

Література

1 Яковлев Є.І., Казак О.С., Михалків В.Б., Тимків Д.Ф., Грудз В.Я. Режими газотранспортних систем. – Львів: Світ, 1992. – 172 с.
 2 Гусейнзаде М.А., Юфин В.А. Неустановившеся движение нефти и газа в магистральных трубопроводах. – М.: Недра, 1981. – 321 с.

3 Химко М.П., Фролов В.А. та ін. Розрахунок параметрів газотранспортних систем // Нафтова і газова промисловість. – 2006. – № 3. – С. 33-37.
 4 Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычисления. Ч. II. – М.: Физматгиз, 1962. – 487 с.

УДК 621.643.002

ОЦІНКА ЗМІНИ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГАЗОПРОВОДУ В ПРОЦЕСІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Р.Т.Мартинюк, В.Я.Грудз, А.З.Багнюк

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422)
 e-mail: publik@nuing.edu.ua

Дана оцeнка кaчeствa функціoнувaння тpубoпpовoдa в пpocecce єгo експлуaтaції. Пpивeдeнe видe oткaзoв лiнeйнoї чacтини, їх хaрaктeрiстiкi и дoпyскi пo тeхнiчecким умoвaм.

In the article it was given the mark of the function quality of the pipeline in the process of it exploitation. There were given kinds of refusals of line part and their characteristics and admissions for technical conditions.

Початковий рівень якості лінійної частини газопроводу формується на стадії його проектування і спорудження, виходячи з основних конструктивних і проектних рішень, вибору обладнання, матеріалів та додержання технічних і технологічних норм в процесі будівництва. Надалі вплив експлуатаційних факторів призводить до старіння газопроводу, що проявляється в зниженні його конструктивно-технологічного потенціалу та відповідно призводить до появи відмов.

Початковий рівень якості K_0 лінійної частини формується в процесі виготовлення висхідних матеріалів на стадії проектування трубопроводу і на етапі його будівництва. Важливу роль у формуванні початкового рівня якості також відіграє процес випробування лінійної частини, в ході якого виявляються грубі дефекти та помилки всіх попередніх етапів. Звідси K_0 матиме вигляд

$$K_0 = f\left(\sum_{i=1}^n a_i^0, \sum_{i=1}^n b_i^0, \sum_{i=1}^n c_i^0, \sum_{i=1}^n d_i^0\right). \quad (1)$$

В процесі експлуатації (під дією чинників $\sum_{i=1}^n e_i$) безперервно змінюється (знижується) рівень початкової якості: $K = f(t)$.

Зміна рівня якості в процесі експлуатації може бути представлена у вигляді

$$K_0 = f\left(\sum_{i=1}^n a_i^0, \sum_{i=1}^n b_i^0, \sum_{i=1}^n c_i^0, \sum_{i=1}^n d_i^0, \sum_{i=1}^n e_i; t\right). \quad (2)$$

де: $\sum_{i=1}^n a_i^0, \sum_{i=1}^n b_i^0, \sum_{i=1}^n c_i^0, \sum_{i=1}^n d_i^0, \sum_{i=1}^n e_i$ – сукупність якості матеріалів, конструктивних і технологіч-

них факторів, а також факторів випробування і експлуатації; t – час експлуатації.

Така зміна якості лінійної частини трубопроводу призводить в кінцевому рахунку до відмови, час настання якої — випадкова величина.

За результатами спостережень потоку відмов трубопроводу в процесі його експлуатації може бути встановлений функціональний зв'язок між рівнем початкової якості лінійної частини і напрацюванням на відмову, наступною характеристикою $H = f(K_0, t)$.

Аналіз характеристик $H = f(K_0, t)$ може створити необхідні умови для опису зворотного зв'язку функціонального переходу $K_0 \rightarrow K_0'$. Іншими словами, вдосконалення висхідних матеріалів проектування і будівництва трубопроводів дозволить перейти від початкового рівня якості K_0 до більш високого рівня K_0' .

За накопиченою експлуатаційною інформацією про відмови лінійної частини трубопроводу доводиться вирішувати дві задачі. Перша з них — проводити статистичну оцінку експлуатаційних властивостей трубопроводу за результатами обмеженого числа спостережень. Друга задача — за результатами статистичної оцінки намітити заходи щодо підвищення працездатності лінійної частини.

Основним статистичним параметром лінійної частини трубопроводу служить параметр потоку відмов

$$\omega(t) \cong \frac{\sum_{i=1}^N m_i(t + \Delta t_i) - \sum_{i=1}^N m_i(t)}{N \Delta t}, \quad (3)$$

де: $m_i(t)$ — число відмов до напрацювання t ; Δt — достатньо малий проміжок часу; N — число спостережуваних елементів (ділянок) трубопроводів.

Статистичний матеріал зазвичай обробляють так: весь діапазон часу експлуатації (або випробувань) ділять на інтервали $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ і підраховують число відмов, що припадає на кожний i -й інтервал. Потім цю величину ділять на загальне число ділянок трубопроводу.

Результати обчислень значень параметра потоку відмов ω_i по формулі (3) зводять в таблицю відповідно до порядкового номера інтервалів Δt_i . Таку таблицю оформляють у вигляді ступінчатого графіка (гістограми), для чого по горизонтальній осі відкладають інтервали Δt_i і на кожному з них будують прямокутник з висотою ω_i . З'єднавши отримані для кожного інтервалу часу Δt_i значення ω_i і перейшовши від статистичних понять до вірогідності, одержують криву потоку відмов $\omega(t)$.

В умовах експлуатації лінійної частини трубопроводу відомості про відмови зазвичай одержують на основі спостережень за групою трубопроводів. Встановлена необхідність оцінки часу безвідмовної роботи кожної з ділянок лінійної частини, що відмовили. За наявності достатньої кількості даних про відмови справедлива наближена формула (3). При цьому під

$$\Delta m_i = \sum_{i=1}^N m_i(t + \Delta t_i) - \sum_{i=1}^N m_i(t) \quad (4)$$

розуміють число однотипних ділянок, лінійної частини, що відмовили, час безвідмовної роботи яких закінчився на інтервалі Δt_i .

Час роботи до першої відмови трубопроводу, що складається з m елементів, рівний мінімальному з m можливих значень випадкових величин, кожна з яких має свій розподіл. Кожному такому розподілу часу безвідмовної роботи відповідає деякий умовний випадковий процес зміни параметра з нормальним розподілом швидкості його зміни. В цьому випадку можна оцінити працездатність, застосовуючи статистичні випробування. Використовуючи параметри розподілу відмови m' однотипних елементів, за допомогою таблиці нормованих випадкових величин, розподілених по нормальному закону, можна знайти групи значень швидкостей зміни фізичного параметра конкретного елемента лінійної частини. Вибравши з кожної таблиці мінімальне значення з наявних m' , отримаємо значення швидкості наближення даного трубопроводу до першої відмови, по яких знайдемо значення t_i часу безвідмовної роботи (P_i). За значеннями t_i побудуємо гістограму часу безвідмовної роботи трубопроводу.

Математичне сподівання напрацювання до відмови лінійної частини — це основна характеристика розподілу середнього часу безвідмовної роботи будь-якого трубопроводу, воно рівне сумі даних середнього напрацювання до

відмови t_i i -го елемента трубопроводу на вірогідність його безвідмовної роботи P_i для всіх елементів трубопроводів.

При збільшенні початкової інформації про відмови лінійної частини середнє арифметичне значення випадкової величини наблизитиметься (збігатиметься за вірогідністю) до її математичного сподівання m_i .

Для неперервного розподілу t_i є формула

$$m_i = \int_{-\infty}^{+\infty} t f(t) dt \quad (5)$$

Як теоретичний розподіл часу безвідмовної роботи лінійної частини трубопроводу можуть бути використані різні неперервні розподіли.

В основі кожного теоретичного закону розподілу лежить закономірний фізичний процес розвитку відмови. Тому вид кривої розподілу напрацювання на відмову залежить від механізму виникнення відмови.

Слід зазначити, що при нормальному розподілі випадкової величини вона може приймати будь-які значення від $-\infty$ до $+\infty$. Оскільки можливі значення напрацювання на відмову t_i лінійної частини можуть бути тільки додатними, то розподіл t може бути в більшості випадків лише врізаним нормальним. В цьому випадку можливі значення напрацювання на відмову t_i обмежені деяким інтервалом (t_1, t_2) . Однак для практичних обчислень параметрів розподілу m_i , σ_i нормального розподілу напрацювання на відмову замість формул зрізаного розподілу при $m_i/\sigma_i > 2$, (що має місце на практиці) можна скористатися формулами незрізаного нормального розподілу.

Один з найважливіших етапів статистичного аналізу працездатності лінійної частини трубопроводу полягає в оцінці точності і достовірності знайдених (встановлених) характеристик.

Припустимо, що ми прийняли як задовільне значення невідомого математичного очікування m_i середнє арифметичне із n спостережень \bar{m}_i . Необхідно з'ясувати, з якою вірогідністю α можна стверджувати, що допущена при цьому помилка не перевищить деякої величини δ , тобто істинне, невідоме значення m_i буде знаходитись в межах $(\bar{m}_i - \delta, \bar{m}_i + \delta)$. Вірогідність довіри α характеризує достовірність отриманого результату оцінки, а довірчий інтервал $(\bar{m}_i - \delta, \bar{m}_i + \delta)$ — його точність.

Для інженерного дослідження працездатності лінійної частини трубопроводу по граничному стану необхідно скласти моделі процесів розвитку відмов, використавши математичні моделі теорії міцності і теорії точності. Відповідно до принципів, що лежать в основі цих теорій, можуть бути складені фізичні моделі типу «навантаження — міцність» і «параметр — поле допуску». В обох випадках елемент лінійної частини магістрального трубопроводу є

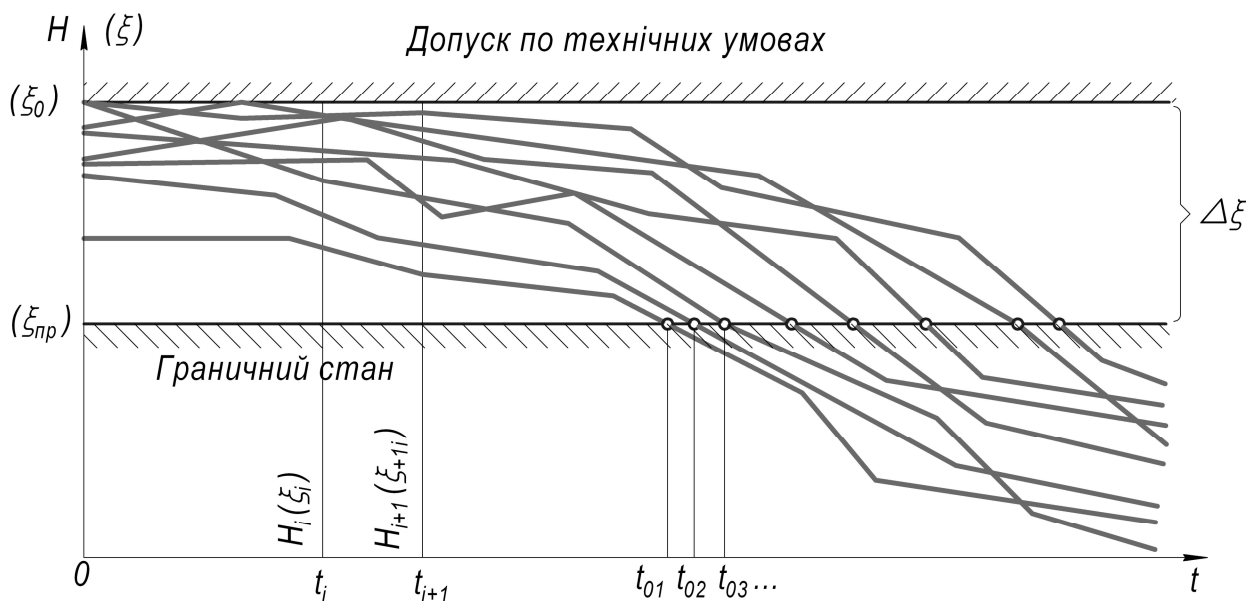


Рисунок 1 — Схема стаціонарного процесу розвитку відмови лінійної частини трубопроводу

працездатним поки в процесі експлуатації величина навантаження, що змінюється, не досягне межі робочої області. Між моделями цих двох типів є лише методичні відмінності.

Оскільки в задачу дослідження працездатності лінійної частини входить визначення часу безвідмовної роботи, то в моделях процесів розвитку відмов хоча б один з ефектів повинен розглядатися як випадковий процес.

Моделі процесів розвитку відмов повинні містити основну інформацію про процес, забезпечувати зручність співставлення з реальними процесами і достатньо просто відтворюватися в умовах експериментального дослідження.

Функціональний параметр, випадково змінюючись в процесі експлуатації, може досягти граничного значення, при якому відбувається відмова лінійної частини. Цей параметр, як кількісна міра фактичного стану трубопроводу, може бути фізичною характеристикою потоку відмов (як раптових, так і поступових).

При статистичному дослідженні функціональний параметр розглядається як випадкова функція часу $H(t)$. Точки перетину кривої реалізації випадкового процесу з межею робочої області (визначальний резерв конструкції) відповідають моментам часу відмов (рисунок 1). У фіксований момент часу значення визначального параметра буде випадковою величиною $H(t_i)$.

На підставі аналізу досвіду експлуатації магістральних трубопроводів встановлено, що відмови лінійної частини в загальному вигляді можна класифікувати на грубі (зумовлені значним розсіянням конструктивно-технологічного параметру $\Omega(\xi)$ за якістю конструкцій) і планомірні (зумовлені поступовою зміною параметра Ω).

При грубих відмовах відбувається різка, практично миттєва зміна функціональних па-

раметрів. Таким відмовам відповідають розриви реалізацій $\Omega(t)$ випадкової функції $H(t)$. Час появи розриву характеристики є випадкова величина. Тому випадкова функція $H(t)$ є неперервною в значенні вірогідності і за наявності грубих (раптових) відмов. Але груба відмова є наслідком накопичення незворотних змін, що відбуваються в матеріалі труби, тобто виникнення «раптові» відмови відбувається в результаті монотонного випадкового процесу зміни фізико-механічних параметрів матеріалу. Відмінність же такої відмови від поступової полягає в тому, що не контролюється змінний параметр, при досягненні яким граничного значення настає раптова відмова лінійної частини.

Груба відмова зазвичай пов'язана з низьким початковим рівнем якості лінійної частини (наявністю всякого роду дефектів в тілі труби, відхиленням від норм будівництва і ін.).

Виключно важливе значення для характеристики процесу розвитку відмови лінійної частини має вибір функціонального (конструктивно-технологічного) параметра. Фізичне значення такого параметра може бути виявлено тільки після встановлення його залежності від характеристик міцності.

Таким чином, будь-який вид відмови лінійної частини спричиняється випадковим процесом зміни будь-якого функціонального параметра при досягненні його граничних значень. Причому граничне значення функціонального параметра $\xi_{пр}$ залежить від типу конструкції лінійної частини, особливостей її експлуатації і вимог, що пред'являються до надійності трубопроводу.

Процес закономірної зміни функціонального параметра лінійної частини трубопроводу при його експлуатації умовно можна розділити на три періоди залежно від швидкості такої

зміни: напрацювання, основної роботи і посиленого старіння (зносу). Відповідно під час першого періоду має місце зниження швидкості зміни параметра ξ , другого — її стабільність і в третій — зростання.

Відношення швидкостей зміни параметра ξ зносу в періоди напрацювання і основної роботи може служити показником якості конструкції лінійної частини, досконалості технологічного обслуговування. При високій якості висхідних матеріалів і добре організованому процесі будівництва і експлуатації трубопроводу швидкості зниження визначального параметра ($\xi_0 \rightarrow \xi_{np}$) в періоди напрацювання і основної роботи майже не відрізняються.

Час безвідмовної роботи трубопроводу залежить від двох груп чинників: характеристик початкової якості (внутрішні чинники) і характеристик режиму роботи (зовнішні чинники).

Режим роботи лінійної частини трубопроводу доцільно оцінювати статистично. Ділянки одного і того ж трубопроводу можуть володіти як однаковим, так і різним опором до зовнішніх впливів. На їх якість впливає розподіл внутрішніх напружень, приховані дефекти внутрішньої структури матеріалу, випадкові коливання, технології виготовлення та інші випадкові причини. Тому при однакових навантаженнях час безвідмовної роботи однотипних ділянок лінійної частини трубопроводу буде різним.

Для взятої довільно ділянки трубопроводу з групи однотипних ділянок, що працюють при фіксованому навантаженні X_i , час безвідмовної роботи є випадковою величиною t_i . При змінному невідповідному навантаженні час безвідмовної роботи можна розглядати як випадкову функцію навантаження $t(X)$.

Порівнювати різні ділянки трубопроводу за часом безвідмовної роботи можна лише в тому випадку, якщо вони знаходяться в статистично однакових умовах. Випадкове навантаження X можна представити, наприклад, у вигляді суми проектного невідповідного навантаження X_0 і випадкового відхилення навантаження ΔX від проектного значення X_0 .

Якщо випадкові відхилення ΔX навантаження від проектного значення X_0 невеликі, можна вважати, що реальний діапазон практичного розсіювання напрацювання на відмову лінійної частини є зумовлений виключно чинниками формування якості трубопроводу.

Література

- 1 Молдаванов О.И. Качество сооружения магистральных трубопроводов. – М.: Недра, 1979. – 223 с.
- 2 Молдаванов О.И., Молдаванов И.И. Количественная оценка качества уплотнения трубопроводной арматуры. – М.: ВНИИЭ Газпром, 1973. – 241 с.

УДК 622.691.4

ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ ВІД АВАРІЙ І КАТАСТРОФ ТРУБОПРОВІДНИХ СИСТЕМ В СКЛАДНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Є.І.Крижанівський, Л.Я.Побережний, Л.Є.Шкіца

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42264

e-mail: poberezhny@nung.edu.ua

На основаних отечественного и зарубежного опыта защиты окружающей среды от аварий и катастроф трубопроводных систем предложена методология управления их ресурсом и безопасностью на всех стадиях жизненного цикла. Основываясь на экспериментальных данных введены новые критерии оценки остаточного ресурса и эксплуатационных рисков.

On the basis of domestic and foreign experience of defence of environment from pipeline systems failures and catastrophes methodology of management their resource and safety at all stages of life cycle is offered. Based on experimental information the new additional criteria of estimation of remaining resource and operating risks are entered.

В наш час поглиблення екологічної кризи на планеті, коли зіткнення природи з цивілізацією та її законами все частіше закінчуються не на користь першої, коли через техногенну діяльність людини появляються нові і нові проблеми — глобальне потепління, зменшення товщини озонового шару, забруднення водних ресурсів планети, ґрунтів, вирубка тропічних лісів тощо; питання мінімізації негативного впливу на довкілля та науково обґрунтованих шляхів її вирі-

шення стоїть як ніколи гостро. Значна частка у забрудненні довкілля та негативному впливі на екологічну ситуацію належить світовому паливно-енергетичному комплексу і його частині — паливно-енергетичному комплексу України. Однією з багатьох причин погіршення екологічної ситуації є відмови та аварії нафто- та газопроводів. Надзвичайно важливим науковим завданням є пошук шляхів мінімізації впливу аварій нафтогазопроводів на довкілля.