

Преимуществами предложенной конструкции являются возможность создания скважин различного диаметра при помощи одного расширителя, возможность силового воздействия на стенки скважины с целью их уплотнения, возможность избавления от "сальников" на инструменте, снижение вероятности "прихвата" инструмента в процессе расширения. К недостаткам относится сложность в изготовлении.

Предложенный расширитель переменного диаметра может быть особенно актуальным при прокладке трубопроводов большого диаметра, то есть при сооружении подводных переходов магистральных трубопроводов, при прокладке канализации в городе в условиях плотной застройки, а так же при сооружении переходов трубопроводов через автомобильные и железные дороги.

#### Литература

1. Prasenjit Basu, Monica Prezzi, Dipanjan Basu Drilled displacement piles – current practice and design//DFI Journal–Hawthorne NJ, 2010 – Vol.4 №1. – С. 3 – 21
2. Пат. 4.618.009. United States Reaming tool Thurman B.Carter, Carl D. Reynolds, Larry R. Mundorf. Оубл. 21.10.1986
3. Компьютерное моделирование технологий в нефтегазовом деле. Лабораторный практикум: учебное пособие / Под ред. П.В. Бурков, С.П. Буркова – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 143 с.
4. Современные способы бурения скважин: учебное пособие / Под ред. Воздвиженский Б.И., Сидоренко А.К., Скорняков А.К. – М.: Недра, 1970. – 350 с.
5. Машины и оборудование газонефтепроводов: учебное пособие / Под ред. В.Г.Крец, А.В.Рудаченко, В.А.Шмурыгин. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2011. – 328 с.
6. Методы оптимизации / Под ред. Н. Н. Моисеев, Ю. Н. Иванилов, Е. М. Столярова – М.: Наука, 1978. – 352 с.
7. ООО ТД «БурСвязьКомплект» – оборудование для горизонтально-направленного бурения: Расширители [Электронный ресурс]: сайт компании / ООО ТД «БурСвязьКомплект» / URL: <http://gnb-ustanovki.ru/produkcia/burovoy-instrument/rasshiriteli.html> (дата обращения: 16.02.2014)
8. Поварницын С. В., Рудаченко А. В., Ревазов А. М. Определение деформаций грунта в процессе бестраншейной прокладки трубопровода // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 4. – С. 61–63.
9. Поварницын С. В., Рудаченко А. В. Методика расчета силовых характеристик взаимодействия инструмента вращательно-вдавливающего действия с окружающим грунтом // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № ОВЗ. – С. 391–398.

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА

И.М. Комлев, И.Е. Чаплин

Научный руководитель доцент Н.В. Чухарева

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Трубопроводный транспорт является наиболее экономичным и эффективным видом транспорта жидких и газообразных. В настоящее время на территории России эксплуатируется более 200 тыс. км магистральных нефтегазопроductопроводов и 350 тыс. км промысловых [1]. Однако состояние трубопроводных транспортных систем оставляет желать лучшего. Число аварий увеличивается с каждым годом ввиду их изношенности (около 70% трубопроводов эксплуатируются более 20 лет, срок службы более 300 тыс. км нефтегазопроводов диаметром от 219 до 1600 мм истек или истекает в ближайшие годы) [2]. Очевидно, что проблема заключается в разработке износостойких трубопроводов, которые в свою очередь будут позволять, ввиду своих конструктивных особенностей, увеличивать пропускную способность, снижая при этом мощность, необходимую для перекачки.

Одним из современных перспективных средств совершенствования систем трубопроводного транспорта является широкое внедрение хорошо зарекомендовавших себя в авиа- ракетно-космической технике композиционно-волоконистых материалов (КВМ).

Однако в настоящее время пока еще симпатии проектировщиков трубопроводов ориентированы на использование широко распространенных, но не всегда надежных, традиционных конструкционных материалов. Связано это, в первую очередь, с тем, что потенциальные возможности КВМ не всегда реализуются в конструкциях полностью. В ряде случаев это обусловлено тем, что практика создания трубопроводов из КВМ столкнулась с рядом сложных проблем, требующих научного изучения и исследований. К ним относятся низкая трещиностойкость композитных труб при действии внутреннего давления, приводящая к потере герметичности; недостаточная надежность работы соединительных элементов при длительной эксплуатации композиционных труб; высокая стоимость композиционных материалов и, соответственно, готовой продукции.

Автором [3] была разработана конструкция композиционной трубы с внутренним рифленным герметизирующим слоем, позволяющая решить ряд из вышеперечисленных проблем.

В основе конструкции композиционной трубы с рифленным герметизирующим слоем лежит интегральная схема комплексного спиральноперекрестного и тангенциального армирования 3D. Непрерывная высокоскоростная спиральная намотка, перекрестная под углом  $\pm 45^\circ$ , с бандажирующим винтовым слоем обеспечивает технологическую рациональность изготовления трубы на самом высоком уровне. Спирально-перекрестное армирование позволяет направить энергию упругой деформации стенки от действия внутреннего давления на внутрискрустные силовые смещения спиральных линий (волокон арматуры) от углов  $\pm 45^\circ$  в сторону равновесных  $\pm 55^\circ 44''$ . Образовавшиеся трансверсальные микротрещины при этом спонтанно смыкаются

и самогерметизируются. Благодаря этому явлению трещиностойкость и герметичность трубы существенно возрастает.

Также экспериментально установлено, что скорость потока в трубе со спирально-рифленным внутренним герметизирующим слоем превосходит скорость потока в трубе с обычным герметизирующим слоем из эластомерных материалов.

Таким образом, конструкция стеклопластиковой трубы с рифленным герметизирующим слоем позволяет не только избежать нежелательного явления в виде разгерметизации стенок трубы, но и ускорить поток по сравнению с металлической трубой, повышая тем самым пропускную способность трубопровода.

Следующим современным методом повышения пропускной способности трубопровода является нанесение на внутреннюю стенку трубы гладкостного покрытия.

Согласно литературным данным [4] применение труб с внутренним гладкостным покрытием уменьшает гидравлическое сопротивление в среднем на 12,5 %, что при фиксированной производительности позволяет снизить необходимую мощность для перекачки газа на КС до 0,820-0,840 от исходного значения. Удельное снижение потребляемой мощности КС и соответствующее уменьшение расхода топливного газа на каждый километр оценивается для газопровода DN 1420 в 42-46 кВт/км или 150-175 тыс.м<sup>3</sup>/(год·км). Впервые трубы с внутренним гладкостным покрытием были использованы для строительства газопровода в 1966 г. в Германии. В России такие трубы впервые применялись при строительстве магистрального газопровода «Голубой поток». В настоящее время при строительстве магистральных газопроводов все трубы большого диаметра (более 1020 мм) должны поставляться только с внутренним гладкостным покрытием.

В настоящее время технология нанесения на трубы большого диаметра внутренних гладкостных покрытий уже освоена на пяти трубоизоляционных заводах в России, при этом производительность технологических линий на данных заводах составляет от 400 до 800 м<sup>2</sup>/ч. На ряде заводов в ближайшее время планируется освоить технологию нанесения внутренних гладкостных покрытий на трубы малого и среднего диаметра (от 273 мм включительно).

Для внутренней изоляции газопроводов могут применяться покрытия на основе различных материалов: эпоксидных, полиуретановых, виниловых, фенольных и других смол. Однако наиболее используемым материалом для нанесения гладкостных покрытий в настоящее время являются композиции на основе именно эпоксидных смол с содержанием растворителя от 0 до 40 %. Покрытия на основе эпоксидных смол обладают хорошей адгезией к металлу, достаточно высокими физико-механическими свойствами, высокой стойкостью к химическим и атмосферным воздействиям.

Толщина внутренних гладкостных покрытий, согласно действующим нормативным требованиям, должна составлять от 60 до 150 мкм [5]. Считается, что данная толщина является недостаточной для обеспечения долговременной защиты металла труб от коррозии - по требованию ГОСТ 51164-98 «Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии» толщина антикоррозионных эпоксидных покрытий должна составлять минимум 350 мкм. Однако, хотя защита от коррозии и не является принципиальной функцией гладкостного покрытия (транспортируемый газ предварительно подготавливается, проходит очистку и не является коррозионно-агрессивной средой), гладкостное покрытие, как показывает практика, достаточно эффективно предохраняет внутреннюю поверхность труб от атмосферной коррозии при хранении их в условиях воздействия агрессивной среды. Так, гладкостные покрытия практически не теряют своих антифрикционных свойств при хранении труб даже в приморском климате, тогда как внутренняя поверхность труб без покрытия в подобных условиях значительно увеличивает свою шероховатость.

Определенным преимуществом внутренних покрытий является относительная простота проведения ремонта дефектов, который осуществляется посредством ручного нанесения на восстановленную (очищенную) металлическую поверхность ремонтного эпоксидного материала.

Преимущества и накопленный опыт по нанесению и эксплуатации гладкостных покрытий определяют уверенные перспективы развития данного направления в будущем. Эти перспективы связаны как с увеличением объемов и номенклатуры выпускаемых труб с внутренним гладкостным покрытием (в частности, с освоением технологий нанесения гладкостных покрытий на трубы малого диаметра и на соединительные детали), так и с повышением качества и эффективности самого покрытия [6].

#### Литература

1. Бобылев Л. М. Труба или решето? // Нефть России. — 2000. — №1. — С. 64-68.
2. Бобылев Л. М. Как не допустить экологической катастрофы // Независимая газета. 05. 02. 99.
3. Ягубов Э.З. Композитно-волоконная труба нефтегазового назначения // Технологии нефти и газа. — 2009. - №63. — С. 55-57.
4. Седых А. Д., Белозеров Л. Г., Галиуллин З.Т. Внутренние покрытия труб на магистральных газопроводах. - М.: ИРЦ Газпром, 2006.
5. СТО Газпром 2-2.2-180-2007 «Технические требования на внутреннее гладкостное покрытие труб для строительства магистральных газопроводов».
6. Сазонов А.П., Латышев А.В., Петрусенко Е.В., Савостина Н.И. Производство и опыт эксплуатации внутренних гладкостных покрытий для магистральных газопроводов // Газовая промышленность. — 2012. - №683. — С. 76-78.