

видавець О.Зень, 2011. – 56 с.

11. Сотник І.М. Еколого-економічні основи управління енергозбереженням: Авто-реф. дис... канд. техн. наук: 08.08.01 – СумДУ, 2002. – 22 с.

12. Наконечна Д.Ю. Організація системи управління енергозбереженням на підприємстві / Д. Ю. Наконечна // Формування ринкової економіки [Електронний ресурс]: зб. наук. праць. – Спец. вип.: у 2 ч. Економіка підприємства: теорія і практика / М-во освіти і науки України, ДВНЗ "Київський нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана"; відп. ред. А. Ф. Павленко. – К.: КНЕУ, 2010. – Ч. 1. – С. 353–361.

13. Суходоля А.М. Економічна оцінка ефективності інноваційних проектів (енергозберігаючих заходів) // ЕСКО. Електронний журнал енергосервісної компанії «Екологічні системи», № 9, 2003 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.esco-ecosys.ru/2003_12/art02/page1.htm.

14. Ніколаєв В. Енергоефективність будівництва: від простого до складного. Електронний журнал енергосервісної компанії «Екологічні системи», № 2, 2011 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.esco-ecosys.ru/2011_2/art126.pdf.

Отримано 05.12.2012

УДК 681.5.015

С.В.ДЯДЮН, канд. техн. наук, О.І.МАЛЄЄВ, О.М.ШТЕЛЬМА

Харківська національна академія міського господарства

НАДІЙНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРУБОПРОВІДНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ І ЗАСОБИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

Проводиться аналіз сучасних засобів підвищення надійності функціонування трубопроводних систем. Розглянуто традиційні засоби (параметричні і структурні) та нетрадиційні засоби, а також засоби підвищення надійності їх функціонування шляхом розв'язки окремих рівнів.

Проводится анализ современных способов повышения надежности функционирования трубопроводных систем. Рассмотрены традиционные способы (параметрические и структурные) и нетрадиционные способы, а также способы повышения надежности их функционирования путем развязки отдельных уровней.

In this article the analysis of modern methods of the increase of reliability of functioning of pipeline systems is executed, traditional (parametrical and structural ones) methods and non traditional methods, methods of the increase of reliability of their functioning on foundation of denouement of separate levels are also considered.

Ключові слова: надійність, трубопровідна транспортна система, функціонування, ймовірність, критерій, управління, структура, режим, моделювання, експлуатація.

Найважливішим показником трубопровідної транспортної системи (ТТС) є надійність її функціонування. Задачі надійності вирішуються як при раціональній експлуатації ТТС, так і при управлінні їх розвитком.

Надійність трубопроводів залежить не тільки від типу, матеріалу і діаметра труб, а й від конструкції стикових з'єднань, якості їх монтажу, підготовки підстави, характеру ґрунтів, впливу транспорту, коливання внутрішніх тисків, корозійних властивостей ґрунтів та ін. Показники надійності елементів подібного роду визначають тільки в результаті

тривалих спостережень за їх функціонуванням у процесі експлуатації, систематичного збору та обробки статистичних даних про всі пошкодження та аварії. Чим більше спостереження і тривалість його періоду, чим більша кількість однорідних елементів піддається спостереженню (випробуванню), тим вірогідніше будуть отримані для них показники надійності. Тому дуже важлива повноцінна система реєстрації аварій і пошкоджень елементів системи.

Дана проблема розглядається також в роботах [1-4].

При виборі показників надійності окремих видів елементів необхідно враховувати, до якого з двох типів виробів цей елемент слід відносити – до відновлюваного або невідновлюваного. Велика частина елементів ТТС належить до ремонтваних і відновлюваних. Якість функціонування відновлюваного елемента характеризується співвідношенням тривалості періодів його працездатного і непрацездатного стану [2].

Основний критерій надійності ТТС або її елементів – ймовірність безвідмовної роботи ТТС або окремих її елементів P протягом заданої тривалості роботи T зазвичай визначає як «вірогідність того, що в межах заданого напрацювання відмова не виникає». Тут під напрацюванням слід розуміти задану тривалість T роботи ТТС або її елемента.

Надійність системи або її окремого елемента можна представити як тимчасову функцію (функція надійності)

$$p(t) = P(T > t), \quad (1)$$

яка для будь-якого свого аргументу чисельно дорівнює ймовірності того, що система буде залишатися працездатною протягом періоду часу, більшого, ніж значення аргументу.

Функція надійності $p(t)$ дозволяє:

- по заданій надійності системи (елементу) $P(T)$ визначити тривалість її безвідмовної роботи;

- по заданій тривалості роботи системи (елементу) T визначити ймовірність її безвідмовної роботи $P(T)$ протягом періоду часу $t \leq T$.

Функція надійності володіє трьома властивостями: - $p(0) = 1$, тобто в момент введення в експлуатацію система (елемент) знаходиться в працездатному стані;

- $p(\infty) = 0$, тобто немає таких систем (елементів), які могли б працювати нескінченно довго;

- $p(t_2) < p(t_1)$, якщо $t_2 > t_1$, тобто $p(t)$ – монотонно спадна функція і, як наслідок, надійність будь-якої мережі (елементу) падає з плином часу.

При відсутності функції надійності в готовому вигляді (як паспортного даного) вона може бути визначена за статистичними даними про відмови експлуатованих систем (елементів) відповідно до формул

$$p(t) = \frac{N - n(t)}{N} = 1 - \frac{n(t)}{N}. \quad (2)$$

Тут N – кількість елементів в момент їх введення в експлуатацію ($t = 0$); $n(t)$ – число підсистем (елементів), які відмовили протягом періоду часу від 0 до t .

Дуже важливим поняттям, що входить у визначення багатьох показників надійності, є напрацювання. Середнє напрацювання між відмовами, тобто середній час безвідмовної роботи, є її математичне сподівання T_{cp} (середній «час життя»).

Розглядаючи потік відмов як Пуассонівський потік подій, можна функцію надійності представити у вигляді експоненційної залежності

$$p(t) = e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

де λ – інтенсивність відмов (середнє число відмов в одиницю часу).

Параметр потоку відмов λ пов'язаний з математичним очікуванням напрацювання на відмову T_{cp} обернено пропорційною залежністю:

$$\lambda = \frac{1}{T_{cp}}. \quad (4)$$

Другий не менш важливий критерій надійності елементів підсистеми – їх довговічність, показником якої є термін служби, або ресурс – час до настання граничного стану, при якому необхідно припинити роботу цієї підсистеми чи елемента.

Найбільш застосовні наступні приватні визначення поняття ресурсу.

Середній ресурс – математичне сподівання ресурсу, тобто середня тривалість роботи підсистеми (елемента) до певного стану або між капітальним і середнім ремонтами.

Гамма – відсотковий ресурс виражається часом, протягом якого розглянута підсистема або елемент досягає граничного стану із заданою вірогідністю γ [%]. Якщо відома функція розподілу ресурсу $p(t)$, то величина γ -процентного ресурсу визначається виразом

$$\frac{\gamma}{100} = 1 - p(t). \quad (5)$$

Призначений ресурс визначає час роботи підсистеми (елемента), після якого її експлуатація повинна бути припинена незалежно від стану.

Для розрахунку надійності послідовних і паралельних підсистем використовують формули:

$$P_{\text{посл}} = \prod_{i=1}^n p_i; \quad (6)$$

$$P_{нар} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i), \quad (7)$$

де p_i – показник надійності i -ї структурної компоненти системи; n – загальне число компонентів в послідовній або паралельній підсистемах відповідно.

Аналіз моделей (6)-(7) показує, що зі збільшенням числа компонентів n в підсистемі величина $P_{посл}$ зменшується, а величина $P_{нар}$ збільшується.

Чим складніше послідовна підсистема, тим нижче її надійність. Чим складніше паралельна підсистема, тим вище її надійність.

До числа класичних традиційних засобів підвищення надійності функціонування трубопровідних транспортних систем як окремого випадку складних систем відносяться параметричні і структурні методи.

Параметричні засоби забезпечують зменшення інтенсивності відмов окремих елементів трубопровідних транспортних систем за рахунок планування та проведення профілактичних ремонтів, використання більш надійних елементів і своєчасної їх реконструкції, модернізації та заміни.

Перелічимо основні види відмов, характерних для ТТС.

Відмови з внутрішніх причин, тобто порушення нормального функціонування трубопровідних транспортних систем в результаті пошкоджень та аварій окремих споруд або елементів системи, є найбільш розповсюдженими. Відмови системи можуть бути викликані виходом з ладу таких відповідальних споруд, як споруди з прийому цільового продукту (ЦП), головні насосні або компресорні станції, а також основні елементи ТТС: труби та їх стикові з'єднання; насоси; електродвигуни та електрообладнання; запірні, регулююча і запобіжна арматура.

Для більшості названих елементів спостерігається деяка загальна закономірність їх ушкоджень (відмов) за період роботи з моменту пуску в експлуатацію до настання граничного стану. На початку цього періоду різні пошкодження спостерігаються відносно постійно: позначаються допущені дефекти монтажу і пуску; виріб «приспосовується» до нормальних умов роботи. Потім настає період нормальної роботи, коли пошкодження рідкісні. Третій період характеризується новим підвищенням частоти ушкоджень (результат старіння), що закінчується настанням граничного стану, елементи повинні бути своєчасно замінені новими.

Таким чином, якісне, суворе виконання правил експлуатації, і, зокрема, своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів, дуже важливо для забезпечення надійності ТТС. Добре організована служба технічної експлуатації дозволяє передбачити можливість виникнення

відмови деяких виробів та вживати заходів щодо його запобігання.

Відмови із зовнішніх причин, наприклад, дуже серйозні наслідки для роботи ТТС можуть мати відмови пов'язаних з нею зовнішніх систем, таких, як природні джерела цільового продукту, системи енергопостачання і іноді системи матеріального обслуговування. Відмови цих систем можуть призвести до дуже важких порушень нормального функціонування ТТС, аж до повного тимчасового припинення подачі цільового продукту при відсутності відповідних резервів.

Відмова природного джерела становить найбільшу небезпеку для порушення роботи трубопровідних транспортних систем, що використовує одне джерело, і може привести до повної відмови такої системи.

Відмови системи подачі електроенергії насамперед порушують роботу насосних і компресорних станцій ТТС і можуть викликати тимчасову перерву в подачі споживачам цільового продукту, а також викликати істотні порушення в роботі ряду споруд, де широко використовуються механізми та електрообладнання з електроприводом, системи телеуправління, сигналізації і т. п.

Структурні засоби також відносяться до традиційних засобів підвищення надійності трубопровідних систем. Вони зводяться до зміни вихідної структури системи за рахунок додавання додаткових трубопроводів. Найпростішим таким способом є резервування окремих елементів (трубопроводів, насосних агрегатів і т. д.). Закільцювання водопровідних і регіональних газових мереж також можна віднести до структурних способів підвищення надійності їх функціонування.

Взагалі надійна робота більшості трубопровідних систем побудована на надмірності їх елементів. Трубопроводи проектується на пропуск максимального цільового продукту, на насосних станціях (для систем водопостачання та водовідведення) передбачається резервування насосних агрегатів, а для забезпечення безперервності живлення електродвигунів воно здійснюється від двох незалежних джерел енергопостачання. Від кожної насосної станції укладають не менше двох трубопроводів.

Нетрадиційні засоби. Серед різноманіття елементів ТТС найбільш важливими для надійності функціонування цих систем, звичайно, є магістральні трубопроводи та насосні станції. Показники надійності цих елементів (наприклад, напрацювання на відмову) залежать не тільки від перерахованих раніше причин (якість матеріалу, стиків і ряду інших), але і від режиму функціонування цих елементів (тиск, під яким знаходиться елемент, швидкість руху ЦП, його зміст, гідравлічні удари та інше).

Організуючи розподіл цільового продукту в трубопровідних транс-

портних системах (наприклад, реконструюючи систему) таким чином, щоб зменшити сумарні надлишкові напори в мережі, можна істотно знизити кількість аварій за фіксований термін T .

Цей же ефект можна досягти за рахунок цілеспрямованого збільшення пропускної здатності трубопроводів і, отже, трубопровідних транспортних систем в цілому шляхом заміни труб (або шляхом прокладки додаткових паралельних трубопроводів) зі слабкою пропускною здатністю на труби більш високого діаметру.

Більш того, аварії можна скоротити не тільки за рахунок модернізації системи і збільшення її пропускної здатності, орієнтуючись на пікові навантаження в системі за потоками цільового продукту, але і шляхом раціональної організації транспорту цільового продукту і зниження цих пікових навантажень шляхом використання в цей момент альтернативного транспорту або локальних систем з резервуарами, що приймають ЦП при зниженій потребі в ньому і повертають його в період пікових навантажень.

Методи, що підвищують надійність трубопровідних транспортних систем за рахунок раціонального по надійності управління розподілом цільового продукту на етапах оперативного управління, реконструкції та проектування, називаються нетрадиційними [1].

Умовно ці методи можна розподілити на такі чотири групи:

- алгоритмічні (інформаційні) засоби забезпечують підвищення надійності трубопровідних транспортних систем за рахунок вибору раціональних режимів їхнього функціонування шляхом імітаційного моделювання та оптимізації потокорозподілу в цих системах на етапах їх раціональної експлуатації, реконструкції та розвитку;

- методи розв'язки рівнів полягають в такій організації структури системи, при якій її окремі рівні чи зони розв'язані через акумулюючі резервуари або регулятори тиску;

- структурно-алгоритмічні (структурно-інформаційні) засоби дозволяють вибрати структуру і параметри ділянок ТТС таким чином, щоб при виході з ладу її окремого елемента чи навіть частини системи більшість споживачів мали б доступ до ЦП через шлях з нормальною пропускною здатністю. При цьому шляхом імітаційного моделювання на ПК оцінюється надійність функціонування системи в її усіченому варіанті. Наприклад, наявність низьконапірного кільця для системи водопостачання міста, на яке працюють станції подачі води, і з якого живляться резервуари насосних станцій, що працюють на міську водопровідну мережу, різко підвищує надійність функціонування цієї мережі та її живучість;

- альтернативні підходи, засновані на зниженні (або, принаймні, не

на збільшенні) завантаження основних трубопровідних транспортних систем за рахунок застосування різних альтернативних рішень.

1.Евдокимов А.Г., Тевяшев А.Д. Оперативное управление потокораспределением в инженерных сетях. – Харьков: Высшая школа, 1980. – 144 с.

2.Трубопроводные системы энергетики. Управление развитием и функционированием / Под ред. проф. Тевяшева А.Д. – Новосибирск: Наука, 2004. – 461 с.

3.Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1979. – 232 с.

4.Абрамович И.А. Новая стратегия проектирования и реконструкции транспортных сточных вод. – Харьков: Основа, 1996. – 316 с.

Отримано 17.01.2013

УДК 331.46:368.371

Б.М.КОРЖИК, канд. техн. наук, И.А.ТКАЧЕНКО
Харьковская национальная академия городского хозяйства

ЭКСПЕРТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РИСКАМИ

Рассматривается целесообразность использования экспертного оценивания эффективности стратегий управления производственными рисками с применением метода простого ранжирования.

Розглядається доцільність використання експертного оцінювання ефективності стратегій керування виробничими ризиками із застосуванням методу попарного порівняння.

The article discusses the use of use of expert estimation of efficiency of strategy of management by production risks with application of a method of simple ranging is considered.

Ключевые слова: риск, оценка, ранжирование, экспертиза.

Управление риском – это основные способы его изменения за счет воздействия на отдельные элементы. Устранение хотя бы одного основного элемента влечет снижение степени риска.

Управление рисками – сложный непрерывный процесс, включающий в себя, согласно [1]:

- анализ и количественную оценку риска;
- выработку эффективных стратегий управления производственным риском (управленческих мероприятий) для снижения высоких значений риска;
- оценку степени эффективности проведенных мероприятий по снижению риска.

Данный алгоритм применим и для оценки рисков возникновения неблагоприятных событий (НСоб), т.е. событий, возникающих в результате действия рискообразующей причины или совокупности таких причин под воздействием негативных факторов, приводящих к потере тру-