

УДК 624

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ КОРРОЗИИ В ЭЛЕМЕНТЕ ТРУБОПРОВОДА НА ВЕЛИЧИНУ КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ

Г. П. ТАРИКОВ, А. Т. БЕЛЬСКИЙ, В. В. КОМРАКОВ

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь

Введение

Разрушение трубопроводов происходит, когда их несущая способность оказывается недостаточной для восприятия действующих в них усилий.

Проблема обеспечения прочности трубопровода, в частности, связана с разработкой метода оценки наступления предельного состояния, при котором полностью исчерпывается прочность конструкции и происходит ее разрушение, а также с разработкой методов оценки необходимого и достаточного запаса несущей способности, обеспечивающей неразрушимость трубопровода весь расчетный период его эксплуатации. При решении этих задач необходимо в первую очередь определить коэффициент интенсивности напряжений (КИН) при различных видах повреждений [1].

Рассматривается новый метод определения КИН, основанный на определении перемещений поверхностей трещины при деформации пластины. Сравнение результатов, полученных этим методом, с имеющимися решениями показало, что погрешность составляет не более 6 %.

Постановка задачи

Рассмотрим поперечный разрез трубы трубопровода (рис. 1).

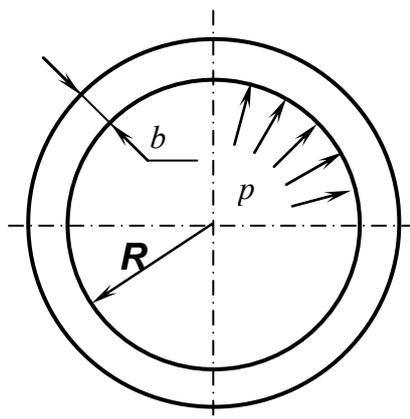


Рис. 1. Поперечный разрез трубы

Здесь R – внутренний радиус трубы, b – толщина стенки трубы, p – внутреннее давление.

Для определения напряжений в неповрежденной трубе можно воспользоваться уравнением Лапласа [2]:

$$\frac{\sigma_{\Theta}}{\rho_{\Theta}} + \frac{\sigma_M}{\rho_M} = \frac{p}{b}, \quad (1)$$

где σ_{Θ} и σ_M – соответственно окружное и меридианальное напряжения; ρ_{Θ} и ρ_M – радиусы кривизны.

Для трубы цилиндрической формы радиусы кривизны $\rho_{\Theta} = R$ и $\rho_M = \infty$. Тогда из уравнения Лапласа получим выражение для окружной составляющей напряжения внутри стенки трубопровода:

$$\sigma_{\Theta} = \frac{p \cdot R}{b}, \quad (2)$$

где p – давление внутри трубы; R – радиус внутренней стенки трубы.

Выражение для меридиальной или осевой составляющей напряжения внутри стенки трубопровода определим по следующей формуле:

$$\sigma_M = \frac{P}{A}, \quad (3)$$

где P – осевая составляющая сил давления; A – площадь сечения стенки трубы.

Подставляя выражения для этих величин в формулу (3), получаем следующее выражение для определения осевой составляющей напряжения внутри стенки трубопровода:

$$\sigma_M = \frac{\pi \cdot R^2 \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot b} = \frac{R \cdot p}{2 \cdot b}. \quad (4)$$

Так как материал стенки трубопровода находится в условиях плоского напряженного состояния, то в качестве модели его элемента, имеющего эксплуатационные повреждения можно принять пластину с соответствующими дефектами (рис. 2). На основании принципа Сен-Венана будем считать, что $\sigma_0 = \sigma_{\Theta}$.

Для определенности были приняты следующие размеры пластины: толщина 2 мм, длина $a = 80$ мм, ширина $b = 20$ мм, длина основной коррозии с трещиной c принималась равной 5 и 10 мм и глубиной $d = 2; 4; 6$ мм, длина трещины $e = 1; 2; 3; 4$ мм, длина дополнительной коррозии 10 мм и глубиной $f = 2; 4; 6$ мм, расстояния g между коррозионными повреждениями принимались равными 15; 20 и 25 мм (рис. 2).

На основании многочисленных экспериментов установлено, что при расчетах следует принимать ширину трещины равной 0,2 мм.

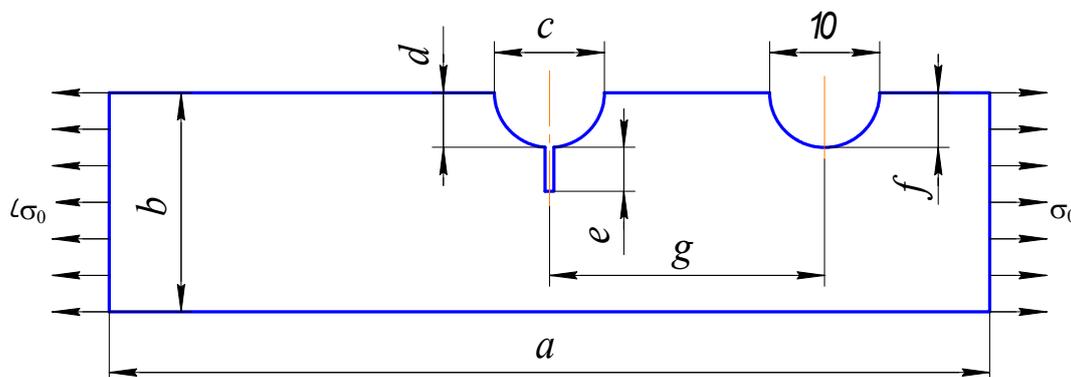


Рис. 2. Расчетная схема

Методика проведения исследований

Исследование напряженно-деформированного состояния пластин и определения КИН осуществлялось с помощью метода конечных элементов. При этом использовались пакеты программ Solid Works 2006 и Cosmos Works 2006.

Для создания вариантов моделей в виде пластин с различными геометрическими параметрами повреждений в виде коррозий и трещины использована возможность пакета программ Solid Works 2006, который позволяет получить различные конфигурации исходной детали с помощью таблицы параметров.

С помощью таблицы параметров были созданы различные конфигурации пластин путем задания параметров во встроенной таблице Microsoft Excel. Таблица параметров сохраняется в документе модели. При этом у нее теряется связь с исходным файлом Microsoft Excel. В таблицах параметров можно управлять размерами, состоянием погашения некоторых элементов детали и другими параметрами конфигурации.

При исследовании напряженно-деформированного состояния пластин для всех сочетаний принятых геометрических параметров повреждений были созданы 72 конфигурации исходной пластины.

Результаты исследований

Для каждой конфигурации пластины определены значения КИН. В качестве примера на рис. 3 построены графики, на которых приведена зависимость значения КИН от параметров c, d, f, g .

Для всех рассмотренных случаев получены полиномы, позволяющие определять значение КИН для всех рассмотренных вариантов геометрических параметров повреждений. Коэффициенты полиномов представлены в таблице.

Полином, описывающий изменение коэффициента интенсивности напряжений в зависимости от геометрических параметров расчетной модели:

$$K(e) = A_1 \cdot e^3 + A_2 \cdot e^2 + A_3 \cdot e + A_4. \quad (5)$$

Значения коэффициентов полинома

№ п/п	Длина основной коррозии c , мм	Глубина основной коррозии d , мм	Глубина дополнительной коррозии f , мм	Расстояние между двумя видами повреждений g , мм	Коэффициенты полинома			
					A_1	A_2	A_3	A_4
1	5	4	6	15	0,1326017	-0,5569272	4,8797427	13,0480076
2	5	4	6	20	0,0530407	0,0795610	3,5272054	14,4801060
3	5	4	6	25	0,2652034	-1,5116594	7,4522157	11,6159093
4	5	6	6	15	0,1591220	-0,3978051	6,2853208	19,5720115
5	5	6	6	20	-0,0265203	1,0342933	3,2885223	22,5953303
6	5	6	6	25	0,0795610	0,3182441	5,0123444	21,9588421
7	10	4	6	15	0,0265203	0	4,5880189	11,9341533
8	10	4	6	20	0,0530407	-0,2386831	5,4366698	11,7750313

№ п/п	Длина основной коррозии c , мм	Глубина основной коррозии d , мм	Глубина дополнительной коррозии f , мм	Расстояние между двумя видами повреждений g , мм	Коэффициенты полинома			
					A_1	A_2	A_3	A_4
9	10	4	6	25	0,1060814	-0,6364882	6,5770445	10,9794211
10	10	6	6	15	0,0530407	0,0795610	6,3914022	17,8216689
11	10	6	6	20	0,2386831	-1,3525374	10,0246889	16,5486926
12	10	6	6	25	0,3978051	-2,3072697	11,9341534	16,0713265

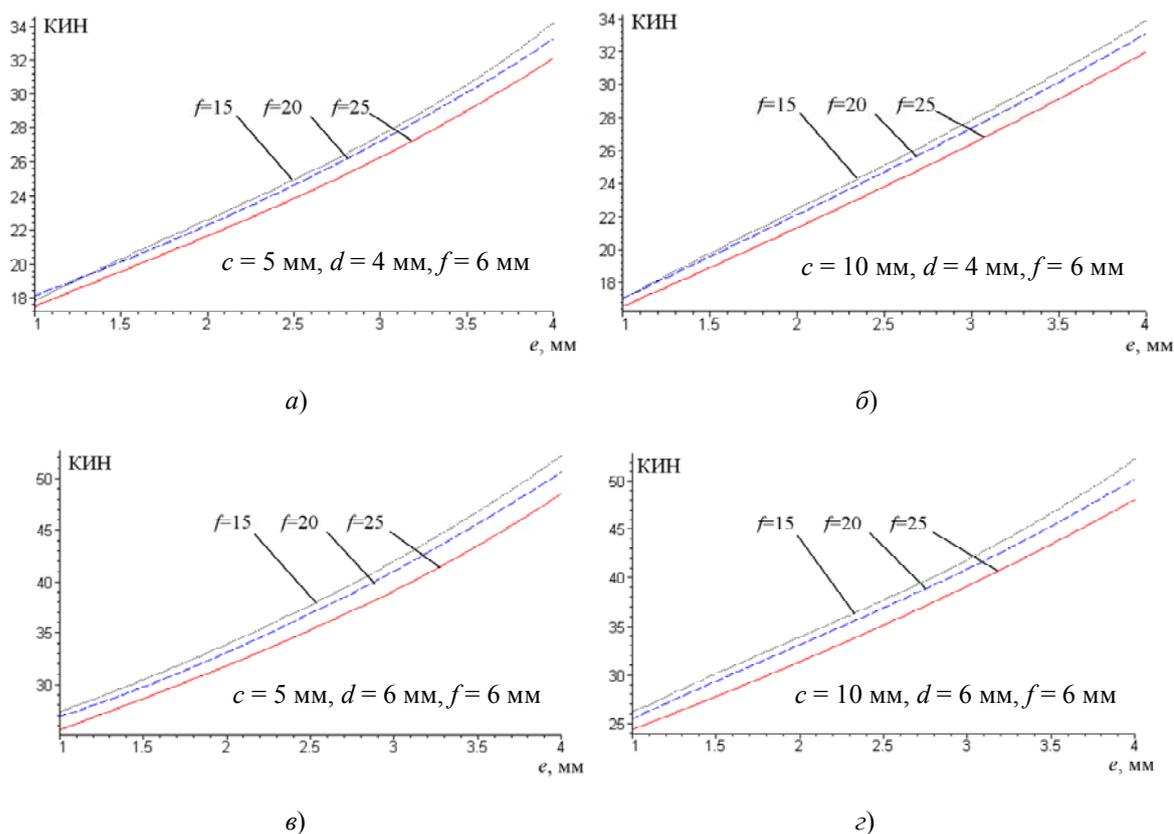


Рис. 3. Графики зависимости КИН от рассмотренных коррозионных повреждений

Заключение

Наибольшее влияние на величину КИН помимо длины трещины оказывает глубина основной коррозии. При их увеличении значение КИН возрастает. Ширина основной коррозии влияет на величину КИН незначительно.

При приближении дополнительной коррозии к основной и увеличении глубины последней значение КИН возрастает.

Таким образом, предлагаемый метод позволяет определять значения КИН при наличии различных эксплуатационных повреждений трубопроводов, что дает возможность оценить их несущую способность.

Литература

1. Андрейкив, А. Е. Пространственные задачи теории трещин / А. Е. Андрейкив. – Киев : Наук. думка, 1982. – 345 с.
2. Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов / В. И. Феодосьев. – Москва : Наука, 1967. – 552 с.

Получено 29.09.2008 г.