

АРМИРОВАННЫЕ ТРУБЫ ИЗ ТЕРМОПЛАСТОВ ДЛЯ ГАЗОПРОВОДОВ ТЕХНИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ ISO 18226

Мирон Горилловский, Игорь Гвоздев

Трубы из термопластов, предназначенные для транспортировки газообразных топлив, широко известны и производятся в больших объемах. Наибольшее распространение получили трубы из полиэтилена высокой и средней плотности.

Для указанных труб разработаны и широко применяются международный стандарт ISO 4437, европейский стандарт EN 1555, а также российский стандарт ГОСТ Р 50838. Существуют международные стандарты на трубы для газопроводов из сшитого полиэтилена и пластифицированного полиамида.

Эксплуатационные характеристики, технические требования и методы испытаний были разработаны и определены на основе научно-исследовательских работ, многочисленных лабораторных испытаний, большого опыта производства и эксплуатации труб из этих материалов, в том числе применяемых для водоснабжения. В нормативную документацию для газопроводных труб были дополнительно введены специфичные требования, связанные с транспортировкой газообразных топлив, например, стойкость к газовому конденсату, стойкость к быстрому распространению трещин. Максимальное рабочее давление газопроводов ограничено и составляет для труб из полиэтилена 1,2 МПа, для труб из сшитого полиэтилена – 1,6 МПа и для труб из полиамида – 2,0 МПа.

Одним из способов увеличения рабочего давления газопроводов является применение армированных труб из термопластов. Такие трубы выпускаются отдельными производителями и уже появляются на рынках.

Отсутствие общих подходов к расчету и обоснованию эксплуатационных характеристик, методов оценки качества ар-

мированных труб приводит к тому, что каждый разработчик и изготовитель использует свои методы расчета эксплуатационных характеристик труб и трубопроводов на их основе, часто совершенно не обоснованные. Примером может служить расчет рабочего давления на основе разрывного давления и

произвольно назначенных коэффициентов запаса прочности.

Технический комитет ISO TC 138 «Пластмассовые трубы, фитинги и вентили для транспортировки жидких и газообразных сред» наряду со стандартами в особых случаях, например, при острой потребности рынка, выпускает «Технические спецификации» (Technical Specification ISO/TS), являющиеся результатом работ технических экспертов, но не достигшие стадии стандарта. В ряде случаев в этих документах излагаются технические требования, которые признаны необходимыми в качестве основы для расчета эксплуатационных характеристик, методы и правила подтверждения их достоверности.

Таким документом является ISO DTS 18226 «Reinforced thermoplastic piping systems for gaseous fuels» («Техническая спецификация. Армированные трубопроводы из термопластов для горючих газов»). Большинство положений этого документа, с нашей точки зрения, должны быть положены в основу разработки таких труб и, безусловно, приняты для оценки эксплуатационных характеристик и методов их контроля. Учитывая, что данный документ разработан на основе имеющегося опыта многих специалистов, прошел ряд стадий согласования и доработки, разработка труб с его использованием позволит создать продукцию с надежно определенными эксплуатационными характеристиками, методами их контроля и статистически обоснованными значениями величин контрольных параметров.

Поскольку в настоящее время документ не имеет широкого распространения, мы считаем необходимым ознакомить техническую общественность с его основными положениями.

Текст, взятый непосредственно из Технической спецификации, выделен курсивом.

Введение

Армированные трубы из термопластов (АТТ) состоят из внутреннего слоя, изготовленного из термопласта, с непрерывной армировкой, и наружного покрывного слоя из термопласта. «Система» АТТ включает трубы АТТ вместе с фитингами, необходимыми для соединения труб друг с другом и различными компонентами газопровода.

Техническая спецификация распространяется на рабочее давление трубопроводов до 40 бар. Однако она может быть использована как руководство для разработки систем с большим давлением.

Трубы АТТ могут быть использованы для строительства новых газопроводов и протяжки в корродированных металлических трубах.

Армировка может быть как связана, так и не связана с внутренним и наружным слоями.

Возможно использование различных конструкций фитингов, обеспечивающих механическое соединение, сварку с использованием закладных электронагревателей, или другие способы соединения элементов трубопровода.

Как видно из приведенного текста, Техническая спецификация распространяется на достаточно широкий диапазон конструкций АТТ.

Технические требования, предписанные Технической спецификацией, распространяются на материалы всех трех слоев, трубы и фитинги, систему контроля качества (правила приемки) труб, хранение и маркировку.

Полимер, используемый для внутреннего слоя, должен соответствовать требованиям, предъявляемым к полимерам, используемым для производства монолитных газопроводных труб. В качестве примера указано, что полиэтилен должен соответствовать широко известному стандарту ISO 4437, сшитый полиэтилен – стандарту ISO 14531-1.

Во всех случаях полимер должен быть классифицирован в соответствии с требованиями стандарта ISO 12262, который позволяет классифицировать материал по значению MRS. Полимер также должен соответствовать требованиям по быстрому распространению трещин.

Армировка

В принципе несущий нагрузку элемент АТТ является высокопрочным компонентом в форме волокон, нитей, лент или проволоки. В качестве армирующего элемента могут быть использованы спирально навиваемые ленты, получаемые путем замоноличивания волокон в термопласт или клей-расплав.

Армировка может быть как связана, так и не связана с внутренним и наружным слоями.

Наиболее широко используемая армировка состоит из сухих (не импрегнированных) арамидных волокон и нитей, в том числе в форме полос. Возможно также использовать другие армирующие волокна, частично или полностью импрегнированные термопластом, металлические ленты или проволоку.

Армировка должна быть непрерывной от одного конца трубы к другому. Если армирующий элемент требует соединения, эта процедура должна быть детально разработана. Трубы с такой армировкой должны быть рассмотрены отдельно в процедуре квалификации.

Наружное покрытие предназначено для защиты от повреждений труб, в первую очередь армирующих элементов.

Покрытие, как правило, наносится на АТТ экструзией полимера, при этом наружный слой может быть сварен с термопластичным покрытием армировки или с внутренним слоем.

Фитинги

Функции фитингов – обеспечение герметичного соединения труб друг с другом и с другими элементами трубопровода. Конструкция фитингов может быть различной, осуществляющая соединения механически, сваркой с закладными электронагревателями или другими способами.

Так как армирующий элемент несет большую часть нагрузки в трубопроводе АТТ, конструкция фитинга должна обеспечить передачу нагрузки от армировки к фитингу. Передача нагрузки может быть обеспечена за счет прямого захватывания или крепления армировки, а также за счет трения и передачи усилия сдвига, вовлекая другие элементы АТТ.

Дополнительно к указанным нагрузкам фитинг должен противостоять другим нагрузкам, возникающим в процессе эксплуатации – перемещению грунта, термическим напряжениям и внешним воздействиям.

Определение эксплуатационных параметров газопровода и методы их контроля**Введение**

Все типы АТТ должны быть квалифицированы посредством построения кривых регрессии, процедура нахождения которых описана в этой ТС.

Температура квалификационных испытаний должна быть равна или более температуры эксплуатации.

Для этих испытаний могут использоваться фитинги, предназначенные для строительства газопроводов или как многообразные для испытаний. Однако должна быть получена по крайней мере одна точка на кривой регрессии со временем разрушения свыше 10 000 часов с фитингом, используемым для строительства трубопровода.

Регрессионная кривая зависимости давления от времени разрушения должна описываться уравнением вида:

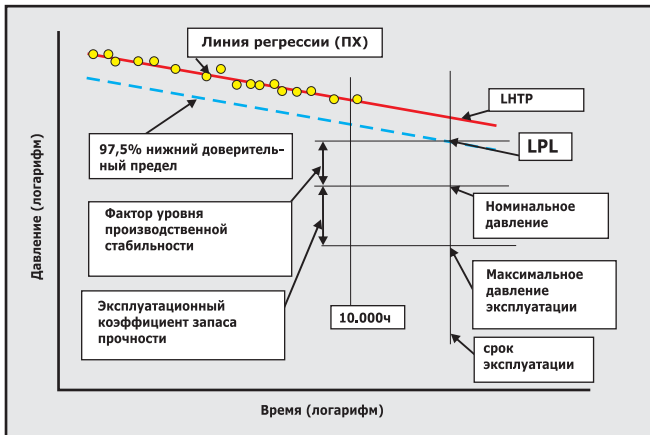
$$P = F \cdot t_f^{-G}$$

где F и G – константы уравнения регрессии, при этом коэффициент G должен быть положительным.

Результаты регрессионных испытаний должны быть использованы для определения констант линии регрессии, давления длительной гидростатической прочности (LTNP), значения нижнего доверительного предела (LPL) для газопровода и контрольных параметров испытания на стойкость к внутреннему давлению. Статистическая обработка результатов должна быть выполнена в соответствии с требованиями стандарта ISO 9080.

В дополнение к регрессионным испытаниям каждая комбинация труба-фитинг должна подвергаться испытаниям при повышенной температуре. Условия испытания предписаны в этой ТС.

Рис. 1. Схема расчета эксплуатационных показателей армированных труб для газопроводов



Группы изделий

Изделия АТТ должны быть разделены на группы. Каждая группа должна иметь представителя группы изделий. Внутренний диаметр представителя должен быть не менее 75 мм.

Другие изделия в пределах группы обозначаются как «Варианты изделий».

Каждое изделие в пределах группы должно иметь следующие общие черты:

- общая конструкция. Допускаются изменения диаметра АТТ. Однако изменение внутреннего диаметра квалифицируемого продукта должно быть в пределах -40 – +60 мм от диаметра трубы – представителя группы.
- отклонение угла намотки в пределах ±1°.
- одинаковое число слоев намотки.

Допустимые и недопустимые типы разрушения

При определении эксплуатационных параметров и контрольных испытаниях в учет принимается только один характер разрушения, а именно разрушение армировки под воздействием растягивающих напряжений. Этот тип разрушения обозначается как Принципиальный характер разрушения (ПХ). Конструкция АТТ должна гарантировать, что под воздействием внутреннего давления этот характер разрушения всегда предшествует другим видам разрушения.

Необходимо учитывать, что фитинг может сдерживать расширение трубы, что, в свою очередь, приводит к незначительному повышению местных напряжений в армировке и появлению разрушения вблизи фитинга. Этот тип разрушения является допустимым.

Если имеют место другие характеры разрушения, отличающиеся от ПХ, испытание признается недействительным.

Примечание: Примеры неприемлемого характера разрушения:

Таблица 2

Класс безопасности	Вероятность разрушения	β
Низкий	10 ⁻⁵	-4,26505
Нормальный	10 ⁻⁶	-4,75366
Высокий	10 ⁻⁷	-5,19969

- разрушение внутреннего слоя, приводящее к деформации армировки и разрушению наружного покрытия;
- разрушение, связанное с фитингом, особенно случаи, связанные со смещением фитинга относительно трубы;
- потеря герметичности любой части системы АТТ.

Разрушение наружного слоя в процессе испытания под давлением должно рассматриваться как недопустимый характер разрушения, даже если оно не приводит к потере давления. Разрушение покрытия подвергает армировку воздействию окружающей среды, что может привести к потере целостности трубы.

Определение нижнего доверительного предела (LPL)

Зависимость между внутренним давлением и временем до разрушения определяется на основе серии испытаний до разрушения под воздействием внутреннего давления при температуре эксплуатации. Результаты испытаний используются для построения регрессионной зависимости, по которой рассчитывается нижний доверительный предел (LPL).

В процедуре определения LPL необходимо получить, по крайней мере, 18 точек разрушения. Диапазоны времен разрушений для АТТ должны соответствовать таблице 1, в которой показано минимальное число разрушившихся образцов для каждого временного интервала. Разрушения, произошедшие за время менее 100 часов, в расчет не принимаются.

Длительное гидростатическое давление (LHTP) определяют, как показано на рис. 1, экстраполяцией средней линии регрессии на срок службы. LPL определяют путем экстраполяции на срок службы зависимости нижнего 97,5% доверительного предела. Процедура статистической обработки должна соответствовать требованиям стандарта ISO 9080, с учетом того, что используется для расчета только одно значение температуры.

Фактор уровня производственной стабильности

В связи с возможными отклонениями в процессе производства АТТ для расчета номинального давления, гарантированного производителем, должен быть учтен фактор уровня стабильности производства (PVF). Номинальное значение давления, гарантируемое производителем (MNPR), рассчитывается по формуле:

Таблица 1

Интервал времени до разрушения, час	Количество разрушений
Свыше 100	2
110 – 300	2
300 – 3000	4
3000 – 10000	3
Свыше 10000	1

$$MNPR = \frac{LPL \cdot (1 + \beta \cdot v)}{1,1 \cdot (1 - 1,96 \cdot v)}$$

где v – коэффициент вариации при заданном сроке службы определяется уравнением

$$v = \frac{1 - LPL/LHTS}{1,96}$$

Фактор β – величина, обратная вероятности, зависит от «Класса безопасности» продукции. Значения фактора β представлены в таблице 2.

Максимальное давление эксплуатации рассчитывается путем деления номинального давления (MNPR) на эксплуатационный коэффициент запаса прочности. Этот коэффициент зависит от условий эксплуатации трубопровода, и его значение при транспортировке газообразных топлив должно быть не менее 2.

Далее в ТС рассматриваются и даны указания по расчету рабочего давления при воздействии дополнительных факторов, возникающих в процессе эксплуатации и оказывающих влияние на работоспособность трубопровода АТТ. К ним относятся: переменное давление, в том числе кратковременное превышение номинального давления, циклическое давление, другие температуры, в том числе пониженные по сравнению с расчетной температурой эксплуатации, диффузия транспортируемого газа.

В рассматриваемой Технической спецификации предусмотрены испытания на кратковременное разрушающее давление, возрастающее с постоянной скоростью. Однако это испытание и полученные при нем результаты никоим образом не могут быть использованы для определения эксплуатационных параметров и, в том числе, для расчета номинального давления и максимального давления эксплуатации. Этот показатель используется только в качестве приемосдаточных испытаний партии труб, принадлежащих одной группе, характеристики которых определены и доказаны при проведении комплекса испытаний, описанных в разделе «Определение эксплуатационных параметров газопровода и методы их контроля».

Величина контрольного значения разрушающего давления для группы труб определяется при проведении испытания пяти образцов от представителя группы труб, и должна быть не менее среднего значения минус 2,57 стандартного отклонения значений разрушающего давления испытанных образцов.

Необходимо еще раз обратить внимание, что основой доказательства заявляемых эксплуатационных параметров газопровода и подтверждения его работоспособности является определение зависимости длительной прочности.

Кроме рассмотренных положений, Техническая спецификация содержит ряд общепринятых положений стандарта на трубы: правила приемки, маркировка, хранение и т.д.



**Балт
ПРОЕКТ**
санкт-петербург

На шаг впереди конкурентов!

Оборудование для бестраншейного ремонта и прокладки сетей



Промывка сетей



Сварка п/э труб



ТВ-инспекция



Бурение



Разрушители труб:

PIPEBURSTER	T30	40-200 мм
	T40	50-315 мм
	T65	60-355 мм
	T85	60-450 мм
	T125	75-520 мм
	T175	90-710 мм
	T350	150-1400 мм

* - НОВИНКА

ООО "БАЛТПРОЕКТ"
(812) 327-11-55, 542-85-55

SCANDINAVIAN TRENCHING CENTRE

www.baltproject.spb.ru