

# Техническая информация

УДК 678.7

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ СВОЙСТВ ПОЛИЭТИЛЕНА В СТЕНКАХ ТРУБ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ

В.В. КОВРИГА<sup>1+</sup>, В.Г. КОЛБАЯ<sup>2</sup>, Т.Ф. ОРЕШЕНКОВА<sup>1</sup>, Н.В. ПРОКОПЬЕВ<sup>3</sup>, Д.А. ЧЕРНИКОВ<sup>3</sup>, Е.И. ЗАЙЦЕВА<sup>3</sup>, Ю.В. ЯКОВЛЕВ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ОАО «Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО», Очаковское шоссе, 18, стр. 3, 119530, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Климовский трубный завод, Бережковский проезд, 10, Московская область г. Подольск, Россия

<sup>3</sup> ОАО «Группа ПОЛИПЛАСТИК» Очаковское шоссе, 18, 119530, г. Москва, Россия

<sup>4</sup> Представительство в Москве фирмы «Георг Фишер Трубные системы», Ленинградский проспект, 24, стр. 3, 125040, г. Москва, Россия

*Показана возможность использования фрагментов стенки полиэтиленовой трубы, отбираемых при установке на трубу седлового отвода для определения характеристик материала трубы, находящейся в эксплуатации. Показана возможность получения данных по трём группам свойств: свариваемость, термостабильность и механических свойств (параметров пластичности).*

**Ключевые слова:** полимерная труба, техническое состояние, комплексная диагностика, накопительная диагностика, седловой отвод, скачок деформации.

### Введение

Применение полимерных труб для транспортирования газов и жидкостей осуществляется уже давно. В настоящее время работает большое количество трубопроводов, прогнозируемый срок эксплуатации которых приближается к нормативному. Например, для полиэтиленовых труб газопроводов установлен прогнозируемый срок эксплуатации в 50 лет [1]. Для продления срока действия газопроводов необходимо иметь данные по показателям их эксплуатационных характеристик (свариваемость, термостабильность и механика), которые определяют возможность использования труб за пределами прогнозируемого срока. Результаты этих исследований опубликованы в работе [2]. В ней отмечено, что в ходе разрушения трубы гидравлическим давлением происходит пластическое разрушение, которое, как и при одноосном растяжении, контролируется процессом формирования естественной кратности вытяжки (ЕКВ). В процессе формирования ЕКВ возникает скачок деформации, при котором в образце одновременно существуют деформация равная деформации при пределе текучести и деформация на уровне 300–600%. Промежуточные деформации практически не проявляются. Наличие скачка деформации, формирующегося при одноосном растяжении, контролируется процессом формирования ЕКВ и позволяет провести оценку способности материала к пластиче-

скому деформированию и разрушению в образцах малых объёмов.

Для принятия решений о дальнейшей эксплуатации трубопроводов необходимо проведение большого объёма работ по накопительному техническому диагностированию ремонтпригодности и их способности эксплуатироваться при нормативных уровнях давления.

Для получения информации о техническом состоянии трубопроводов проводят гидравлические испытания образцов трубы [3], однако это связано с трудоёмким процессом отбора кольцевого образца длиной более 3-х диаметров трубы, требующим временного вывода участка трубопровода из эксплуатации и большого объёма земляных работ по его вскрытию. Проведение таких исследований в массовом масштабе — дорогостоящее и трудоёмкое мероприятие.

**Цель работы** — получение данных по свариваемости, термостабильности и способности к пластическому разрушению малых образцов стенки полиэтиленовой трубы, достаточных для оценки её ресурса.

### Материалы и методы исследования

В представленной работе использовали для накопительной диагностики полимерных трубопроводов маломерные образцы стенки трубы, из-

<sup>+</sup> Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: kovriga@polyplastic.ru

влекать при стандартной операции, выполняемой во всех газовых хозяйствах — установки седловых отводов. В настоящее время разработаны методы отбора таких образцов без снятия давления, что позволяет отбирать образцы непосредственно на действующем трубопроводе без вывода его из эксплуатации [4].

Специалисты фирмы Георг Фишер показали [4], что при установке седлового отвода в качестве маломерного образца стенки трубы может быть отобран образец в виде цилиндра с диаметром основания 55 или 75 мм, высотой равной толщине стенки трубы и сквозным отверстием в центре диаметром 6 мм. (показан на рис. 1), масса отобранного образца, например, для трубы диаметром 200 мм и толщиной стенки трубы 20 мм (SDR 11) составляет 45 или 85 г. такой образец может быть отобран на действующем трубопроводе.

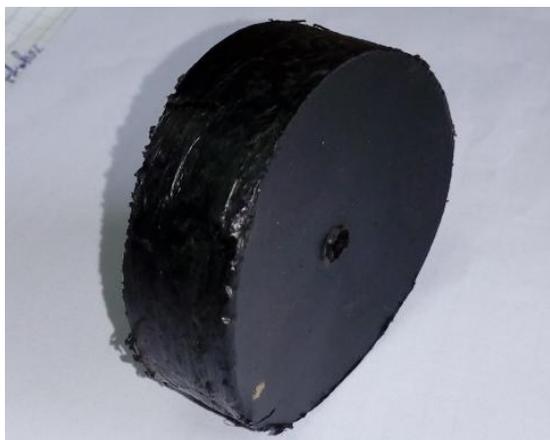


Рисунок 1 — Образец стенки трубы в виде цилиндра с диаметром основания 55 или 75 мм и высотой равной толщине стенки трубы, отбираемый при установке седлового отвода на действующем трубопроводе.

На рис. 2 показан пример условной разметки образца на зоны для определения показателей, указанных в подписи к рисунку.

Как видно (рис. 2) на образце выделены зоны, которые могут быть использованы для проведения всех основных видов испытаний, а именно: определения физико-химических и механических свойств, а также свариваемости.

В зоне 1 берут материал для определения индукционного периода окисления [5] и степени кристалличности методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) [6].

В зоне 2 проводят удаление слоёв, примыкающих к внутренней и наружной поверхности стенки трубы и на оставшейся толщине равной 2 мм проводят испытание по определению сопротивления раздиру армирующим элементом среднего слоя стенки трубы.

После проведения испытаний в 1 и 2 зонах поверхности двух образовавшихся частей образца закрепляют на наружной поверхности несущих труб, как показано на рис. 3, торцуют, и производят сварку на серийном аппарате для стыковой сварки. Ка-

чество сварного шва оценивают по данным визуально-измерительного контроля в соответствии с требованиями [7]. Кроме оценки качества шва методом визуально-измерительного контроля, механические свойства сварного шва могут быть оценены методом раздира армирующим элементом в зоне 3 (рис. 2).

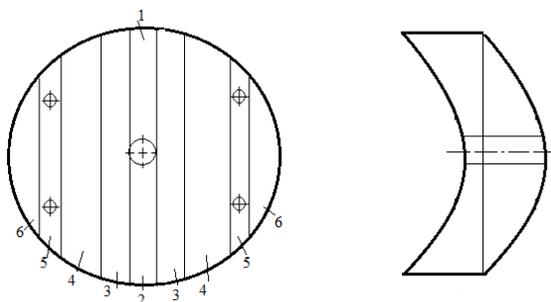


Рисунок 2 — Схема разметки образца на зоны.

1 — зона отбора образцов материала для физико-химических измерений; 2 — зона определения сопротивления раздиру среднего слоя стенки трубы; 3 — зона сварки и определения сопротивления раздиру армирующим элементом в сварном шве; 4 — зона для вырезания образцов на растяжение; 5 — зона для определения сопротивления раздиру в слоях, прилегающих к внутренней и наружной поверхностям трубы; 6 — зона определения хрупкости.



Рисунок 3 — Образец, закреплённый на поверхности несущей трубы с помощью металлической накладки и четырёх саморезов.

В зоне 4 с двух сторон образца методом механической обработки вырезаются полоски шириной равной толщине стенки трубы и толщиной 1–2 мм. Из них шанцевым ножом вырезают образцы в форме двухсторонних лопаток, различные виды которых показаны на рис. 4.



Рисунок 4 — Виды образцов для испытания на растяжение в виде двойной лопатки.

Для проведения испытания на растяжение лопатки закрепляют в зажимах испытательной машины и растягивают со скоростью 5 мм/мин. После того, как на образцах образуется шейка, которая распространяется на длину не менее 5 мм, растяжение прекращают. Определяют отношение площадей поперечного сечения широкой части равномерного участка и в месте локального сужения (шейки). Определяют скачок деформации ( $\Delta$ ) в процентах по формуле:

$$\Delta = (\lambda - 1) \times 100 - \varepsilon_{\text{тк}},$$

где  $\lambda$  — естественная кратность вытяжки в относительных единицах  $\varepsilon_{\text{тк}}$  — деформация при пределе текучести.

В зоне 5 между технологическими отверстиями, оставшимися от саморезов, которыми крепился образец при сварке, определяют сопротивление раздиру армирующим элементом во внутреннем и наружном слоях стенки трубы. Для этого пальчиковой фрезой диаметром 4 мм удаляют материал, прилегающий к наружному слою на одной половине образца, оставляя для испытания слой, прилегающий к внутренней поверхности трубы толщиной 2 мм. Аналогичным образом поступают в зоне 5 на другой половине образца и оставляют для испытания слой 2 мм, прилегающий к наружной поверхности стенки трубы. Схема испытаний на сопротивление раздиру армирующим элементом приведена на рис 5. Образцы в виде фрагмента, выделенного по схеме рис. 2 из зон 2 и 5, полученные после фрезерования пальчиковой фрезой наружного и/или внутреннего слоя закрепляют в зажиме испытательной машины так, чтобы канал со стенкой 2 мм располагался вдоль оси нагружения. В крайнем нижнем положении зоны толщиной 2 мм просверливают отверстие диаметром 2–3 мм, в которое продевают режущую проволоку, оба конца которой закрепляют в верхнем зажиме, прикреплённом к силоизмерителю, как показано на рис. 5. При раздвижении зажимов со скоростью 1 мм/мин происходит раздир материала армирующим элементом. Сопротивление раздиру определяют путём

отнесения усилия раздира к толщине материала в зоне раздира в н/мм.

В зоне 6 оценивают хрупкость материала по методу «отверстие–индентор». На расстоянии 2 мм от края образца сверлят отверстия диаметром 2 мм, в которые внедряют стержни диаметром 4 мм. При этом фрагмент стенки трубы толщиной 2 мм деформируется с образованием локального сужения или с разрушением. В случае, если в образце не образуется локального сужения, его разрушение считается хрупким.

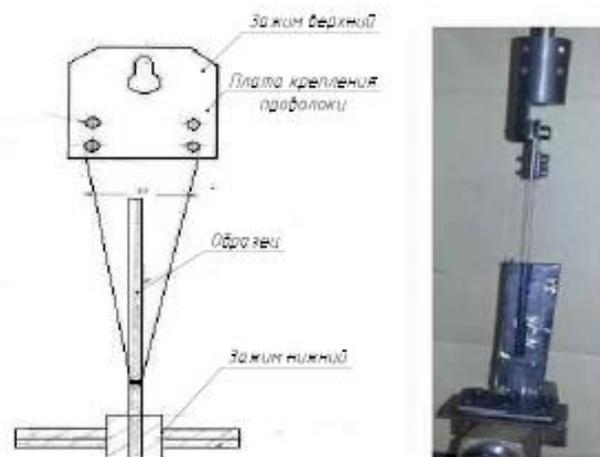


Рисунок 5 — Схема испытаний на сопротивление раздиру армирующим элементом.

### Результаты испытаний и их обсуждение.

В таблице 1 представлены значения исследуемых параметров для пяти видов труб, изготовленных из различных материалов.

### Выводы

Показано, что с использованием образцов полиэтиленовых труб, вырезанных и извлеченных при установке седловых отводов, можно получить информацию о показателях и свойствах материала, необходимых для диагностики состояния полиэтиленовых газопроводов в процессе эксплуатации.

Материал трубы	Метод ДСК		Сопротивление раздиру армирующим элементом в слое, н/мм			Качество сварного шва	Скачок деформации, %	Хрупкость материала по методу «отверстие–индентор»
	Индукционного периода окисления ИПО (200 °С), мин	Степень кристалличности, %	Внутреннем	Среднем	Наружном			
2НТ11-9 Казаньорг-синтез	>60	67	61,09	66,28	62,08	–	Более 400	отс
РЕ 4РР25В Ставрополь-полимер	>60	57	76,17	66,43	85,26	+	480	отс
РЕ6949С Нижнекамск-нефтехим	>60	67	77,93	79,48	75,06	+	350–380	отс
Н1000РС SCJ Таиланд	>60	65	73,08	81,02	81,44	+	350–380	отс
CRP 100 Базель (Германия)	>60	60	74,46	77,88	80,98	+	570	отс

## Литература

1. ГОСТ Р 50838-2009 Трубы из полиэтилена для газопроводов.
2. Колбая В.Г., Коврига В.В. Пластическое разрушение в полиэтиленовых трубах с различным сроком эксплуатации // Полимерные материалы и технологии, т. 2 (216). — № 4, С. 51–56.
3. Тарасов В.В., Клименко В.А., Гельман А.В., Шпара И.А., Колбая В.Г., Метелкин В.А., Ковязин М.В., Коврига В.В. Возможность технического диагностирования полиэтиленовых газопроводов, эксплуатирующихся более 40 лет. // Газ России. — № 4. — 2015. — С 50–57.
4. Яковлев Ю.В. Процедура отбора образцов для проверки свойств полиэтиленовой трубы. Брошюра, 2016 год, (Представительство в России – GF Piping Systems Ltd. – Точка доступа: [www.gfps.com/country\\_RU/ru/contactpersons.html](http://www.gfps.com/country_RU/ru/contactpersons.html)).
5. ГОСТ Р 56756 2015 Пластмассы. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Часть 6. Определение времени окислительной индукции (изотермическое ВОИ) и температуры окислительной индукции (динамическая ТОИ).
6. Берштейн В.А., Егоров В.М. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров. – Л., Химия, 1990. – 256 с.
7. СП 42-103-2003. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов, п.8.11.

---

V.V. Kovriga, V.G. Kolbaya, T.F. Oreshenkova, N.V. Prokopen, D.A. Chernikov, E.I. Zaitseva, Y.V. Yakovlev

### **Study of the possibility of determining the parameters of the integrated and cumulative diagnostics of polyethylene pipes for small-size samples**

Studied the possibility of using fragments of the wall of the polyethylene pipe selected when installation the pipe saddle of the withdrawal to determine properties of the pipe material in service. The possibility of obtaining data on the three groups of properties: physical and chemical properties, weldability and mechanical properties (parameters of plasticity).

**Keywords:** plastic pipe, maintenance, complex diagnostics, cumulative diagnostics, saddle, jump deformation.

*Поступила в редакцию 28.08.2017.*

© В.В. Коврига, В.Г. Колбая, Т.Ф. Орешенкова, Н.В. Прокопьев, Д.А. Черников, Е.И. Зайцева, Ю.В. Яковлев, 2017