистрального газопровода, требования к измерению*

*параметров газопровода и проверку результатов измерения на случайность и нормальность.*

**Ключевые слова:** *надежность, газопровод, вероятность, статистика.*

**Summary.** *Deals with the basic methods of determining the reliability of the main gas pipeline, the requirements for measuring the parameters of the gas pipeline and checking the measurement results for randomness and normality are considered.*

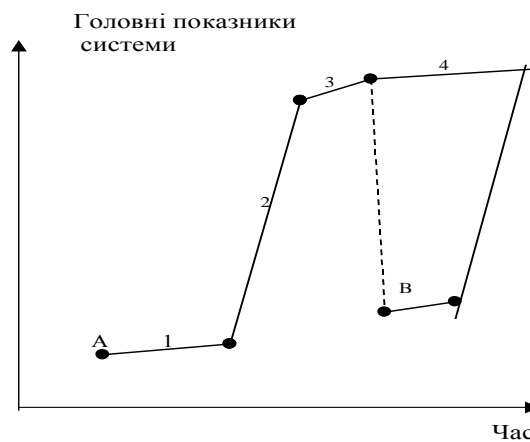
**Key words:** *reliability, gas pipeline, probability, statistics.*

Надійність газопроводу - властивість газопроводу зберігати в часі в встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність поставки товарного газу необхідної якості при заданих режимах експлуатації і вимог до безпеки і умов застосування, технічного обслуговування, зберігання і транспортування елемента газопровідної конструкції [1, 2]. Надійність - комплексне властивість, яке в залежності від призначення конструктивного газопровідного елемента і умов його експлуатації може мати на увазі безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість або певні поєднання цих властивостей. У широкому сенсі в поняття надійності конструкції газопроводу включаються також властивості конструкції, що характеризують її міцність, стійкість, зносостійкість і т.п. Основними поняттями, що характеризують надійність газопроводу, є безвідмовність газопроводу - властивість газопроводу безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або напрацювання, і довговічність - властивість газопроводу зберігати працездатний стан при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту [3].

У теорії надійності розрізняються моделі надійності елемента і моделі надійності систем елементів, статистичні та фізичні моделі надійності, моделі надійності резервованих і відновлюваних систем [10, 72]. В основі

теорії надійності лежать методи теорії ймовірностей, математичної статистики і математичного моделювання. Фізичні моделі надійності вимагають залучення спеціальних фізико математичних моделей, що описують фізичні, хімічні та механічні процеси, що відбуваються в об'єкті і впливають на його технічний стан.

При аналізі надійності трубопроводів як і інших технічних об'єктів використовують класичну криву розрахункового терміну служби, коли ймовірність відмов знову зростає (рис. 1).



**Рис. 1. Розвиток технічної системи**

Цей процес можна зобразити в вигляді  $S$  – подібної кривої (рис. 1), яка показує зміну в часі головних характеристик системи (потужність, продуктивність, надійність та ін.). Не дивлячись на індивідуальні особливості, присутні різним технічним системам, ця крива має загальні дискретні ділянки, спільні для всіх систем. На початку свого існування (ділянка 1) технічна система розвивається повільно. Потім приходить пора удосконалення (ділянка 2) – технічна система швидко удосконалюється, починається масове її застосування. Потім темпи розвитку починають спадати (ділянка 3) – (система виснажила себе). Далі технічна система А або деградує за рахунок зростання відмов і замінюється принципово новою системою В, або на тривалий час зберігає досягнуті показники (ділянка 4), що необхідно забезпечуватись регулярним обслуговуванням.

Магістральні газопроводи відносяться до відповідальних споруд, розрахованим на порівняно довгий термін служби. Тому необхідно проводити оцінку їх довговічності, беручи до уваги перш за весь комплекс зовнішніх навантажень і впливів, експлуатаційні режими, природні умови. Вихід таких конструкцій з ладу через руйнування в буквальному сенсі цього слова є рідкісною подією. Зазвичай втрата працездатності конструкцій - результат поступового накопичення ушкоджень, які, досягнувши певної величини, починають перешкоджати нормальній експлуатації конструкції. Протягом терміну служби конструкція піддається навантаженням, що представляють собою випадкові процеси або випадкові поля. Тому накопичення пошкоджень в конструкції - також випадковий процес. Знаючи імовірнісні характеристики процесу навантаження, можна визначити ступінь пошкоджень, накопичених до кінця заданого терміну служби, розрахунковим способом або вимірами з допомогою спеціальних давачів. У правильно спроектованій конструкції ймовірність досягнення ушкоджень деякого граничного значення за закінченням терміну служби не повинна бути надмірно великою. Таким чином, проблема накопичення пошкоджень при випадковому впливі пов'язана з розрахунком на надійність. Як показано в [4], правильне рішення проблеми надійності і довговічності конструкції можливо лише із залученням теорії випадкових функцій.

Стосовно до лінійних споруд газопроводів в першу чергу потрібно вміти розраховувати довговічність ділянок газопроводів, що прокладаються в складних умовах.

Оцінка довговічності повинна виконуватися, виходячи з того, що конструкція знаходиться в змінних умовах навантаження, властивості матеріалів конструкції мають статистичний розкид, поведінка конструкції носить імовірнісний характер і т.п. Це призводить до розгляду механічної надійності із застосуванням імовірнісних методів.

Кількісну оцінку надійності процесів виробляють з використанням індивідуальних та групових показників. Індивідуальні показники надійності

мають дві форми: вірогідну і статистичну. При збільшенні числа дослідів статистичні показники сходяться за величиною до відповідних імовірнісних показників. До основних показників відносяться:

1. Імовірність безвідмовного функціонування:

- при ймовірнісній оцінці

$$P(\tau) = \prod_{i=1}^n P_i(\tau), \quad (1)$$

де  $P_i(\tau)$  - ймовірність безвідмовного функціонування на  $i$ -й операції;  $n$  - кількість операцій в досліджуваному процесі;

- при статистичній оцінці

$$P^e(\tau) = 1 - \frac{m_0}{m}, \quad (2)$$

де  $m_0$  - число вимірів, які не відповідають за обраним критерієм установленим вимогам;  $m$  - обсяг вибірки.

2. Імовірність потоку відмов:

- при ймовірнісній оцінці

$$F(\tau) = \prod_{i=1}^n F_i(\tau) = 1 - P(\tau), \quad (3)$$

де  $F_i(\tau)$  - ймовірність відмови на окремому вузлі (ділянці);

- при статистичній оцінці

$$F^e(\tau) = \frac{m_0}{m}, \quad (4)$$

3. Густина розподілу відмов

- при ймовірнісній оцінці

$$f(\tau) = \frac{dF(\tau)}{d\tau} = -\frac{dP(\tau)}{d\tau}, \quad (5)$$

- при статистичній оцінці

$$f^e(\tau) = \frac{m_0}{m \cdot T}, \quad (6)$$

де  $T$  - сумарний час досліджуваної вибірки відмов.

4. Інтенсивність потоку відмов:

- при ймовірнісній оцінці

$$\lambda(\tau) = \frac{f(\tau)}{P(\tau)}, \quad (7)$$

- при статистичній оцінці

$$\lambda^e(\tau) = \frac{m_0}{m_e \cdot T}, \quad (8)$$

де  $m_e$  - число значень вибірки, що відповідають, за критерієм, встановленим вимогам.

5. Середній наробіток на відмову:

- при ймовірнісній оцінці

$$T_n = \int_0^{\infty} P(\tau) d\tau, \quad (9)$$

- при статистичній оцінці

$$T_n = \frac{T}{m_0}, \quad (10)$$

6. Параметр потоку відмов:

- при ймовірнісній оцінці

$$\omega(\tau) = \frac{1}{T_n}, \quad (11)$$

- при статистичній оцінці

$$\omega^e(\tau) = \frac{m_0}{T_n}, \quad (12)$$

Якщо оцінка технологічного процесу ведеться за кількома показниками якості, то параметр потоку відмов визначається зі співвідношення

$$\omega_N = \sum_{j=1}^N \omega_j(\tau), \quad (13)$$

де  $\omega_j(\tau)$  - параметр потоку відмов  $j$ -го показника якості;

$N$  - число обраних у якості критеріїв процесу показників якості.

Повну кількісну характеристику надійності технологічних процесів дають групові показники, тобто сукупність індивідуальних показників.

Якісну оцінку надійності технологічного процесу виробляють щодо стійкості і стабільності технологічних операцій. Під стійкістю технологічних

операцій розуміють їх властивість зберігати в часі точність забезпечення показника надійності, а під стабільністю - збереження сталості в часі характеристик розподілу досліджуваного критерію процесу.

Для того щоб вважати технологічний процес стійким і стабільність-ним, досить підтвердження гіпотези випадковості і нормальності вибірки. Аналіз проводиться за допомогою малих вибірок ( $n = 5 \dots 10$ ). Це дозволяє звести до нуля вплив систематичних похибок. Основною перевагою розглянутого методу є зменшення обчислювальних робіт.

Ця гіпотеза перевіряється за двома критеріями.

*Критерій 1.* За даними спостережень  $x_1, x_2, \dots, x_n$  обчислюють значення параметра  $\bar{d}$  за формулою

$$\bar{d} = \frac{\sum_1^n |x_i - \bar{x}|}{n \cdot S^*}, \quad (14)$$

де

$$S^* = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n}.$$

Вибирають потім рівні значимості критерію  $q$  і за додатком В знаходимо  $d_{q_1/2}, d_{1-q_1/2}$ .

Гіпотеза про нормальність за критерієм 1 не відкидається, якщо  $d_{1-q_1/2} \leq \bar{d} \leq d_{q_1/2}$ . У протилежному випадку гіпотеза відкидається.

*Критерій 2* уведений додатково для перевірки «кінців» розподілу.

Нехай гіпотеза про нормальність за критерієм 2 не відкидається, якщо не більш  $m$  різниць  $|x_i - \bar{x}|$  перевершили  $t_{\alpha/2} \cdot \sigma$ , де  $\sigma$  обчислюється за формулою

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (15)$$

а  $t_{\alpha/2}$  обчислюється по таблицях нормованої функції Лапласа.  $F(x)=F(p/2)$  визначаємо по  $n$  и  $q$  як корінь рівняння  $1 - \sum_1^m c_n^k (1-\alpha)^k \alpha^{n-k} = q$ . Для знаходження  $\alpha$  за заданими  $n$ ,  $q$ ,  $m = 1$ , чи 2 складені таблиці додатка В. При  $10 < n < 20$  варто приймати  $m = 1$ , якщо  $50 > n > 20$ , те  $m=2$ . Якщо число різниць  $|x_i - \bar{x}|$ , більших  $t_{\alpha/2} \cdot \sigma$  перевищує  $m$ , то гіпотеза про нормальність відкидається.

Гіпотеза про нормальність приймається, якщо для групи даних, що перевіряється, виконуються обидва критерії.

Рівень значимості складеного критерію  $q \leq q_1 + q_2$ , де  $q_1$  - рівень значимості для критерію 1;  $q_2$  - те ж, для критерію 2.

### Література

1. Иванцов О.М. Надежность строительных конструкций магистральных трубопроводов / О.М. Иванцов. - М.: Недра. – 1985. – 231 с.
2. РД 51-4.2.-003-97 Методические рекомендации по расчетам конструктивной надежности магистральных газопроводов. - М.: ИРЦ Газпром, 1997, - 125с.
3. Надежность систем энергетики. Терминология. Под ред. акад. Руденко Ю. П.: -М.: Наука, 1980. – Вып. 95.
4. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций./ В.В. Болотин. -М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.