

## **Секция 2 «Моделирование физических процессов»**

### **Председатели:**

Тюменков Геннадий Юрьевич, канд. физ.-мат. наук, доцент.

Дей Евгений Александрович, канд. физ.-мат. наук, доцент.

### **В. В. Бердашкевич**

(ПГУ имени Евфросинии Полоцкой, Новополоцк)

Науч. рук. **А. Н. Янушонок**, ст. преподаватель

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТАРЕНИЯ ТРУБ**

В настоящий момент возраст около 17% распределительных газопроводов от общей протяженности по Республике Беларусь превышает сорокалетний период и газопроводы продолжают стремительно стареть. В связи с этим возникает необходимость анализа и оценки их ресурса [1].

Моделирование процесса старения труб сетевых газопроводов необходимо для решения поставленных задач. С этой целью мы разработали программу испытаний и провели серию экспериментов. Испытаниям подвергались основной металл сетевых газопроводов, эксплуатируемых более 30 лет, и их сварные соединения. Определено 49 мест для вырезки участков газопроводов. Минимальная толщина стенки составляла 4 мм, а диаметр при этом – не менее 89 мм. По возможности для исследований были отобраны трубы, которые эксплуатировались в наиболее худших условиях.

Проведены следующие испытания для определения механических свойств: испытания на статическое растяжение плоских образцов, испытания на ударный изгиб с V-образным концентратором, испытания на статический изгиб сварных соединений. Оценка макроструктуры и микроструктуры проводились по стандартным методикам. А спектроскопическими методами определяли химический состав трубных сталей.

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 [2], результаты которых представлены в таблицах 1 и 2.

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 $\sigma_B$ , МПа
1	Среднее значение от шва ( $X_{cp}$ )	105,8	32,4	347,3	445,0	441,3
2	Стандартное отклонение S по генеральной совокупности	17,0	4,070	37,516	33,668	37,282
3	Стандартное отклонение среднего $S_{cp}$	2,43	0,5814	5,3594	4,8097	6,6960
4	Доверительный интервал ДИ= $t \cdot S_{cp}$	4,89	1,169	10,776	9,671	13,675
5	Относительная ошибка $\delta$ , %	4,622	3,6082	3,1026	2,1731	3,0985
6	Предельная остаточная погрешность первичных измерений данной серии	43,787	10,467	96,491	86,594	89,513

На рисунке 1 мы можем видеть аппроксимацию и последующую экстраполяцию (выбор функции экстраполяции определялся наиболее быстрым снижением свойств при высоком коэффициенте возможной корреляции) ударной вязкости сварного шва труб с целью оценки возможности эксплуатации в течение не менее 15 лет.



Рисунок 1 – Аппроксимация изменения ударной вязкости сварного шва металла труб KCV, Дж/см<sup>2</sup>, (синяя линия) по сроку эксплуатации, лет, и её экстраполяция (зелёная линия).

Красная линия – нормативное значение KCV

В качестве предельных значений принимались минимальные нормативные значения исследуемых параметров в соответствии с действующими ТНПА.

Промахом считается любой отслеживаемый параметр  $x_i$ , для которого  $|\Delta x_i| > f_{np.n}$ . Это условие не выполняется ни для одной точки в серии, 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
1	Среднее значение KCV, Дж/см <sup>2</sup> , от шва ( $X_{cp}$ )	91,2	83,5
2	Стандартное отклонение S по генеральной совокупности	31,493	30,284
3	Стандартное отклонение среднего $S_{cp}$	4,4990	4,3262
4	Доверительный интервал ДИ= $t \cdot S_{cp}$	9,046	8,698
5	Относительная ошибка $\delta$ , %	9,9167	10,4213
6	Предельная остаточная погрешность первичных измерений данной серии	81,000	77,889

На основании проведенных исследований было выявлено, что ресурс сетевых газопроводов ограничивается, в первую очередь, показателями ударной вязкости сварных соединений. При условии продолжении текущей политики эксплуатации, ресурс сетевых газопроводов составит не менее 74 лет. Однако потребуются дополнительные испытания «возрастных» газопроводов через 10-15 лет для уточнения прогноза и возможного дальнейшего продления ресурса.

## Литература

1. О возможности продления срока службы труб распределительных газопроводов с учётом изменений их структуры и основных механических свойств / А. А. Чухнов [и др.] // Энергетическая стратегия. – 2022. – №4(88). – С. 32–35.
2. Основы научных исследований: Учебное пособие / Л. В. Камкина [и др.]. – Днепропетровск: НМетАУ, 2013. – 88 с.