

**Прогнозирование остаточного срока безаварийной службы полых металлических объектов под влиянием общей коррозии их наружной поверхности при проведении экспертизы промышленной безопасности**  
**Акбашев Р. М.<sup>1</sup>, Жуляев С. И.<sup>2</sup>, Курдюмов Н. И.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Акбашев Раниф Мунавирович / Akbashev Raniph Munavirovich – эксперт,  
ООО «ТЕНЗОР»;

<sup>2</sup>Жуляев Сергей Иванович / Zhulyaev Sergey Ivanovich – эксперт;

<sup>3</sup>Курдюмов Николай Иванович / Kurdyumov Nicolay Ivanovich – эксперт,  
ООО «ТЕХИННОВАЦИЯ», г. Москва

**Аннотация:** рассмотрено влияние общей коррозии в виде питтингов, язв и утонений наружной поверхности полых металлических объектов большой площади на их прочностные свойства. Приведена методика оценки срока безаварийной службы металлических объектов при наличии общей коррозии в зависимости от ее параметров для целей промышленной экспертизы безопасности.

**Ключевые слова:** промышленная экспертиза, общая коррозия, остаточный срок.

Значительная часть промышленного оборудования ответственного назначения имеет вид полых металлических объектов. К ним относятся трубопроводы и резервуары нефтехимических, химических и других производств. Как показывает опыт эксплуатации подобных объектов, их разрушению в значительной степени способствуют коррозионные процессы. В полых металлических объектах, уложенных в грунт или имеющих внешнюю тепловую изоляцию, характерно развитие коррозии преимущественно со стороны внешней поверхности.

Коррозионное состояние трубопроводов может определяться по результатам внутритрубной диагностики (ВТД) с применением снарядов-дефектоскопов [1]. Степень коррозионного поражения резервуаров, выполненных из магнитной стали, успешно определяется с помощью магнитных сканеров [1]. Резервуары, выполненные как из магнитного, так и немагнитного материала толщиной до 20 мм, контролируются вихретоковым методом на основе технологии, разработанной фирмой «TesTex» [2].

В задачи промышленной экспертизы входит оценка степени опасности выявленных дефектов. Основными параметрами, определяющими опасность разрушения объектов, поврежденных общей коррозией, являются механическое напряжение в стенке и параметры коррозионного дефекта: его глубина  $h$  и длина  $l$  [3].

Степень опасности в большей степени зависит от глубины дефекта, который не может превышать некой критической величины. Критическая глубина  $h_k$  поверхностных дефектов типа коррозионных повреждений эллипсоидальной формы в металле толщиной  $t$  определяется известным выражением [4]:

$$h_k = t - L\varepsilon\sqrt{0,1785 P/\sigma_B}, \quad (1)$$

где  $L\varepsilon$  – длина коррозионного повреждения (большая из осей эллипса);  $P$  – рабочее давление;  $\sigma_B$  – предел прочности металла.

В выражении (1) при расчете критического дефекта используется именно  $\sigma_B$ . Это связано со способностью металла сохранять целостность и после превышения предела текучести. Утрата несущей способности конструкции и ее разрушение происходят только после достижения в металле напряжений, равных  $\sigma_B$ .

Как правило, диагностируемые конструкции имеют цилиндрическую поверхность. Для определения максимально допустимой длины  $L_d$  коррозионного повреждения в конструкции с диаметром  $D$  и толщиной  $t$  можно воспользоваться формулой [5]:

$$L_d \leq 1,118 \sqrt{\left[\left(\frac{\alpha}{1,1 \alpha - 0,15}\right)^2 - 1\right] Dt}, \quad (2)$$

где  $\alpha = h_k/t$ .

При наличии нескольких дефектов целесообразно воспользоваться подходом, предложенным в работе [6].

Суть его заключается в следующем.

1. Длина  $L_o$  дефектов определяется в направлении, ортогональном направлению действующих механических напряжений.

2. Отдельными принимаются дефекты с  $L_o < 0,4L_d$ , если расстояние между ними более, чем их длина  $L_o$  меньшего из них.

3. Отдельные дефекты с длиной  $L_o < 0,1L_d$  не учитываются.

4. Дефекты при  $L_o < 0,4L_d$  расположенные друг относительно друга на расстоянии менее  $L_o$  наименьшего дефекта, считаются одним дефектом с длиной, равной сумме их длин  $L_o$  и расстояний между ними.

5. Дефекты 1 и 2 с  $L_{o1} > 0,4L_d$  и  $L_{o2} > 0,4L_d$  считаются отдельными, если расстояние  $r_{12}$  между ними более  $3L_o$  наименьшего дефекта.

6. Дефекты 1 и 2 с  $L_{o1} > 0,4L_d$  и  $L_{o2} > 0,4L_d$  при  $r_{12} < 3L_o$  объединяются, а длина  $L_{12}$  объединенного дефекта принимается равной  $L_o = L_{o1} + L_{o2} + r_{12}$

7. Дефекты 1 и 2, расположенные на одной линии, считаются отдельными, если  $L_{o1} < 0,3L_d$  и  $L_{o2} < 0,3L_d$  а расстояние  $r_{12} = \min(L_{o1}, L_{o2})$ .

8. Группа дефектов {1, 2, ...n} считается одним дефектом, если любое расстояние  $r_{ij}$  между ними удовлетворяет условию  $r_{ij} < \max(L_{o1}, L_{o2}, L_{on})$  при условиях  $(L_{o1}, L_{o1}, L_{on}) < 0,2L_d$ .

9. Если расстояние между дефектами в группе превосходит  $L_o$  наибольшего дефекта, при расчете эквивалентной длины  $L_{oэ}$  учитывается только длина  $L_o$  дефектов, расположенных по длине этой группы.

После вычисления критической величины  $h_k$  дефект срок безаварийной эксплуатации объекта можно оценить по формуле:

$$T = \frac{h_k - h_{max}}{\delta}, \quad (7)$$

где  $\delta$  — скорость коррозии,  $h_{max}$  — величина дефекта максимальной глубины.

Скорость коррозии определяется путем повторной дефектометрии для одного и того же поврежденного участка и вычисляется по формуле

$$\delta = \frac{\Delta h}{\Delta t}, \quad (8)$$

где  $\Delta h$  — изменение глубины дефекта через промежуток времени  $\Delta t$ .

Если повторная дефектометрия не проводилась, то скорость коррозии, в соответствии с известными рекомендациями [6], принимается выше наблюдаемых на практике для аналогичных условий скоростей коррозии по крайней мере на 40 %. Обычно эта величина имеет порядок 1 мм/год.

### Литература

1. Канайкин В. А. Общие и стресс-коррозионные повреждения, выявляемые внутритрубной дефектоскопией на магистральных газопроводах. — Екатеринбург. — «Банк культурной информации». — 2004. — 368 с.
2. Heureux R. L., Ramchandran S. Выявление внутренней коррозии трубопроводов с использованием низкочастотного электромагнитного метода // В мире неразрушающего контроля. — № 9. — 2011. — С. 35–37.
3. Велюлин И. И. Совершенствование методов ремонта газопроводов. — М. — «Нефть и газ». — 1997. — 224 с.
4. Дальний транспорт газа. Под ред. Е. А. Никитенко. — М.: «Недра». — 1970. — 220 с.
5. Марвин К. Прочность труб, подвергшихся коррозии. Экспресс-информация. Серия: «Транспорт и хранение нефти и газа». — № 4. — М.: ВИНТИ. — 1973. — С. 11-17.
6. Коррозионное растрескивание аустенитных и ферритоперлитных сталей / В. В. Сагарадзе, Ю. И. Филиппов, А. Ф. Матвиенко, Б. И. Мирошниченко, В. Е. Лоскутов, В. А. Канайкин. Екатеринбург: УРО РАН, 2004. — 228 с.