

Основные типы стеклопластиковых труб

Главная задача при разработке стеклопластиковых труб - достижение физико-механических характеристик, наиболее оптимальных для конкретной сферы применения трубопровода. Таким образом, должна обеспечиваться его *надежность и долговечность* с учетом особенностей транспортируемой среды и условий местности, по которой этот трубопровод проложен.

Можно выделить три основных конструкционных типа стеклопластиковых труб:

- *однослойные;*
- *двухслойные;*
- *многослойные.*

Каждый из них имеет определенные области применения и постоянно модернизируется путем использования новых материалов и совершенствования технологий изготовления.

Рассмотрим подробно плюсы и минусы каждого типа.

Однослойные стеклопластиковые трубы

Однослойные стеклопластиковые трубы являются классическим примером применения композитных труб в мире. Они широко используются в системах канализации и питьевого водоснабжения.

Конструкция стенки трубы представляет собой инертную, высокопрочную структуру следующего строения:



Рис. № 1 Однослойная стеклопластиковая конструкция

Внутренняя поверхность трубы изготавливается из двухкомпонентного композита называемого «*лайнером*». Состоит он из низкоплотного стеклянного материала, пропитанного эпоксидным связующим, содержание которого достигает 60-70% от общей массы. Толщина лайнера колеблется от 0,2 до 0,8 мм.

Использование лайнера позволяет снизить коэффициент гидравлического сопротивления, обеспечить соответствие санитарно-гигиеническим нормам и увеличить химическую стойкость труб.

Механическую прочность при действии внутренних и внешних нагрузок обеспечивает *конструкционный слой*, состоящий из стеклянных нитей, пропитанных связующим, а гладкость внешней поверхности, стойкость к воздействию влаги, атмосферных явлений, ультрафиолетовых лучей и химических веществ - *внешний слой гелькоут*.

Гладкая внутренняя поверхность увеличивает скорость потока и препятствует зарастанию поперечного сечения трубы. Благодаря этому появляется возможность применения труб меньшего диаметра и снижения энергозатрат на работу насосов.

К преимуществам таких труб следует отнести и то, что они не подвержены коррозии, не требуют применения защитных покрытий, обладают малым удельным весом ($\approx 1,9 \text{ г/см}^3$) и изготавливаются вместе с механическими соединениями (показаны на фотографиях).



Ниппельное

Раструбное

Фланцевое

Резьбовое

Муфтовое

Эти преимущества позволяют сократить количество персонала и оборудования, необходимого для строительства трубопровода.

Стоимость труб такого типа несколько ниже стоимости многослойных, однако, работы по укладке могут обойтись значительно дороже. Так, например, не рекомендуется применение однослойных стеклопластиковых труб в местностях с подвижным грунтом. В этом случае при проведении укладки следует разрабатывать траншею больших размеров и выполнять песчаную подложку для трубопровода, что значительно снижает технико-экономический эффект от применения таких труб.

Двухслойные стеклопластиковые трубы

Двухслойные стеклопластиковые трубы состоят из *защитного* и *конструкционного* слоев, химически сшитых путем термообработки.

Защитный слой выполняется из пленочного материала, толщиной от 1 до 3 мм. Он повышает химическую стойкость трубы и сохраняет ее герметичность при действии значительных внешних нагрузок. Процесс нанесения защитного слоя называется *футерованием*.

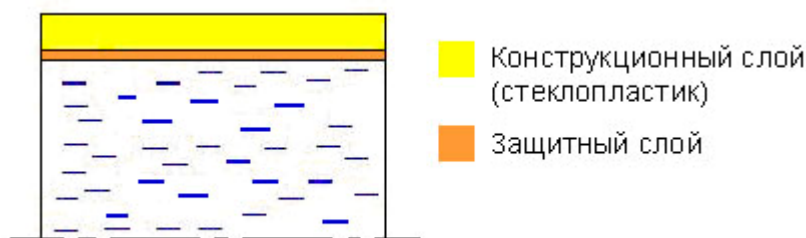


Рис. № 2 Двухслойная стеклопластиковая конструкция

Конструкционный слой укладывается поверх защитного, обеспечивая оптимальное соотношение окружной и осевой прочности.

Двухслойные стеклопластиковые трубы применяются в трубопроводах непитьевого водоснабжения, противопожарной защиты и канализации, а также для транспортировки нефтепродуктов, не содержащих газовую фазу.

Однако опыт эксплуатации трубопроводов показал, что в конструкции двухслойной трубы имеется ряд серьезных недостатков.

Во-первых, это необходимость наличия двух взаимоисключающих свойств: *обеспечение* достаточной *адгезии* защитного слоя к стеклопластику и его *эластичности* при низких температурах.

АДГЕЗИЯ - сцепление разнородных жидких или твердых тел в местах контакта их поверхностей.

Для обеспечения наилучшей химической сшивки двух этих слоев в качестве футеровки целесообразно применять термореактивный материал. Однако такой материал теряет эластичность при низких температурах, при этом исчезают все плюсы двухслойной конструкции. Напротив, лучшую эластичность при низких температурах имеет термопластичный материал – полиэтилен, но осуществить его химическую сшивку со стеклопластиковой оболочкой проблематично.

Выходом из данной ситуации является применение в качестве защитного слоя *полиэтилена высокого давления (ПВД)* или *полиуретана*, а также использование специального режима термообработки, в процессе которого происходит одновременная сшивка полимера и отверждение эпоксидного связующего. В результате отслоение внутреннего слоя трубы от стеклопластика становится практически невозможным.



Внутренний слой из ПВД имеет высокую эластичность в нормальных условиях и при низких температурах, что обеспечивает герметичность труб даже при незначительных повреждениях стеклопластикового слоя и подвижках грунтов, в которых прокладываются трубопроводы.

Футеровка из полиуретана по износостойкости превосходит все известные полимерные материалы и традиционные металлы. Трубы с таким защитным слоем используются для транспортировки агрессивных, высокоабразивных сред и гидросмесей.

Второй серьезный недостаток двухслойной конструкции - отслоение футеровки от стеклопластиковой оболочки трубы при транспортировке газосодержащих сред.

Это явление называется «кессонным эффектом». Газ проходит через внутренний пленочный слой, скапливается между стеклопластиком и футеровочным слоем, создавая давление на футеровку снаружи. Под действием этого давления, пленочный слой отслаивается от стеклопластика, нарушая конструкцию трубы. Единственный способ борьбы с «кессонным эффектом» - не транспортировать по трубопроводу двухслойной конструкции среду, содержащую газ.

Многослойные стеклопластиковые трубы

Многослойные стеклопластиковые трубы разработаны специально для транспортировки газосодержащих сред.

От двухслойных отличаются наличием внутренней стеклопластиковой оболочки, конструктивно разделенной с защитным слоем.

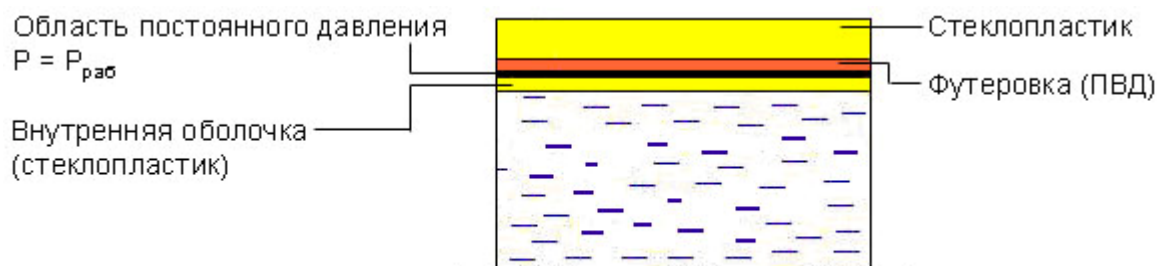


Рис. № 3 Трехслойная стеклопластиковая конструкция

Внутренняя оболочка не несет осевых нагрузок и обеспечивает трубе большую окружную прочность, 400-650 МПа. Для сравнения, окружная прочность такой марки металла как сталь 20 не превышает 410 МПа.

Внутренняя оболочка сглаживает изменяющееся внутреннее давление, возникающее при транспортировке газа.

Проникая в область между внутренней оболочкой и пленочным слоем, газ создает там постоянное давление, которое равно рабочему давлению в трубопроводе ($P=P_{\text{раб}}$). Условия для проникновения газа через пленочный слой отсутствуют, и «кессонный эффект» не возникает.

Также внутренняя оболочка повышает жесткость трубы и уменьшает температурное воздействие среды на стеклопластик, что значительно продлевает срок службы трубы.

В трехслойной конструкции решены все вопросы обеспечения надежности и долговечности, которые когда-либо возникали при эксплуатации различных типов стеклопластиковых труб.

Современные технологии позволяют выпускать трубы со специализированным назначением и заранее определенным набором эксплуатационных характеристик.

Стеклопластиковые трубы с защитным слоем из цветных металлов (медь, алюминий) разработаны для транспортировки теплоносителей и газосодержащих сред.



Футеровка тонким слоем цветного металла обеспечивает газонепроницаемость и повышенную химическую стойкость в определенных средах, но, самое главное, позволяет выпускать трубы для высокотемпературных сред.

В нефтяной промышленности используются стеклопластиковые трубы с защитным слоем из поливинилхлорида (ПВХ).



Данный тип футеровки имеет подтвержденный эксплуатацией действующих трубопроводов эффект - отсутствие парафиновых отложений на стенках трубопровода при транспортировке нефти и нефтесодержащих жидкостей.

Литература:

1. С.Г. Фуныгин «Опыт применения стеклопластиковых труб в нефтегазопромысловых трубопроводах Западно-Сибирского региона»;
2. <http://www.armp.ru/>;
3. <http://www.rosteplo.ru/>;
4. <http://www.progress-invest.ru/>.