

УДК 622.691.4

## ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

**В.В. БЕРДАШКЕВИЧ**

(Представлено: А.Н. Янушонок)

*Целью исследования оценка фактического состояния материала распределительных газопроводов и определения срока службы газопроводов.*

В настоящее время общая протяженность распределительных сетей природного газа Республики Беларусь составляет около 65 тыс. км. Из них находится в эксплуатации 35 тыс. км полиэтиленовых и 30 тыс. км стальных газопроводов, входящих в газораспределительную систему Республики Беларусь.

Фактический срок эксплуатации части газопроводов превысил нормативный срок службы, который составляет 40 лет. После достижения данного срока требуется выполнение мероприятий по техническому обследованию, а для газопроводов, находящихся в эксплуатации свыше 40 лет (в среднем по системе – 17% от общей протяженности стальных газопроводов) – выполнение мероприятий по техническому диагностированию для принятия решения по дальнейшему продлению назначенного ресурса газопроводов или их реконструкции (замены) [1].

В отличие от магистральных трубопроводов в распределительных сетях низкого давления избыточное давление не вызывает таких значительных напряжений в металле труб, что снижает скорость деградации их служебных свойств. Таким образом, встает вопрос об обоснованности 40-летнего нормативного срока службы распределительных газопроводов и возможности его изменения в сторону его увеличения.

Научные основы определения технического состояния включают:

- обоснование параметров, с помощью которых оценивается его техническое состояние;
- определение критериев достижения предельного состояния;
- оценку напряженно-деформированного состояния конструкций;
- установление механизма деградации материала.

Качество решения поставленной задачи зависит от полноты собранной информации об объекте диагностирования, полученной при изготовлении и за все время его эксплуатации. Оценка остаточного ресурса газопроводов проводится путем экстраполяции изменения значений измеряемых характеристик, определенных при текущем диагностировании, при сохранении существующих условий эксплуатации (рисунок 1).

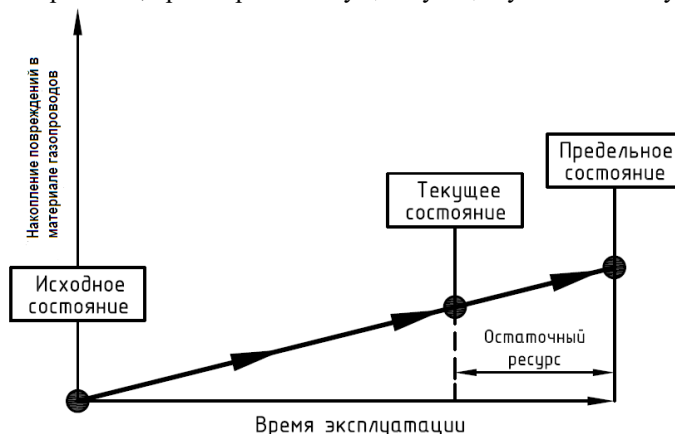


Рисунок 1. — Схема, поясняющая определение остаточного ресурса газопроводов

Классический подход к анализу материала конструкций газопроводов предусматривает оценку во взаимосвязи изменений во времени его химического состава, структуры и механических свойств в зависимости от влияния внешних факторов (температуры, давления и воздействия агрессивных сред) [2].

Для оценки состояния материала труб распределительных газопроводов нами была разработана программа испытаний и проведена серия экспериментов. Испытаниям подвергался основной металл и сварные соединения сетевых газопроводов, которые эксплуатируются более 30 лет. Определено 49 мест для вырезки участков газопроводов. Минимальная толщина стенки составляла 4°мм, диаметр – не менее 89°мм. По возможности для исследований выбирали трубы, которые эксплуатировались в наихудших условиях: с малым радиусом изгиба, что ведет к повышенным напряжениям в металле труб в процессе эксплуатации, и в грунтах с высокой коррозионной активностью.

Отбор проб для испытаний на растяжение и ударный изгиб проводился по ГОСТ 7564 [3]. Из объектов исследования изготавливались стандартные образцы.

Испытания на растяжение проводились на разрывной машине ZD 10/90 №55/72 (свидетельство о калибровке ВУ 01 №3096-41 от 08.09.2020 г. Объем испытаний составлял не менее 2 образцов для определения значений на каждую исследуемую точку. Для испытания на ударный изгиб по ГОСТ 9454 [4] изготавливались образцы длиной 55 мм, шириной 8 мм, с V-образным концентратором напряжений

Оценка макроструктуры и микроструктуры проводились по стандартным методикам. Подготовка образцов производилась холодным механическим способом:

- резанием (образцы вырезались);
- заливка эпоксидной смолой для получения шлифов;
- шлифовались, полировались на станок шлифовальный «Mecatome T201A зав. №214»;

Для выявления микроструктуры проводилось травление образцов 3% раствором азотной кислоты в спирте, протиркой контролируемого сечения реактивом. По окончании травления шлифы тщательно промывались в проточной воде и просушивались.

Измерение твердости производились на твердомере ТК-2 зав. №255.

Химический состав трубных сталей определяли спектроскопическими методами.

Результаты исследований наносили на временную шкалу. После чего устанавливали наличие деградации механических свойств и анализировали изменения, происходящие в материале. По каждому из выбранных критериев проводили статистическую обработку экспериментальных данных согласно [5], их аппроксимацию и последующую экстраполяцию (выбор функции экстраполяции определялся наиболее быстрым снижением свойств при высоком коэффициенте возможной корреляции) с целью оценки возможности эксплуатации в течение не менее 15 лет. В качестве предельных значений принимались минимальные нормативные значения исследуемых параметров.

Таблица 1. – Результаты статистической обработки изменений свойств металла труб

№	Статистический параметр	Ударная вязкость, KCV, Дж/см <sup>2</sup> ,	Относительное удлинение $\delta_5$ , %,	Предел текучести $\sigma_{02}$ , МПа,	Предел прочности $\sigma_b$ , МПа	Предел прочности сварного шва $\sigma_w$ , МПа
2	Среднее значение от шва ( $X_{cp}$ )	105,8	32,4	347,3	445,0	441,3
3	Стандартное отклонение S по генеральной совокупности	17,025	4,070	37,516	33,668	37,282
4	Стандартное отклонение среднего $S_{cp}$	2,4321	0,5814	5,3594	4,8097	6,6960
6	Доверительный интервал ДИ= $t \cdot S_{cp}$	4,890	1,169	10,776	9,671	13,675
7	Относительная ошибка $\delta$ , %	4,6221	3,6082	3,1026	2,1731	3,0985
9	Предельная остаточная погрешность первичных измерений данной серии	43,787	10,467	96,491	86,594	89,513

Промахом считается любой отслеживаемый параметр  $X_i$ , для которого  $|\Delta x_i| > f_{np.n}$ . Это условие выполняется для одной точки № 31, поэтому все измерения в данной серии принимаются действительными для дальнейшего анализа.

Таблица 2 – Результаты статистической обработки ударной вязкости сварного соединения труб KCV, Дж/см<sup>2</sup>

№	Статистический параметр	Околошовная	Шов
2	Среднее значение KCV, Дж/см <sup>2</sup> , от шва ( $X_{cp}$ )	91,2	83,5
3	Стандартное отклонение S по генеральной совокупности	31,493	30,284
4	Стандартное отклонение среднего $S_{cp}$	4,4990	4,3262
6	Доверительный интервал ДИ= $t \cdot S_{cp}$	9,046	8,698
7	Относительная ошибка $\delta$ , %	9,9167	10,4213
9	Предельная остаточная погрешность первичных измерений данной серии	81,000	77,889

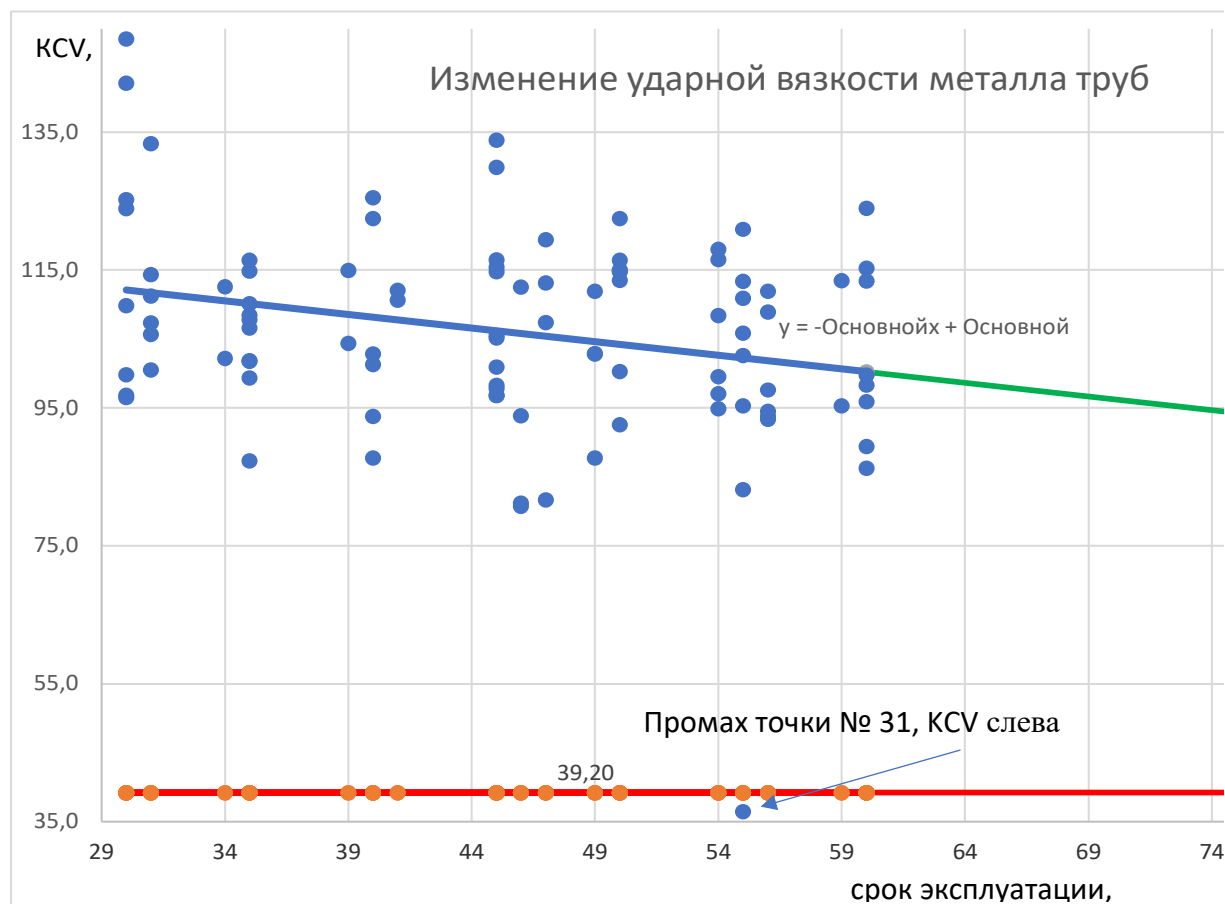


Рисунок 2 – Аппроксимация изменения ударной вязкости металла труб KCV слева от шва (синяя линия) по сроку эксплуатации, лет, и её экстраполяция (зелёная линия). Красная линия – нормативное значение KCV

**Заключение.** Нормативный срок службы распределительных газопроводов может быть увеличен с 40 до 55 лет при условии сохранения текущей политики эксплуатации. Увеличение срока службы только до 55 лет обусловлено тем, что сохраняется достаточный срок до исчерпания остаточного ресурса по критерию ударной вязкости, а также увеличением дисперсии значений контролируемых параметров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Газораспределение и газопотребление: СН 4.03.01-2019. – Введ. 21.09.2020 (с отменой ТКП 45-4.03-267-2012 (02250), ТКП 45-4.03-257-2012 (02250) (в части проектирования газопроводов из полиэтиленовых труб)). – Минск: Стройтехнорм, 2020. – 113 с.
2. РД 03-421-01. Методические указания по проведению диагностирования технического состояния и определению остаточного ресурса службы сосудов и аппаратов, СПб.: ЦОТПБСП, 2003, р. 136 с.
3. ГОСТ 7564. Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний, Мн.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997, р. 15 с.
4. ГОСТ 9454-78. Металлы. Методы испытаний на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах, М.: Издательство стандартов, 2008.
5. Камкина, Л.В., Надточий, А.А., Гришин, А.М., Стогний, Ю.Д., Основы научных исследований: Учебное пособие, Днепрпетровск: НМетАУ, 2013, 88 с.