

ДЛИТЕЛЬНАЯ ПРОЧНОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ ДЛЯ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Ращепкин А.К., Сергеев С.М., Глухова О.В.

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Длительная прочность полиэтилена во время эксплуатации выгодно отличается от других термопластов. Проведенные исследования позволили оценить прочностные свойства полиэтилена и экстраполировать их на заданный период времени.

В настоящее время полиэтилен является самым оптимальным материалом для систем газоснабжения давлением до 1,2 МПа, в наилучшей степени сочетающим все свойства, необходимые для этих целей: низкая газопроницаемость, коррозионная стойкость к внешней среде и транспортируемому газу, высокая эластичность и ударопрочность в интервале рабочих температур от минус 20 до +30 °С, простота и надежность соединения, технологичность и экономичность в изготовлении как самих труб, так и соединительных деталей к ним, легкость монтажа. Длительная прочность полиэтилена во время эксплуатации выгодно отличается от других термопластов до 30 °С, выше которых газопроводы не эксплуатируются.

Другие полимерные материалы, в т.ч. появившиеся в последние десятилетия, по своим технологическим, физико-механическим или стоимостным показателям пока не могут составить заметной конкуренции трубам из ПЭ.

Классификация трубных марок полимеров осуществляется в соответствии с Международными стандартами ISO 12162 и ISO 9080 и определяет минимальную длительную прочность полиэтиленовых труб

(MRS) (Minimum Required Strength). MRS, в свою очередь, определяется по зависимости стойкости к внутреннему давлению от времени его воздействия на основе стандартного метода экстраполяции на требуемый срок службы трубопровода, предписанного стандартом ISO TR 9080. В соответствии с этим методом испытания проводятся на трубных образцах, нагружаемых внутренним давлением, которое создает в стенке трубы напряжение заданного уровня.

Специфической особенностью полимеров является их способность к деформированию со временем под действием приложенных нагрузок. Чем меньше скорость нарастания деформаций, тем дольше срок службы трубопроводов, и наоборот. Скорость нарастания деформаций зависит от структуры материала, величины напряженного состояния и температуры эксплуатации. Этот процесс, носящий также название усталостной или длительной прочности, графически представляется в виде наклонных прямых линий, показывающих зависимость тангенциальных напряжений (σ_τ) в стенке труб от времени и температуры эксплуатации. Для того чтобы определить допустимое внутреннее давление (P_{\max}), в трубопроводе используют формулу Кесселя, имеющую вид [1]:

$$P_{\max} = \gamma_\rho \cdot \sigma_\tau \cdot 2s / (De - s),$$

где γ_ρ - коэффициент надежности по нагрузке;

De – наружный диаметр трубопровода;

s – толщина стенки трубы.

Таким образом, под долговечностью понимается способность материала труб сохранять необходимый запас прочности к концу планируемого эксплуатационного периода при заданных давлении и температуре эксплуатации.

При испытаниях на определение MRS образцы труб доводятся до разрушения. Зависимость напряжения от времени и температуры до разрушения, найденная при обработке данных предписанными

статистическими методами, позволяет оценить прочностные свойства полимера и экстраполировать их на заданный период времени.

Для получения полной температурно-временной зависимости прочности полиэтилена испытания проводят при температурах 20, 60 и 80 °С, при этом минимальное время испытания при всех температурах с получением разрушения образцов должно быть не менее 9000 ч. Найденная таким образом зависимость длительной прочности позволяет надежно экстраполировать данные по длительной прочности. По полученным в результате вышеуказанных испытаний данным рассчитывают зависимость длительной гидростатической прочности σ_{LHTS} и на ее основе с использованием методов математической статистики рассчитывают нижний доверительный предел предсказанной гидростатической прочности σ_{LCL} . Полученная величина σ_{LCL} , округленная до ближайшего нижнего значения ряда чисел R 10 ГОСТ 8032-84, является значением минимальной длительной прочности (MRS).

Таким образом, например, марка полиэтилена может быть отнесена к типу ПЭ 100 только в том случае, если величина MRS превышает значение 10 МПа, табл.

Таблица

Длительная прочность полиэтилена по классификации MRS

Классификация полиэтилена	MRS, МПа	Длительная прочность, МПа	Максимальное давление (MOP) в трубах SDR 11 при коэффициенте запаса прочности C=2,0
ПЭ 63	6,3	6,3 - 7,99	0,63
ПЭ 80	8,0	8,0 – 9,99	0,80
ПЭ 100	10,0	10,0 – 11,19	1,00

Значение MRS используется для определения максимального рабочего давления MOP (Maximum Allowable Operating Pressure) по вышеприведенной формуле, которая (при $\gamma_p=1,0$ и $s=De/SDR$) в данных стандартах имеет вид:

$$MOP = \frac{2MRS}{C(SDR - 1)},$$

где C – коэффициент запаса прочности, определяемый условиями работы трубопровода;

SDR – стандартизованное отношение минимального наружного диаметра к номинальной толщине стенке трубы (De/s).

ЛИТЕРАТУРА

1. Каргин В.Ю., Бухин В.Е., Вольнов Ю.Н. Полиэтиленовые газовые сети. Материалы для проектирования и строительства. Приволжск. кн. изд-во, 2001. – 400 с.