

УДК 620.179

Оценка деградации свойств и остаточного ресурса трубопроводов тепловых сетей методами неразрушающего контроля

Синев Иван Олегович^(*)

sinevio@bmstu.ru

SPIN-код: 6664-8958

Пургина Евгения Евгеньевна

purgina844@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе представлены результаты экспериментального исследования деградации материала трубопроводов тепловых сетей после длительной эксплуатации. Проведен анализ изменения механических свойств, оценена возможность применения комплекса методов неразрушающего контроля (НК) для диагностики состояния и прогнозирования остаточного ресурса. На основе риск-ориентированного подхода предложена методика оценки, позволяющая повысить достоверность прогноза безопасной эксплуатации.

Ключевые слова: тепловые сети, остаточный ресурс, неразрушающий контроль, коррозия, механические свойства, риск-ориентированный подход

Введение. Трубопроводы тепловых сетей являются критически важными объектами городской инфраструктуры. Значительный износ сетей и высокий уровень аварийности, 80–85 % которых вызваны наружной коррозией [1], обуславливают актуальность задач по оценке их технического состояния и прогнозированию остаточного ресурса. Для оценки состояния труб широкое распространение получили критерии, основанные на результатах измерения параметров ультразвука (УЗ), коэрцитивной силы (КС), электросопротивления (ЭС), вихревых токов (ВТ). Перечисленные методы исследования были использованы в данной работе, проведенной с целью комплексной оценки деградации свойств и остаточного ресурса трубопроводов тепловых сетей методами неразрушающего контроля.

Методы и материалы; результаты. Для проведения исследований были выбраны два фрагмента участков прямых трубопроводов из конструкционной малоуглеродистой стали 20 со сроком эксплуатации 17 и 26 лет. Из каждого фрагмента были изготовлены образцы. Геометрия образцов определена в соответствии с ГОСТ 1497. Для оценки параметров неразрушающего контроля в процессе растяжения выполнялись периодические остановки (10–12 шт.). Также в работе была оценена деградация механических свойств после эксплуатации. Была выполнена была выполнена оценка остаточного ресурса $[T_{NDT}]$ испытанных образцов с использованием комплекса методом контроля по соотношению

$$[T_{NDT}] = \min(T_i), \quad (1)$$

где значение остаточного ресурса по каждому их методом (T_i) определяется как

$$[T_i] = \frac{|Y^{\text{крит}} - Y|}{A_H}, A_H = \left| \frac{Y - Y^0}{C} \right|, \quad (2)$$

где $Y^{\text{крит}}$ — предельное значение контролируемого параметра для данной стали (определялось как значение параметра при пределе прочности); Y — среднее значение контролируемого параметра, полученное в результате измерений; A_H — скорость роста (снижения) контролируемого параметра; где Y^0 — исходное значение контролируемого параметра (для поставки металла); C — время эксплуатации [2]. С использованием соотношений (1) и (2) на основе начальных измерений параметров неразрушающего контроля был рассчитан остаточный ресурс материала в зависимости от срока эксплуатации.

Из результатов испытаний следует, что с увеличением срока эксплуатации пределы упругости (σ_y), текучести (σ_T) и прочности (σ_B) материала снижаются, однако пластичность материала остается достаточно высокой для всех исследуемых образцов.

Согласно результатам оценки коэрцитивной силы, остаточный срок службы составил 37,5 лет для образца после 17 лет эксплуатации и 18,4 года — после 26 лет. Анализ параметра вихревых токов показывает значения 19,9 лет и 32,1 года соответственно. Наиболее точную и реалистичную оценку дает метод измерения электрического сопротивления. Согласно ему, остаточный ресурс обоих образцов оказывается существенно ниже и составляет всего 2,3 года и 0,2 года для образцов с 17 и 26 годами службы, что и может быть принято в качестве параметра $[T_{NDT}]$.

Заключение. В результате работы экспериментально подтверждено значительное ухудшение прочностных свойств материала трубопроводов тепловых сетей после 17 и 26 лет эксплуатации, показана эффективность комплекса методов НК (вихретоковый, ультразвуковой, коэрцитивной силы, электрического сопротивления) для диагностики состояния материала и мониторинга его деградации в процессе нагружения. Разработана и апробирована методика оценки остаточного ресурса, основанная на данных неразрушающего контроля и риск-ориентированном подходе.

Список источников

- [1] Данилова А.С. Анализ аварийности сетей тепло- и газоснабжения. *Вестник магистратуры*, 2021, т. 1-5, № 112, с. 27–31.
- [2] Кузьминов Л.А. и др. Оценка остаточного ресурса портального крана при проведении экспертизы промышленной безопасности. *European science*, 2015, № 8 (9).