

УДК 621.6

**МНОГОКАНАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДНЫЕ
ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ
НЕФТЕГАЗОВЫХ СРЕД И ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ИЗНОШЕННЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ**

Цхадая Н.Д., Ягубов З.Х.

Ухтинский государственный технический университет, г. Ухта

Ягубов Э.З.

*Дальневосточный федеральный университет, филиал в г. Находке
e-mail: em13@bk.ru*

Аннотация. *Описаны конструктивно-технологические принципы создания многоканальных трубопроводов для транспортирования агрессивных сред с применением стеклопластиковых труб в качестве внутренних высоконапорных. Предложена концепция восстановления изношенных трубопроводных транспортных систем, в основе которой лежит разработанный авторами принцип многоканальности.*

Ключевые слова: *многоканальный трубопровод, стеклопластиковая труба, герметичность, нефтегазопровод, восстановление трубопроводов, бестраншейный ремонт*

Основным сдерживающим фактором широкого применения стеклопластиковых труб большого диаметра в магистральных нефте- и газопроводах является проблема потери герметичности стеклопластиковой стенки под высоким внутренним давлением транспортируемой среды.

В связи с этим авторами была разработана конструкция многоканальных трубопроводных систем, работающих на принципе внешнего противодействия, компенсирующего напряженное состояние трубных конструкций, находящихся под внутренним давлением перекачиваемой среды. Конструктивно-технологически эта концепция была реализована в конструкции многоканального трубопровода, предназначенного для одновременной транспортировки двух и более разных продуктов (в частности, жидкого и газообразного) под высоким давлением [1 - 6].

Справедливости ради следует отметить, что сама идея многоканальных трубопроводов, безусловно, не нова (в частности, такие системы широко используются в криогенной технике [7 - 9]). Однако в данной работе рассматривается иной подход к использованию таких трубопроводов.

Предлагаемый проект многоканальных трубопроводных транспортных систем существенно расширяет технологические возможности трубопроводов, делает их безопасными и надежными для транспортировки агрессивных сред, позволяет более рационально и целесообразно использовать возможности проложенного многокилометрового трубопровода (например, позволяет одновременно и/или

разнонаправлено транспортировать различные по природе, номенклатуре и назначению продукты).

Конструктивно многоканальный трубопровод состоит из наружных средне-напорных труб (металлических или стеклопластиковых) и внутренних стеклопластиковых труб меньшего диаметра для транспортировки жидкого или газообразного продукта под высоким давлением.

Такая конструкция магистрального трубопровода особенно привлекательна для создания совмещенной (комплексной) нефтегазовой транспортной системы, обеспечивающей более надежную защиту окружающей среды, одновременную подачу нефти (по внутреннему трубопроводному каналу) и газа (по внешнему кольцевому или серповидному каналу).

Такой трубопровод предполагает экономичность укладки магистрали, так как укладочные работы автономных параллельных нефте- и газопроводов требуют больших затрат. Подаваемый по наружному каналу газообразный продукт выполняет функции эффективной теплоизоляции внутреннего трубопроводного канала, транспортирующего жидкий продукт под высоким давлением. Причем, использование для транспортировки нефти стеклопластиковой трубы снимает проблемы коррозии нефтепровода и позволяет повысить гарантийные сроки его безаварийной эксплуатации.

Таким образом, в совокупности указанные достоинства многоканального трубопровода позволяют рекомендовать использовать его при транспортировке нефти и газа.

Следует отметить, что аналогичные конструкции могут быть предложены для использования при транспортировке и хранении криогенных сред. В настоящее время в различных областях промышленности, например, в машиностроении, металлургии, энергетике, пищевой промышленности, ракетно-космической технике, сельском хозяйстве активно используют жидкие криогенные продукты (метан, кислород, водород, гелий, азот и аргон). Широкое использование указанных веществ в жидком состоянии обусловлено, с одной стороны, общим прогрессом развития криогенной техники – совершенствованием процессов и оборудования для сжижения и выделения из газовых смесей перечисленных продуктов, а также оборудования для хранения продуктов и их транспортирования. С другой стороны, на протяжении последних десятилетий отмечен возрастающий спрос на криогенные продукты в связи с техническими и экономическими преимуществами использования криогенных температур в различных областях народного хозяйства.

Промышленные масштабы использования жидких криогенных продуктов обусловили необходимость создания систем для хранения и выдачи продуктов потребителям с требуемыми параметрами. Основная сложность хранения и использования жидких криогенов связана с тем, что эти жидкости имеют высокую испаряемость даже при малых теплопритоках. Помимо этого криогенные трубо-

проводы должны сохранять работоспособность во всем диапазоне рабочих температур от минус 50 °С до температур транспортируемых продуктов и обеспечивать достаточно малый теплоприток из окружающей среды. В настоящее время эту проблему решают путем использования в качестве конструкционных материалов для криогенных трубопроводов нержавеющей дорогостоящих сталей типа 12Х18Н10Т или инвар 36НХ. Учитывая отличные физико-механические характеристики стеклопластиков, а также высокую морозостойкость, или криогенные свойства, можно значительно удешевить криогенные транспортные системы применением разработанных многоканальных трубопроводов, где проблема проницаемости стеклопластиковой стенки будет решаться путем создания противодействия со стороны межтрубного пространства. Преимущество такой конструкции перед существующими, в первую очередь, заключается в высокой степени безопасности, связанной с взрывобезопасностью, безосколочностью разрушений, огнестойкостью и негорючестью, а также химической стойкостью к транспортируемым криогенным средам.

Предлагаемый многоканальный трубопровод (рис. 1) для транспортирования жидкости и/или газа под высоким давлением состоит из наружной низконапорной трубы 1 и размещенной внутри высоконапорной трубы 2. Трубы 1 и 2 разделены опорами скольжения 3, выполненными в виде кольцевых элементов из антифрикционного эластичного материала, например полиэтилена, которые предотвращают прямой контакт наружной и внутренней труб между собой, облегчают монтаж внутреннего трубопровода и предотвращают повреждение рабочих поверхностей трубопроводных магистральных каналов. Кроме того, они способствуют гашению вибраций трубопроводов, возникающих в период их эксплуатации. Внутри трубы 1 могут быть смонтированы два или более параллельных высоконапорных трубопровода 2 одинакового или неодинакового диаметра (рис. 1в).

Многоканальный трубопровод для одновременной транспортировки жидких и/или газообразных продуктов различной природы, или качества, или степени переработки, т.е. более двух видов продуктов, может иметь соответствующее количество промежуточных средненапорных трубопроводов 4 (рис. 1г). Внутренние высоконапорные трубы 2 и промежуточные средненапорные трубы 4, свободно уложенные в низконапорном трубопроводе 1, должны быть сориентированы и зафиксированы внутри трубы 1 с помощью направляющих и ориентирующих пластинчатых упруго-компенсационных фиксаторов положения 5 (рис. 1д, е), выполненных в виде тонких упругих пластинчатых траверс-рессор, устанавливаемых в межтрубном зазоре с натягом, обеспечивающих фиксацию заданного положения высоконапорного и/или средненапорного трубопроводов внутри низконапорного канала и допускающих приращение или изменение диаметров трубопроводов в системе многоканального трубопровода при его эксплуатации.

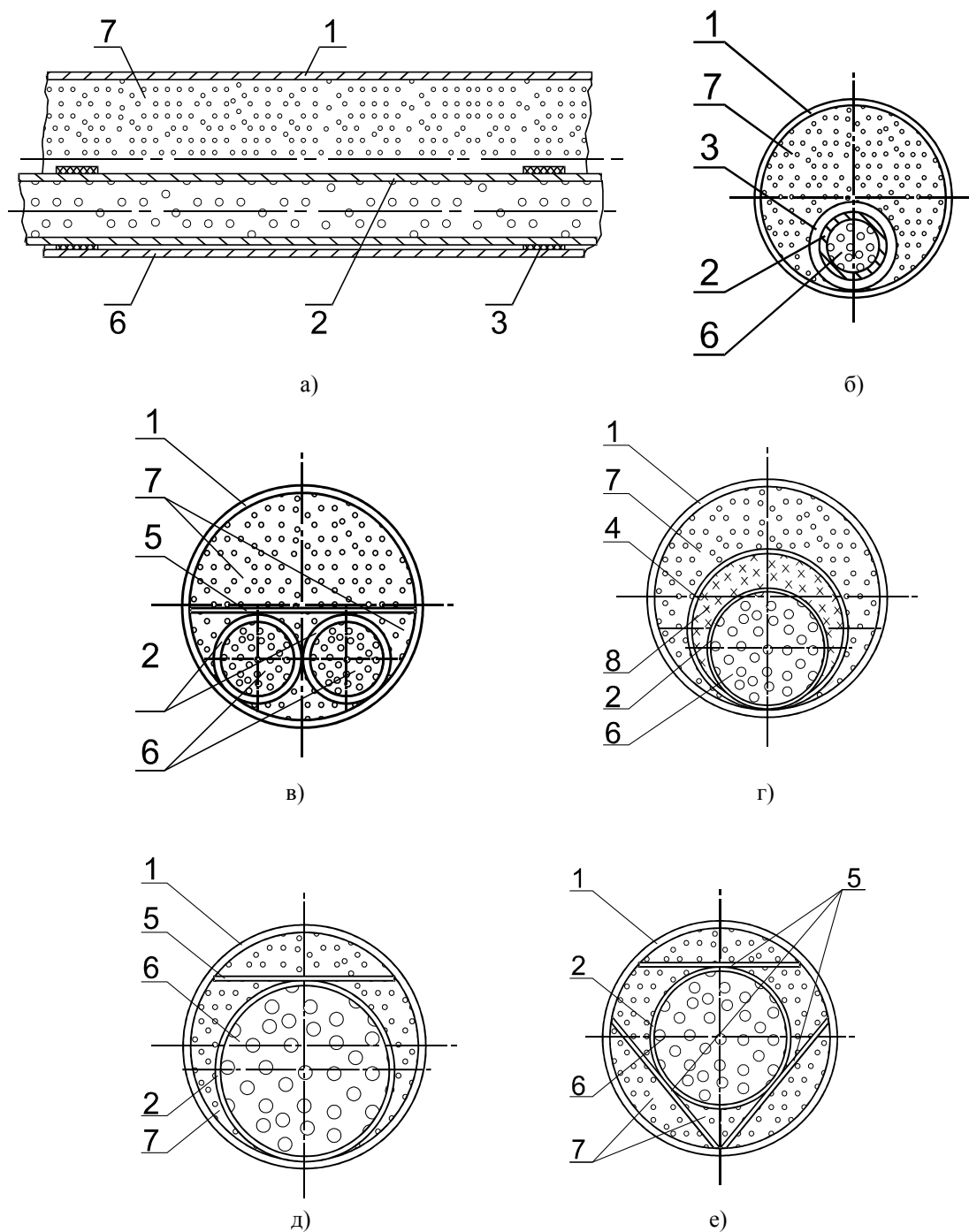


Рисунок 1. Конструктивные схемы многоканального трубопровода:

1 – наружная низконапорная труба; 2 – внутренняя высоконапорная труба;

3 – кольцевой элемент; 4 – промежуточная средненапорная труба;

5 – упруго-компенсационная фиксирующая
и опорно-ориентирующая пластинчатая траверса-рессора;

6 – транспортируемый под высоким давлением продукт;

7 – транспортируемый под низким давлением продукт;

8 – транспортируемый под средним давлением продукт

Компенсационно-фиксирующие траверсы-рессоры используются одновременно в качестве ориентирующих элементов и опор скольжения при монтаже многоканального трубопровода. Кроме того, они выполняют функции гасителей вибраций, генерируемых пульсациями давления транспортируемых продуктов.

Трубопроводные каналы могут быть выполнены из труб любого типа, изготовленных из любых используемых материалов. Однако высоконапорные 2 и средненапорные трубопроводы 4 предпочтительно изготавливать из стеклопластиковых или термопластовых (например, полиэтиленовых) труб, так как в условиях внешнего гидростатического противодействия они способны надежно функционировать при транспортировке самых агрессивных и высокотоксичных продуктов под высоким давлением в течение всего расчетного периода безаварийной эксплуатации трубопровода. Сроки безаварийной эксплуатации таких труб в газонефтепроводах превышает по крайней мере на 20–30 лет сроки функционирования стальных.

Высоконапорные трубопроводные каналы 2 служат для транспортирования жидких или газообразных продуктов, представляющих экологическую или техногенную опасность.

Низконапорный трубопроводный канал 1 при этом заполняется транспортируемым продуктом, предпочтительно газом или жидкостью, имеющим низкую вязкость и малую загрязненность. Желательно, чтобы продукты, транспортируемые по низконапорному каналу, были менее агрессивными экологически и менее опасными, чем продукты, транспортируемые по внутреннему высоконапорному каналу. Являющиеся низкомолекулярными газами или жидкостями продукты, транспортируемые по внешнему каналу, обеспечивают хорошую теплоизоляцию и теплозащиту внутренних трубопроводов.

Транспортируемый в низконапорном канале продукт находится под давлением, установленным нормативами для соответствующих типов трубопроводного транспорта, что позволяет обеспечивать достаточно высокую производительность трубопроводов при сравнительно низких затратах на их сооружение и при достаточно высокой надежности и долговечности их безаварийной эксплуатации.

Высоконапорные внутренние трубопроводные каналы, заполненные транспортируемым продуктом, находятся под внутренним давлением, характерным для глубоководных (подводных) трубопроводов, но не превышающем сумму внешнего обжимающего давления низконапорного продукта и нормативного давления, установленного стандартами для надземных трубопроводов аналогичной конструкции. Для стальных и стеклопластиковых стандартных труб рабочее давление в высоконапорном трубопроводном канале будет в два раза превышать рабочее давление низконапорного трубопроводного канала.

Рабочее давление в высоконапорном внутреннем трубопроводе может быть увеличено путем использования либо высокопрочных толстостенных труб,

либо промежуточных средненапорных трубопроводных каналов. Причем, применение одного промежуточного трубопровода может дать возможность увеличения давления напора во внутренней трубе в 4 раза, а применение двух промежуточных трубопроводов – в 8 раз [2].

Наличие с обеих сторон высоконапорных и средненапорных трубопроводов упругих транспортируемых сред позволяет им играть роль высокоэффективных амортизаторов гидравлических ударов и демпферов упругих колебаний и пульсаций, возникающих в процессе эксплуатации многоканального трубопровода, что значительно повышает надежность и сроки безаварийного функционирования многоканального трубопровода

Для повышения экологической и техногенной безопасности жидкие нефтепродукты или токсичные вещества желательнее транспортировать по внутреннему трубопроводу, так как в случае аварийной ситуации, утечка продуктов, опасных для окружающей среды, будет локализована внутренними объемами наружного низконапорного канала, заблокирована в нем и без потерь откачена из него.

При работе многоканального трубопровода по его транспортным каналам одновременно перемещается не менее двух одинаковых или разных продуктов. При этом возможно, что оба продукта жидкие или газообразные, или один из них жидкий, а другой газообразный. Совместно с жидким продуктом могут транспортироваться в капсулах твердые, пастообразные вещества, особо агрессивные жидкости и газы (щелочи, кислоты и т.п.). Многоканальная система трубопровода, выполненная по схеме «труба в трубе», позволяет наиболее эффективно использовать внутреннее пространство (проходное сечение) для транспорта жидких и газообразных продуктов и обеспечить более высокую производительность (пропускную способность) по сравнению с прототипами и аналогами; полностью предотвратить потери транспортируемых продуктов, а следовательно, снизить опасность отравления и загрязнения экологической среды. В результате использования межтрубного зазора не только для теплоизоляции, но и для транспортировки жидких или газообразных продуктов существенно повышается производительность многоканального трубопровода как за счет увеличения пропускного сечения системы, так и за счет увеличения давления, и, следовательно, скорости транспортирования продуктов по внутренним каналам системы. Конструкция многоканального трубопровода, состоящая из конструктивно простых и технологичных элементов (стандартных труб и пластинчатых упругих фиксаторов), обеспечивает высокую его технологичность, относительно низкую стоимость и надежность функционирования. Высокие амортизационно-демпфирующие свойства многоканального трубопровода повышают его усталостную прочность, долговечность, снижают вероятность появления утечек транспортируемых веществ. Многоканальность существенно расширяет технологические возможности трубопровода, позволяет

использовать его для одновременной и разнонаправленной транспортировки различных продуктов.

Принцип многоканальных трубопроводных систем может быть использован в ряде случаев для восстановления изношенных трубопроводов. Известно, что за рубежом и реже в нашей стране практикуется метод бестраншейного ремонта трубопроводов, заключающийся в реконструкции отработанных нефтегазовых трубопроводов путем введения в него нового трубопроводного канала с последующей цементацией межтрубного пространства [10] (рис. 2).

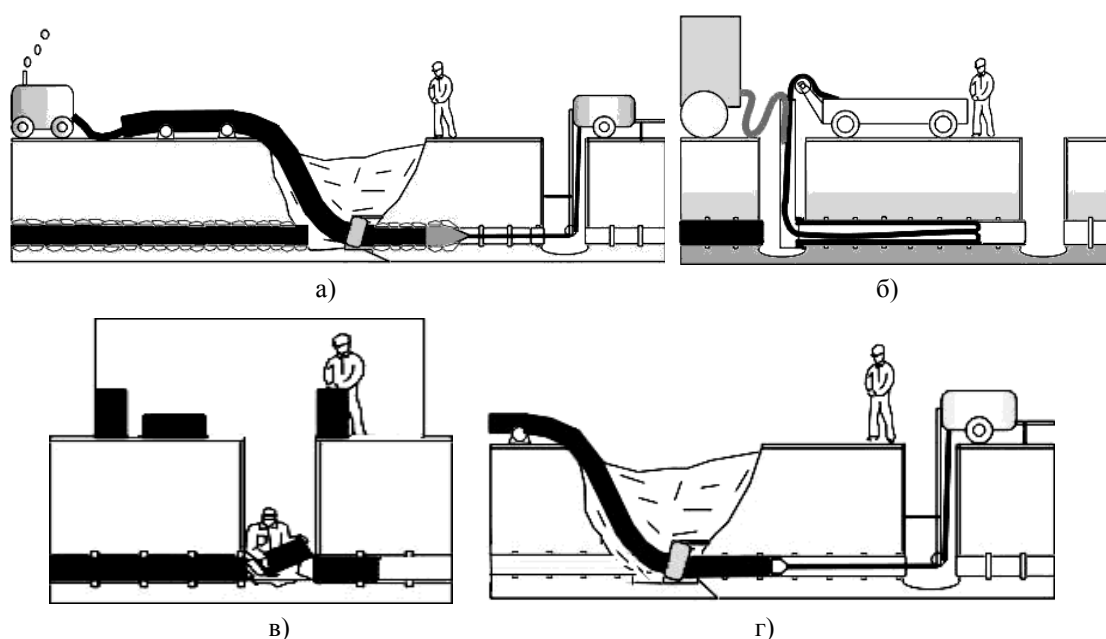


Рис. 2. Бестраншейные технологии ремонта трубопроводов:

- а – способ ремонта пневмопробойником; б – способ ремонта «чулком»;
в – способ ремонта короткими втулками; г – способ ремонта протяжкой

Особую привлекательность эти технологии имеют при восстановлении инженерных сетей и трубопроводов, проходящих под непрерывно функционирующими транспортными магистралями (железные и автомобильные дороги), когда традиционные способы ремонта требуют рытья глубоких траншей, разрушения дорожных покрытий, что приводит кроме многочисленных затрат, к неудобству для пешеходов и водителей. Такие технологии активно используются в европейской и американской практике при ремонте ответственных трубопроводных коммуникаций и, в частности, городских газопроводных сетей и канализационных трубопроводов. В основе бестраншейного ремонта стальных трубопроводов лежит технология протягивания (протаскивания) в нем пластмассового трубопровода меньшего диаметра без извлечения из грунта

За рубежом запрещено вести восстановительные работы и прокладку коммуникаций открытым способом, если есть возможность обойтись без рытья тран-

шей. Статистика показывает, что в современных зарубежных странах работы по ремонту и прокладке трубопроводов и других инженерных коммуникаций на 95 % (в России только 5 %) ведутся бестраншейным способом.

Бестраншейные технологии ремонта трубопроводных транспортных систем по сравнению с традиционными обладают следующими преимуществами:

- экономия средств за счет уменьшения затрат на обустройство траншей, восстановление вскрытых дорог и т.д.;

- резкое сокращение времени производства ремонтно-восстановительных работ и количества рабочего персонала;

- значительное повышение уровня безопасности работ;

- бестраншейные технологии позволяют избежать препятствий на пути прокладки (дороги, реки, сооружения, инженерные сети и др.).

В работе предлагается способ ремонта и восстановления трубопроводов, основанный на принципе многоканальной конструкции. Сущность способа заключается в том, что во внутреннюю полость изношенного трубопровода вводится, по крайней мере, один трубопровод меньшего размера. Отличие предлагаемого метода от других известных заключается в том, что внешний трубопровод при этом продолжает функционировать, но уже как низконапорный трубопроводный канал, а внутренний трубопроводный канал становится в этом случае высоконапорным. Способ позволяет продлить остаточный ресурс металлических трубопроводов, сделать их эксплуатацию более надежной и повысить эффективность (КПД) функционирования за счет увеличения суммарной пропускной способности. При этом рабочее давление в высоконапорном внутреннем трубопроводе может быть увеличено выше нормативного за счет эффекта внешнего противодействия и использования высокопрочных материалов, а рабочее давление в металлическом трубопроводе становится ниже нормативного, переводя его в режим щадящей эксплуатации.

В зависимости от длины защищаемого участка, наличия поворотов и технической оснащенности, реконструкцию стальных трубопроводов вставными облочками из стеклопластиковых или пластмассовых материалов можно осуществлять, помимо гидравлического инвертирования, механическими приспособлениями. Чаще всего для этой цели пользуются двумя способами: протаскиванием или проталкиванием.

Протаскивание включает следующие операции:

- подготовку плети труб необходимой длины;

- протаскивание троса через защищаемый участок трубопровода путем продавки резиновой пробки;

- протаскивание ремонтной полимерной оболочки с помощью троса внутрь реконструируемого трубопровода.

Проталкивание стеклопластиковых труб внутрь стального трубопровода осуществляется сначала вручную, а затем с использованием лебедок или других подобных приспособлений.

При этом процесс футеровки может быть выполнен предварительной подготовкой плети труб требуемой длины на поверхности или соединением одиночных труб по мере их проталкивания внутрь трубы. После установки внутреннего трубопровода его концы оборудуются специальными катушками с заглушками и производится опрессовка под давлением $0,2 \div 0,4$ МПа.

Большое значение при операциях восстановления металлических трубопроводов имеет расчет оптимальной длины участка трубопровода, защищаемого за один прием, и допустимой нагрузки на него в процессе эксплуатации.

Расчет допустимой длины проталкиваемой или протаскиваемой плети стеклопластиковых труб производят из условия наличия сил трения, прочности труб на растяжение и их продольной устойчивости при воздействии осевой сжимающей нагрузки, условий предполагаемого цементирования межтрубного пространства в процессе футеровки.

В общем случае суммарную длину L_{Σ} плети труб определяют по формуле [10]:

$$L_{\Sigma} = \frac{kP}{nmf}, \quad (1)$$

где P – допустимая нагрузка при НДС внутренних труб, Н ($P = [\sigma_p]S$, где $[\sigma_p]$ – допустимое напряжение растяжения, Па;

S – площадь поперечного сечения труб, м²);

f – коэффициент трения стеклопластиковых труб по стали ($0,47 \div 0,57$);

m – масса одной трубы, кг;

k – коэффициент сопротивления за счет грата сварных швов ($0,9$);

n – коэффициент запаса прочности для стеклопластиковых или пластмассовых труб (не менее 4 согласно международным стандартам).

Длину участка L_1 , футеруемую за один прием, находят из условия предполагаемого цементирования межтрубного пространства по следующей формуле

$$L_1 = \frac{2 \Delta P m (D_{\text{вн}} - D)}{\lambda \gamma_p v^2 m_p}, \quad (2)$$

где ΔP – перепад давления при футеровке, Па; v – минимально возможная скорость процесса предполагаемого цементирования, м/мин; $D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр стальных труб, м; D – наружный диаметр стеклопластиковых труб, м; γ_p – плотность предполагаемого раствора, кг/м³; λ – коэффициент гидравлического сопротивления ($0,0135$); m_p – масса предполагаемого раствора, который бы заполнил межтрубное пространство, кг.

Опыт проведения подобных работ и расчеты, проведенные по данным формулам, показывают, что метод протаскивания является более производительным и

эффективным: метод протаскивания позволяет за один прием произвести футеровку (восстановление) при диаметре 110 мм около 1200 м, а метод проталкивания – около 300 м.

В нашей стране в большинстве случаев ремонтируют трубопроводы локально (заменой звена, восстановлением разрушенного коррозией участка, установкой хомутов и т.д.). Такие методы не способны в полной мере обеспечить последующее эффективное функционирование этих трубопроводов, поскольку такая защита охватывает лишь ограниченную площадь (поверхность) трубы, не гарантируя защиту всего трубопровода. А учитывая высокую изношенность трубопроводных систем России (как оценивают специалисты, для замены всех изношенных и поврежденных трубопроводов понадобится около 40 лет [11]), только внедрение новых технологий может восстановить их.

Использование высокопрочных стеклопластиковых труб при бестраншейных технологиях восстановления изношенных металлических позволит без дополнительных затрат на цементацию межтрубного пространства (как это делается обычно) в короткие сроки «вылечить» трубопровод и эксплуатировать его в дальнейшем без снижения рабочего давления. Предлагаемый способ восстановления изношенных трубопроводов позволит в значительной степени снизить затраты на ремонтные работы, продлить «жизнь» устаревших трубопроводов и резко сократить продолжительность ремонтных работ. Помимо этого, при своевременном восстановлении устаревающих трубопроводных систем, не дожидаясь их полного разрушения и невозможности дальнейшей эксплуатации, металлический трубопровод будет также функционировать (многоканальный трубопровод), но при более низких давлениях, что позволит еще какое-то время их эксплуатировать.

Литература

1. Патент №2140605 РФ. Многоканальный трубопровод для транспортировки жидкости и/или газа под высоким давлением. МПК6 F17D1/04, F16L9/18. О.Г. Цыплаков, Н.Д. Цхадая, В.Н. Нередов, Э.З. Ягубов, З.Х. Ягубов. Заявл. 04.02.98. Оpubл. 27.10.99. Бюл. № 30.
2. Цыплаков О.Г., Ягубов Э.З. Многоканальные высоконапорные трубопроводы из стеклопластика // Вестник ПГТУ. Аэрокосмическая техника. 2001. № 8. С. 142 - 148.
3. Ягубов Э.З. Композиционно-волоконистые трубы в нефтегазовом комплексе: монография / под ред. д.т.н., проф. И.Ю. Быкова. М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. 271 с.
4. Ягубов Э.З. Конструктивно-технологические принципы проектирования многоканальных трубопроводных систем для транспортирования агрессивных сред // Нефтяное хозяйство. 2003. № 11. С. 92 - 94.

5. Ягубов Э.З. Конструктивно-технологические принципы проектирования многоканальных трубопроводных систем для транспортирования агрессивных сред. Находка, Находкинский инженерно-экономический институт, 2006. 7 с. ил. Деп. в ВИНТИ РАН 20.11.06, № 1421 – В2006.
6. Ягубов Э.З. Многоканальный нефтегазопровод // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2006. № 4. Приложение. С. 117 - 118.
7. Беляков В.П. Криогенная техника и технология М.: Энергоиздат, 1982. 272 с.
8. Архаров А.М. и др. Криогенные системы. Основы проектирования аппаратов и установок : учебник для вузов по специальности «Криогенная техника». М.: Машиностроение, 1987. 536 с.
9. Архаров А.М. и др. Криогенные системы. Основы проектирования аппаратов, установок и систем: учебник для вузов. 2-ое изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1999. 720 с.
10. Применение пластмассовых труб при ремонте трубопроводов с коррозионными повреждениями // ОИ, сер. «Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности». М., 1984. Выпуск 3 (40).
11. Бобылев Л.М. Труба или решето? // Нефть России. 2000. № 1. С. 64 - 68.

**USE OF BUNDLE (MULTICHANNEL) CARRIER PIPELINE SYSTEMS
IN THE TRANSPORTATION OF NATURAL GAS AND OIL MEDIAS.
THE RECOVERY OF WORN-OUT OIL AND GAS PIPELINES**

N.D. Tskhadaya, Z.Kh. Yagubov

Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia

E.Z. Yagubov

Far Eastern Federal University (Branch in Nakhodka), Russia

e-mail: em13@bk.ru

Abstract. *This article clarifies the design and engineering principles of bundle (multichannel) pipelines construction for transporting aggressive medias when glass-reinforced plastic (GRP) pipes are used as inner high pressure ones.*

The concept of recovery of worn-out oil and gas pipelines based on the principles of channeling developed by the authors is suggested.

Keywords: bundle (multichannel) pipeline, fiberglass pipe, leak tightness, oil and gas pipeline, pipelines recovery, trenchless repair

References

1. Patent №2140605 RU. IPC6 F17D1/04, F16L9/18. Multi-passage pipe line for transportation of liquid and/or gas under high pressure. Tsyplakov O.G., Tskhadaya N.D., Neredov V.N., Yagubov Z.Kh., Yagubov E.Z. Appl. 04.02.98. Publ. 27.10.99.

2. Tsyplakov O.G., Yagubov E.Z. Mnogokanal'nye vysokonapornye truboprovody iz stekloplastika (Multi-channel high-pressure fiberglass pipelines), *Vestnik PGTU. Aerokosmicheskaya tekhnika*, 2001, Issue 8, pp. 142 - 148.

3. Yagubov E.Z. Kompozitsionno-voлокнистые трубы в нефтегазовом комплексе (Composite-fiber pipes in oil and gas industry). Ed.: prof. I.Yu. Bykov. Moscow, Tsentr-LitNefteGaz, 2008. 271 p.

4. Yagubov E.Z. Konstruktivno-tekhnologicheskie printsipy proektirovaniya mnogokanal'nykh truboprovodnykh sistem dlya transportirovaniya agressivnykh sred (Constructive-technological principles of designing of multichannel pipeline systems for transportation of aggressive media), *Neftyanoe khozyaistvo - Oil industry*, 2003, Issue 11, pp. 92 - 94.

5. Yagubov E.Z. Konstruktivno-tekhnologicheskie printsipy proektirovaniya mnogokanal'nykh truboprovodnykh sistem dlya transportirovaniya agressivnykh sred (Design principles of multichannel pipeline systems for corrosive media transportation). Nakhodka, Nakhodkinskii inzhenerno-ekonomicheskii institut. 2006. 7 p. VINITI RAN deposit 20.11.06, № 1421 – B2006.

6. Yagubov E.Z. Mnogokanal'nyi neftegazoprovod (Multichannel oil pipeline), *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskii region. Tekhnicheskie nauki*, 2006, Issue 4, Appendix, pp. 117-118.

7. Belyakov V.P. Kriogennaya tekhnika i tekhnologiya (Cryogenic engineering and technology). Moscow, Energoizdat, 1982. 272 p.

8. Arkharov A.M. et al. Kriogennyye sistemy. Osnovy proektirovaniya apparatov i ustanovok : uchebnyk dlya vuzov po spetsial'nosti «Kriogennaya tekhnika» (Cryogenic systems. Design of apparatuses and units. A textbook). Moscow, Mashinostroenie, 1987. 536 p.

9. Arkharov A.M. et al. Kriogennyye sistemy. Osnovy proektirovaniya apparatov i ustanovok : uchebnyk dlya vuzov po spetsial'nosti «Kriogennaya tekhnika» (Cryogenic systems. Design of apparatuses and units. A textbook). 2 ed. Moscow, Mashinostroenie, 1999. 720 p.

10. Primenenie plastmassovykh trub pri remonte truboprovodov s korroziionnymi povrezhdeniyami (The use of plastic pipe in the repair of pipelines with corrosion damages), *Review information. Series Korroziya i zashchita v neftegazovoi promyshlennosti* (Corrosion and protection in oil and gas industry). Issue 3 (40). Moscow, 1984.

11. Bobylev L.M. Truba ili resheto? (Pipe or sieve), *Neft Rossii - Oil of Russia*, 2000, Issue 1, pp. 64-68.