

# **МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛАВИННЫХ РАЗРУШЕНИЙ ГАЗОПРОВОДНЫХ ТРУБ ПРИ ПОЛИГОННЫХ ИСПЫТАНИЯХ**

*Ю.И. Пашков, М.А. Иванов*

Газопроводные трубы используются для сооружения техногенноопасных магистральных газопроводов. Проблема обеспечения повышенной надежности и безопасности данных труб является одной из первоочередных научных и технических задач. Исследования проводятся, как на стадиях разработки и освоения новых трубных сталей и труб, так и непосредственно при изготовлении серийной трубной продукции. Заключительным этапом исследований оценки несущей способности газопроводных труб являются натурные испытания секций трубопроводов длиной до 100 м и более. Трубопровод нагружается внутренним давлением воздухом до требуемой

величины. По всей длине трубопровода устанавливаются датчики времени разрушения для определения скорости распространения трещины. Иницирование разрушения осуществляется из зоны предварительно нанесенного поверхностного искусственного надреза с помощью кумулятивного заряда.

При полигонных испытаниях контролируется способность труб противостоять локальным или лавинным разрушениям магистральных газопроводов.

К сожалению, приходится констатировать, что на сегодня отсутствует в нормативных актах строгое физическое определение локальных и лавинных разрушений газопроводов.

В рамках настоящей работы с учетом реального процесса разрушения газопроводов и многочисленных отечественных и зарубежных исследований в области механики разрушений трубопроводов представляется целесообразным дать определение локальных и лавинных разрушений газопроводов.

**Лавинные разрушение газопровода** – разрушение при скорости распространения трещины 400 м/с и более при условиях спада окружных напряжений впереди трещины и сохранение постоянства энергии разрушения в устье трещины. Процесс разрушения реализуется за счет энергии упругой деформации, накопленной в стенке газопровода. Энергия упругой деформации сжатого газа в этих условиях не участвует в разрушении газопровода.

**Локальное разрушение газопровода** – разрушение при скорости распространения трещины меньше 400 м/с. Процесс разрушения реализуется за счет накопленной энергии сжатого газа, которая в 10 и более раз выше энергии разрушения материала, из которого изготовлен газопровод.

С учетом данной научной концепции в работе рассматривается метод прогнозирования лавинных разрушений при испытании газопровода на полигоне.

На базе многочисленных статистических материалов по разрушению магистральных газопроводов диаметром от 530 до 1420 мм, произошедших в нашей стране и за рубежом, выявлено, что лавинные разрушения могут распространяться длиной до 10–13 км, а локальные разрушения – длиной 30–40 м.

Предложенный метод базируется на физических подходах количественного метода оценки сопротивляемости материалов газопровода лавинному разрушению, предложенному в работах [1–3]. Количественный метод основан на сопоставлении потенциальной энергии или ее эффективной части  $a_3$ , запасенной в газопроводе и расходуемой на продвижение трещины, с сопротивляемостью материала, оцениваемой величиной распространения трещины  $a_p$  при скорости распространения трещины равной 400 м/с.

Нормативная величина удельной работы распространения трещины

$a_{p(400)}^H$  при скорости трещины равной 400 м/с определяется расчетом по следующей зависимости:

$$a_{p(400)}^H = \frac{\pi P^2 D^3 (1 - \mu^2)}{8ES},$$

где  $P$  – давление;  $D$  – диаметр газопровода;  $S$  – толщина стенки;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $E$  – модуль нормативной упругости материала.

Фактическая величина  $a_{p(400)}^\Phi$  материала испытываемого газопровода определяется экспериментально.

Следовательно, для прогнозирования лавинных разрушений реальных газопроводов, испытываемых на полигоне, необходимо располагать нормативной и фактической величиной работы распространения трещины.

Перед испытанием трубопровода на полигоне проводится испытание стандартных образцов на растяжение с записью условной диаграммы деформирования и построением истинной диаграммы.

После испытаний секции газопровода на полигоне вырезаются темплеты (пластины) размером 50×100 мм в зонах контроля  $V_p$  согласно схеме, представленной на рис. 1. В темплетях замеряются пластические деформации в зонах разрушения.

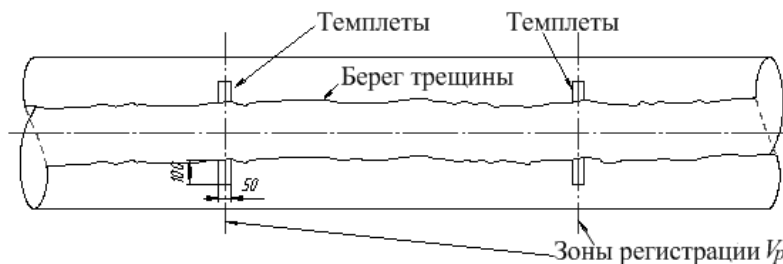


Рис. 1. Схема вырезки темплетов из разрушенного газопровода

Согласно [4] определяется фактическая удельная величина работы распространения  $a_p^\Phi$  в зонах контроля распространения трещины  $V_p$ .

Полученные значения  $a_p^\Phi$  при фиксированной  $V_p$  наносятся на график в логарифмических координатах  $a_p(V_p)$  и путем экстраполяции или интерполяции (рис. 2) находится удельная величина работы распространения трещины при скорости трещины равной 400 м/с –  $a_{p(400)}$ .

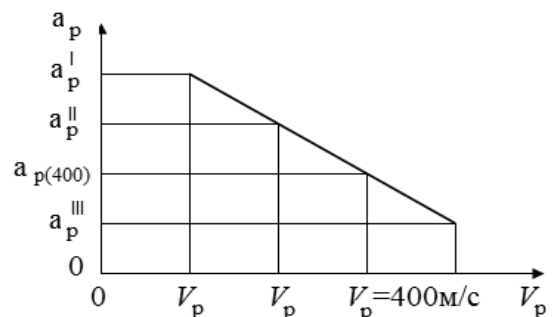


Рис. 2. Схема зависимости  $a_p(V_p)$  для определения  $a_{p(400)}$

Полученные фактические значения  $a_{p(400)}^{\Phi}$  для испытанного газопровода на полигоне сопоставляются с нормативной величиной  $a_{p(400)}^H$ , рассчитанной по указанной выше зависимости. При значениях  $a_{p(400)}^{\Phi} > a_{p(400)}^H$  лавинных разрушений магистрального газопровода, сооруженного из испытанной стали, не ожидается. При величине  $a_{p(400)}^{\Phi} < a_{p(400)}^H$  – можно ожидать появление лавинного разрушения газопровода практически неограниченной по протяженности длине.

#### Библиографический список

1. Моношков, А.Н. Прогрессивные методы и средства повышения сопротивления элементов конструкций и машин хрупкому разрушению / А.Н. Моношков. – М.: Машпром, 1970. – С. 8–9.
2. Моношков, А.Н. Оценка сопротивляемости конструкций хрупким разрушениям / А.Н. Моношков, Ю.И. Пашков // Проблемы прочности. – 1972. – № 7. – С. 3–5.
3. Пашков, Ю.И. Метод расчетно-экспериментальной оценки трещиностойкости газонефтепроводных труб: методические указания. РД 14-3-357-2003 / Ю.И. Пашков, Н.А. Махутов, В.В. Харионовский. – 2003.
4. Моношков, А.Н. Определение работы распространения трещины в материалах по деформационным характеристикам / А.Н. Моношков, Ю.И. Пашков // Заводская лаборатория. – 1974. – № 7. – С. 872–874.