

вода, трубы и т.д.). В данном случае авария, ведущая к неработоспособности системы, определяется с помощью поиска минимальных сечений отказа.

Сценарный подход используется для инициирующих событий, ведущих к аварийным ситуациям, которые соединены причинно-следственными связями. Данный подход ближе к методологии функционального моделирования. Описываемые процессы являются носителями потерь качества продукции либо услуги, а соответственно, и безопасности. Поэтому каждый процесс может являться инициирующим событием, ведущим к аварийной ситуации. Процесс может подразумевать возникновение многих неблагоприятных событий, однако для каждого конкретного вида опасности можно задать численные значения вероятности возникновения опасности методом экспертных оценок.

В завершающей стадии разработки системы менеджмента рисков логическую модель необходимо преобразовать в эквивалентную вероятностную при помощи математических операций ортогонализации, разрезания и т.д. с получением ортогональной дизъюнктивно-нормальной формы, что даст возможность получить численные значения риска при функционировании магистрального трубопроводного транспорта. Логическая и вероятностная модели представляют собой механизм управления рисками.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 03-418-01 Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов / Стройконсультант [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. и прогр. (2,5 Гб). – Москва : Госстрой РФ, 2002. – 4 электрон. опт. диск (CD-ROM).
2. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб. : Политехника, 2000. – 248 с.

УДК 621.643/644:620.193.33

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН В СТЕНКЕ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ

А. А. Герасименко

*Омский государственный технический университет, г. Омск,
Российская Федерация*

При нагружении скорость роста усталостных трещин нормального отрыва описывается формулой Пэриса:

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K_I)^n, \quad (1)$$

Существенной особенностью поверхностных трещин трубопроводов является условие двухосного нагружения. Сделано предположение о том, что скорость роста трещины зависит как от величины коэффициента интенсивности напряжений ΔK_I , так и от степени двухосности напряженного состояния λ [1]. Тогда зависимость между скоростью роста трещин и коэффициентом интенсивности напряжений:

$$\frac{da}{dN} = C(\sqrt{1 + k\lambda}\Delta K_I)^n, \quad (2),$$

где a – размер трещины;
 N – число циклов нагружения;
 ΔK_I – размах коэффициента интенсивности напряжений;
 C, n – механические характеристики материала;
 k – коэффициент, учитывающий восприимчивость материала к двухосному нагружению.

Интегрируя дифференциальное уравнение (1) по размеру трещины, предполагая, что рост трещины продолжается до критического значения коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} либо до того момента, когда глубина поверхностной трещины станет равной толщине стенки трубопровода, получаем общую формулу для определения остаточного ресурса:

$$N^* = \int_{a_0}^{a=\delta} \frac{da}{f(\Delta K, C, n, k, \lambda)}, \quad (3)$$

где a_0 – зафиксированный размер трещины;
 δ – толщина стенки трубы;
 N^* – число циклов нагружения трубопровода до разрушения.

На примере участка с нефтепродуктами от резервуара до насосной станции показана применимость предложенной методики оценки остаточного ресурса с учетом степени двухосного напряжения.

В результате диагностики в приемо-раздаточном патрубке на его внешней и внутренней стороне обнаружены поверхностные трещины глубиной 1 мм, длиной 6мм.

Для расчета напряжений в месте врезки приемо-раздаточного патрубка, необходимо:

- в программном комплексе ANSYS смоделировать резервуар, создать жесткое закрепление по нижней кромке, по боковым кромкам ограничить перемещения по осям. В узле, который принимается за место врезки патрубка, приложить единичную силу, произвести расчет и определить перемещения в узле, в котором была приложена сила;

- в программном комплексе BENTLY AUTOPIPE необходимо построить часть технологической схемы от насосной станции до резервуара,

задать начальные параметры (давление, температура), расставить необходимые стойки и арматуру. В месте врезки трубопровода в резервуар задать жесткость как величину, обратную податливости, полученной в ANSYS. Произвести расчет напряжений в трубопроводе, полученные значения напряжений подставить в формулу (3).

Следует иметь в виду, что трещина на внешней стороне отвода находится в условиях двухосного растяжения, на внутренней – в условиях двухосного растяжения сжатия.

Таблица 1

Результаты расчета числа циклов до разрушения прямо-раздаточного патрубка

| Дефект | Число циклов до разрушения по формуле Пэриса | Число циклов до разрушения с учетом степени двухосности напряженного состояния |
|------------------------------------|--|--|
| на внешней стороне отвода в ПРП | 521969 | 444877 |
| на внутренней стороне отвода в ПРП | 521969 | 620983 |

На рассмотренном примере хорошо показана важность учета двухосных напряжений, подтверждена правильность методики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вансович, К. А. К вопросу об исследовании кинетики роста трещин при двухосном нагружении / К. А. Вансович, А. В. Карасев // Вопросы динамики и прочности машиностроения. – 1983.

УДК 622.692.4

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

М. И. Гидзяк¹, И. П. Гидзяк²

¹ *Ивано-Франковское областное бюро технической инвентаризации, г. Ивано-Франковск, Украина;*

² *Ивано-Франковский национальный университет нефти и газа, г. Ивано-Франковск, Украина*

Как известно, надежность магистрального трубопровода – это комплексное свойство сооружения, способность выполнять заданные функции, сохраняя на протяжении определенного времени определенные значения эксплуатационных параметров (показателей) в заданных пределах, что отвечает установленным режимам и условиям эксплуатации. Надеж-