

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТРУБ ИЗ ТЕРМОПЛАСТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

**Фаттахов М.М.**

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*Анализируется почти полувековой опыт строительства и эксплуатации распределительных газопроводов из полиэтиленовых труб. Отмечается, что полиэтиленовые газопроводы, имеют неоспоримые преимущества перед стальными. Малая масса и гибкость, низкая стоимость строительства, повышенная пропускная способность, отсутствие внешней и внутренней коррозии и, как следствие этого, отсутствие изоляции, высокая долговечность (прогнозируемая – 80 лет) позволяют им не только успешно конкурировать на строительном рынке распределительных газопроводов, но и показать очевидность их превосходства перед традиционными стальными газопроводами.*

*Показано, что в последние десятилетия широкое распространение получил и способ реконструкции изношенных стальных газопроводов с помощью протяжки в них плетей полиэтиленовых труб меньшего типоразмера, что позволило получить существенную экономию по сравнению с традиционной переукладкой новых стальных труб.*

Более чем полувековой опыт эксплуатации стальных распределительных газопроводов показал, что в большинстве случаев нормативный срок их службы в 40 лет не выдерживается. В связи с этим, не прекращались поиски альтернативного материала для подземных газопроводов, подверженных коррозионному разрушению на весь период эксплуатации в 40-50 лет и способов соединения труб, которые не снижали бы его надежности [1, 2].

Многочисленные исследования по использованию для рассматриваемых целей асбестоцементных труб не обеспечивали стабильности результатов из-за трудностей организации крупнотоннажного производства труб, их высокой стоимости и отсутствием надежного соединения.

Другой альтернативой стали трубы из полимерных материалов. Наиболее доступными и подходящими по свойствам для подземных газопроводов оказались поливинилхлорид (ПВХ) и полиэтилен (ПЭ).

По инициативе института «Мосинжпроект» в 1958-1960 гг. совместно с трестом «Мосгаз» были проведены опытно-конструкторские и экспериментальные работы по определению возможности и условий эксплуатации пластмассовых подземных газопроводов.

Определение газопроницаемости материала этих труб проводились в институте «Мосинжпроект». Результаты проведенных исследований, стендовые испытания и длительные эксплуатационные наблюдения позволили сделать вывод о том, что трубы из ПВХ и ПЭ в необходимой степени газонепроницаемы и могут применяться для строительства подземных газопроводов. Первый в России подземный распределительный газопровод из ПВХ труб отечественного производства был построен в 1959 г. в Москве на территории клинической больницы по проекту и технологии, разработанной институтом «Мосинжпроект». А в августе 1961 г. в Москве на территории Текстильного института был построен первый в России подземный газопровод из полиэтиленовых труб.

При строительстве подземного газопровода низкого давления использовались отечественные ПВХ трубы общей протяженностью 165 м с наружным диаметром 114 мм и толщиной стенки 7 мм, и расчетным допускаемым напряжением 10 МПа. Трубы сваривались в базовых условиях контактной стыковой сваркой вращательным трением в плети, а затем в построечных условиях соединялись разъемными клиновыми соединениями с резиновым уплотнителем кольцом из маслобензостойкой резины. Строительство осуществлялось силами СУ-7 Первого треста «Мосподземстрой». Газопровод успешно эксплуатировался до 1979 г. и был отключен в связи с переводом потребителя на электроснабжение.

При строительстве подземного газопровода низкого давления проект и технология монтажа которого так же были разработаны институтом «Мосинжпроект», использовались полиэтиленовые трубы отечественного производства марки ВДЛ с наружным диаметром 63 мм и толщиной стенки 3 мм (SDR 21, расчетное сопротивление 5 МПа).

Разъемное соединение полиэтиленовых труб со стальными осуществлялось с помощью конусной отбортовки концов полиэтиленовых труб и стальным фланцем с конусным приливом. Неразъемное соединение полиэтиленовых труб выполнялось с помощью контактной стыковой сварки стальным пластинчатым электронагревателем. Температура сварочного нагревателя измерялась термопарой и регулировалась изменением напряжения электрического тока.

Измерения и наблюдения, проводившиеся в течение первых трех лет эксплуатации опытных газопроводов, не выявили каких-либо отклонений и нарушений и подтвердили правильность принятых проектных решений.

Несмотря на подходящие для газопроводов свойства поливинилхлорида, трубы из него не получили распространения по следующим причинам:

- отсутствовали способы и оборудование для соединения труб в условиях строительной площадки;
- не были разработаны рецептуры достаточно качественных клеев и не было освоено производство раструбных соединительных деталей, что не позволяло осуществлять надежные врезки, ответвления и повороты газопровода, а также производить возможные ремонтно-восстановительные работы. Применение же разъемных соединений на подземных газопроводах строительными нормами и правилами было запрещено.

В связи с этим, полиэтиленовые газопроводы, имеющие многочисленные неоспоримые преимущества перед стальными (малая масса и гибкость, простота и низкая стоимость транспортировки и укладки; гидравлическая гладкость внутренней поверхности (потери давления на трение в полиэтиленовых трубах приблизительно на 30 % меньше, чем в стальных и, вследствие этого, значительное увеличение их пропускной способности); отсутствие изоляции; высокая долговечность – 60-80 лет; низкая электро- и теплопроводность [1, 3]) прекрасно соединяются посредством сварки встык в полевых условиях и могут поставляться потребителю длинномерными плетями, намотанными в бухты или на специальные катушки до наружного диаметра 160 мм.

Эксплуатация газопроводов из полиэтиленовых труб, построенных по технологии и проектам института «Мосинжпроект» в 1961-1964 гг., показала возможность их широкого применения, аналогично применению в эти годы

полиэтиленовых труб при строительстве газопроводов в странах Западной Европы и Америки.

По предложению Главгаза МКХ РФ разработки в этой области для их широкого внедрения были переданы институтом «Мосинжпроект», образованному в 1958 г. Саратовскому институту «ГипроНИИгаз».

Сравнивая конструктивные и технологические решения, использованные при строительстве подземных полиэтиленовых газопроводов в Москве и европейских странах в те годы, следует отметить причины, сдерживавшие широкое распространение газопроводов из полиэтиленовых труб в СССР:

- малый объем производства полиэтилена высокой плотности, применяемый для изготовления полиэтиленовых труб для газопроводов и, в связи с этим, невозможность преодоления конкуренции широкодоступных и сравнительно дешевых металлических труб;
- отсутствие промышленного производства литых соединительных деталей из полиэтилена;
- отсутствие индустриального производства типового сварочного оборудования, обеспечивающего получение сварных соединений высокого качества;
- отсутствие системы подготовки квалифицированных сварщиков полиэтиленовых трубопроводов, как это организовано при обучении сварщиков стальных газопроводов;
- неотработанность методов контроля сварных соединений полиэтиленовых трубопроводов;
- недостаточная проработка нормативной и методической литературы по строительству, ремонту и эксплуатации полиэтиленовых газопроводов.

Строительство внутрипоселковых и межпоселковых газопроводов из полиэтилена силами ОАО «ГипроНИИгаз» началось с 1964 г., когда в Тамбове был построен первый опытный газопровод среднего давления протяженностью 1400 м. За ним последовали другие газопроводы, на которых велись наблюдения и исследования. На основании опыта эксплуатации действующих газопроводов были разработаны рекомендации по эксплуатации и ремонту подземных газопроводов из полиэтиленовых труб.

В «ГипроНИИГаз» была разработана опытная установка для сварки полиэтиленовых труб в полевых условиях. В 1965-1966 гг. разработана первая нормативно-техническая документация на строительство полиэтиленовых газопроводов – «Временные технические условия на проектирование и строительство опытных подземных газопроводов из полиэтиленовых труб», по которым осуществлялось строительство в Краснодарском и Ставропольском краях, Ярославле, Белгороде, Москве и других городах, а также в сельской местности. В 60-е годы было спроектировано и построено около 115 км полиэтиленовых газопроводов диаметром 100-200 мм, причем до 1967 г. их строительство выполнялось в основном силами «ГипроНИИГаз». Одновременно решался вопрос подготовки кадров строителей. С 1968 г. специалистами института ведутся курсы по строительству и эксплуатации полиэтиленовых газопроводов.

Эти наработки нашли отражение в строительных нормах по газоснабжению (СНиП 2.04.08-87 и СНиП 3.05.02-88), сводах правил по строительству (СП 42-101-96) и контролю качества сварных соединений (СП 42-105-99), альбомах технологических карт, инструкциях и других нормативных и методических документах. Все это позволило практически создать научно-техническую базу для массового внедрения полиэтиленовых труб в газоснабжении.

Эти наработки нашли отражение в нормативно-технической документации, разработанной в тот период под руководством ОАО «ГипроНИИГаз»; строительных нормах по газоснабжению (СНиП 2.04.08-87 и СНиП 3.05.02-88), сводах правил по строительству (СП 42-101-96) и контролю качества сварных соединений (СП 42-105-99), альбомах технологических карт, инструкциях и других нормативных и методических документах. Таким образом, была создана нормативная база для массового внедрения полиэтиленовых труб в газоснабжении на территории Российской Федерации, которое началось с конца 80-х начала 90-х.

В этот же период было налажено производство газопроводных труб по специальным ТУ 6-19-352-87 на заводе ОАО «Казаньоргсинтез».

Все это дало возможность нарастить темпы внедрения полиэтиленовых труб и построить с их использованием к началу 1990 г. 1900 км газопроводов. Появление с середины 90-х гг. импортных, а затем и отечественных труб из полиэтилена средней плотности (РЕМД) марки ПЭ-80, а также сварочной техники с элементами автоматизации процесса сварки позволило снять ряд ограничений по применению полиэтиленовых труб в городах и применить их для реконструкции стальных изношенных трубопроводов. В результате на начало 1998 г. в Российской Федерации эксплуатировалось около 11000 км полиэтиленовых газопроводов.

Анализ динамики строительства полиэтиленовых газопроводов в России за последние шесть лет свидетельствует о том, что, несмотря на сложную экономическую ситуацию внутри страны, темпы использования полиэтиленовых труб непрерывно нарастают. Наблюдается устойчивая тенденция к перераспределению объемов строящихся газопроводов в пользу полиэтиленовых труб.

На начало 1999 г. в Российской Федерации находилось в эксплуатации более 17300 км полиэтиленовых газопроводов, в то время как к 1990 г. их протяженность не превышала 1900 км. Таким образом, за восемь лет (с 1990 по 1999 гг.) протяженность полиэтиленовых газопроводов возросла в 9,1 раза.

Приведенные данные не учитывают протяженность газопроводов, реконструированных методом протяжки полиэтиленовых труб, что дополнительно составляет около 300 км.

Наиболее применяемыми до настоящего времени остаются полиэтиленовые трубы диаметром 110 и 160 мм. В процентном соотношении это составляет соответственно 42,5 % и 39,1 % от общего количества газопроводов по состоянию на декабрь 2003 г.

К настоящему времени протяженность газораспределительных сетей составляет 378 тыс. км. Из них 13 % газопроводов эксплуатируется свыше 30 лет, 20 % - от 20 до 30 лет, 34 % - от 10 до 20 лет.

Запроектированные и построенные в соответствии с новыми требованиями полиэтиленовые газопроводы показали свою надежность при эксплуатации. За период строительства с 1980 по 1997 гг. на территории России официально

зарегистрированы только 73 аварийные ситуации на полиэтиленовых газопроводах, что на порядок меньше, чем на аналогичных стальных газораспределительных сетях. По данным на 1998 г., отмечено 12 аварий, за 1999 г. – 3 аварии.

Причины аварий можно разделить на следующие группы:

- разрушение по стыку (40 аварий) – 54 %;
- повреждение землеройной техникой (18 аварий) – 25 %;
- разрушение по телу трубы (8 аварий) – 11 %;
- нарушение герметичности соединений «полиэтилен-сталь» (5 аварий) – 7 %;
- другое (2 аварии) – 3 %.

Разрушение стыковых соединений объясняется недостаточной подготовкой сварщиков, применением неавтоматизированного сварочного оборудования, недостаточным контролем качества как сварных соединений, так и строительно-монтажных работ.

Анализ причин, вызвавших разрушение полиэтиленовых труб, показывает, что все без исключения аварии наступали не по причине потери трубами своих качеств, а из-за несоблюдения в ряде случаев соответствующих норм при проведении строительно-монтажных работ. Это, прежде всего, глубокие царапины и задиры, возникшие при транспортировке труб, которые не были устранены (вырезаны) при производстве сварочных и укладочных работ, а также из-за работ, проводимых на смежных коммуникациях.

Иных аварий, вызванных потерей полиэтиленовыми трубами газового сортамента своих прочностных свойств, зафиксировано не было, что позволяет сделать вывод о большой надежности применяемых труб.

Трубы из полиэтилена нашли свое применение и при восстановлении работоспособности городских газопроводных сетей. Широкое распространение в последние годы получил метод протяжки полиэтиленовых труб внутри изношенных стальных газопроводов [4, 5]. Первые экспериментальные работы по реконструкции малонадежных стальных газопроводов данным способом были выполнены ОАО «ГипроНИИГаз» в г. Саратове в 1974-1982 гг. (6 участков общей длиной 950 м). Инициатором широкомасштабного внедрения этого процесса

явилось ММГП «Мосгаз», которое с 1993 г. проводит реконструкцию городских газопроводов низкого и среднего давления на базе территориальных строительных норм «Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации полиэтиленовых газопроводов, прокладываемых методом протяжки внутри металлических труб» (1993 г.).

Большую роль в расширении применения полиэтиленовых газопроводов сыграл также выпуск свода правил СП 42-101-96 «Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб диаметром до 300 мм». Этот свод правил в определенной мере восполнил недостатки СНиП 2.04.08-87 и СНиП 3.05.02-88, которые с 1998 г. пересматриваются и приводятся соответствие с требованиями СНиП 10-01-04.

В 2002 г. введен в действие новый комплекс нормативной документации по газораспределению: СНиП 42-01 и трех сводов правил к нему – СП 42-101, СП 42-102 и СП 42-103.

Более чем 40-летний опыт эксплуатации подземных полиэтиленовых газопроводов подтвердил их высокую надежность и экономичность, следовательно, и правильность того выбора, который был сделан еще в 1959 г.

Интенсивность развития газораспределительных систем России в значительной степени зависит как от реальной оценки потребности в газе или альтернативных видах топливно-энергетических ресурсов, так и от перехода в строительстве от стальных труб к полиэтиленовым, с реализацией всех их потенциальных возможностей. В то же время, в современных ценовых и налоговых условиях строительство полиэтиленовых газопроводов с использованием старых расчетных подходов и технических решений может в ряде случаев стать экономически невыгодным из-за увеличения срока возврата вложений.

Для подачи требуемого объема газа к населенным пунктам необходимо или увеличение диаметра труб при сохранении установленных требованиями СНиП 2.04.08-87 «Газоснабжение» давления не более 0,6 МПа или, наоборот, уменьшение диаметра труб при повышении давления газа. Второй путь более экономически оправдан.

В связи с этим, в настоящее время активно прорабатывается вопрос о возможности повышения давления в межпоселковых распределительных газопроводах при одновременном уменьшении их диаметра, что позволит снизить затраты на строительство и эксплуатацию. При этом не должны снижаться критерии безопасности в течение всего срока эксплуатации, что достигается благодаря применению труб из новых марок полиэтилена (ПЭ 100), обладающих большой длительной прочностью и достаточным коэффициентом запаса прочности [6].

Использование полиэтиленовых труб взамен стальных при одновременном повышении давления в них позволяет улучшить надежность и долговечность сооружаемых газораспределительных сетей и повысить их удельные расходные характеристики. Существующее в СНиП 2.04.08-87 ограничение рабочего давления в газопроводах из полиэтиленовых труб до 0,6 МПа объясняется применением до последнего времени труб из ПЭ 80 со стандартным размерным соотношением SDR 11 и SDR 17,6. Появившиеся на отечественном рынке трубы из ПЭ 100 с SDR 9 дают возможность эксплуатировать газопроводы с рабочим давлением уже до 1,2 МПа. При этом коэффициент запаса прочности  $C$  составляет не менее 2, что достаточно для обеспечения безопасности эксплуатации. Двукратный коэффициент запаса прочности позволяет полностью компенсировать дополнительные напряжения в трубах, возникающие от перепада температур, давления и подвижек грунта, влияние небольших поверхностных дефектов. Вспомним, что совсем недавно в России массово сооружались газопроводы давлением 0,6 МПа из труб ПЭ 63 с SDR 11 с коэффициентом  $C=2,1$ .

Реальная безопасность полиэтиленовых труб обусловлена не только запасом прочности, но и совокупностью трех ключевых параметров: минимальной длительной прочности (MRS), стойкости к медленному растрескиванию и стойкости к быстрому растрескиванию. Последний фактор тем важнее, чем больше вероятность внешних повреждений, чем ниже качество сварных швов и чем суровее условия эксплуатации (особенно опасны низкие температуры). Поэтому использование ПЭ 100, превосходящего по показателю

стойкости к быстрому растрескиванию ПЭ 63 и ПЭ 80, на давление 1,2 МПа, не менее безопасно, чем труб из ПЭ 63 или ПЭ 80 на давление 0,6 МПа.

Принятое в настоящее время допустимое давление в полиэтиленовых трубах из различных марок сырья для  $T_{\text{экспл}} = 20^{\circ}\text{C}$  и времени 50 лет, рассчитанное в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50838-95, приведено в таблице.

Таблица 1

Давление в трубопроводах в зависимости от коэффициента запаса прочности

Коэффициент запаса прочности С	Давление, бар, в трубопроводах								
	ПЭ 63 при SDR			ПЭ 80 при SDR			ПЭ 100 при SDR		
	11	9	7,4	11	9	7,4	11	9	7,4
1,25	10,1	12,6	15,8	12,8	16,0	20,0	16,0	20,0	25,0
2,0	6,3	7,9	9,8	8,0	10,0	12,5	10,0	12,5	15,6
2,5	5,0	6,3	7,9	6,4	8,0	10,0	8,0	10,0	12,5

Строительство экспериментального газопровода в Оренбургской области является частью решения проблемы в полиэтиленовых газораспределительных сетях. Попытки решения данной проблемы предпринимаются как в отечественной, так и зарубежной практике строительства. Однако, не все построенные газопроводы отвечают требованиям экспериментального строительства.

Газопровод во Владимирской области (трубы ПЭ 100 SDR 7,4 окончание строительства – 1998 г., загружен рабочим давлением с октября 2000 г.) вместо расчетного давления 1,2 МПа эксплуатируется с рабочим давлением только 0,8 МПа, что не позволяет судить об эксплуатационных показателях полиэтиленовых труб.

Экспериментальный газопровод в г. Таганроге из труб ПЭ 100 с SDR 9 315x35,2 мм и общей длиной 58 м (2001 г., давление до 1,2 МПа) предназначен для восстановления изношенного участка стального газопровода, поэтому проведение на нем каких-либо испытаний не предусматривается. Экспериментальный газопровод давление до 1,2 МПа «Присклоновое –

Губкинский ГПЗ» в Тюменской области построен из труб ПЭ 63 De 225 мм и предназначен для транспортировки попутного нефтяного газа. Газопровод давлением до 1,2 МПа в пригороде Краснокаменска Пермской обл. (1999 г.) сооружен из бипластмассовых (с внутренним слоем из полиэтилена и наружным из стеклопластика) труб De 75 мм, нормативные требования к которым для газопроводного транспорта еще не определены.

Экспериментальные исследования по повышению давления проводятся и в других странах. В Дании в 1998 г. проведена опытная прокладка газопровода давлением 0,7 МПа из труб ПЭ 100 с SDR 11 марки HE 2492 фирмы Borealis (C = 2,86) в малонаселенном районе г. Икаста (п-ов Ютландия), где плотность населения по национальной шкале ASME соответствовала классам 1 (очень низкая) и 2 (низкая). Газопровод выполнен из труб De 225 и 200 мм, имеет общую протяженность 5600 м и предназначен для газа к электростанции, а также к району с жилой застройкой. Прокладка труб непосредственно к жилым домам выполнялась из труб ПЭ 80, работающих при давлении 0,4 МПа. На основании полученного опыта должен быть решен вопрос о возможности прокладки таких газопроводов по более густонаселенным районам, а также определена возможность эксплуатации газопроводов при давлении до 1,0 МПа с коэффициентом запаса прочности 2,0.

В Германии в декабре 1996 г. построен первый в этой стране газопровод из ПЭ 100 (марки Eltex Tub 12 фирмы Solvay), позволивший объединить промышленную зону Голлнхофена на юге г. Вюрцбурга с основной газовой сетью. Газопровод протяженностью 22 км выполнен из труб De 180 и 225 мм с SDR 11 (C = 2,0). Сварка труб длиной по 12 м выполнялась стыковой сваркой. С 1998 г. из труб ПЭ 100 для газовых сетей давлением 1,0 МПа стали использовать компании Westalische Fernqas, Mainqas и Gasversorgung Westfalica & Erdgas Mark Brandenburg.

Газопровод в Оренбургской области является первым полноценным отечественным экспериментальным газопроводом. Гидравлический расчет, выполненный в соответствии с требованиями СНиП 2.04.08-87 (коэффициент шероховатости 0,002 см), показал, что максимальная пропускная способность газопровода составит 2032 м<sup>3</sup>/ч.

Газопровод имеет общую длину 48573 м, из них 48370 м – полиэтиленовые трубы ПЭ 100 с SDR 9 и De 160 мм (ТУ 2248-048-00203536-2000), имеющие минимальную толщину стенки 17,9 мм. Стальные трубы предусмотрены в начале (у ГРС) и в конце трассы. Полиэтиленовые трубы изготовлены ЗАО «Сибтрубпласт» (г. Тюмень). В качестве исходного сырья для производства труб использовался ПЭ 100 марки Eltex Tub 121 бельгийского концерна Solvay (плотность 0,959 г/см<sup>3</sup>, показатель текучести расплава – 0,44 г/10 мин при 190<sup>0</sup>С и нагрузке 5 кг, термостабильность – более 20 мин при 210<sup>0</sup>С).

Грунты по трассе газопровода представлены в основном суглинками, в районах пересекаемых рек находятся песчаные грунты, в отдельных местах – отложения ракушечника. Грунты по трассе относятся, в основном, к непучинистым и непросадочным. Имеются отдельные участки общей протяженностью около 8 км с пучинистыми и просадочными (I типа) грунтами. Грунтовые воды встречаются только в двух местах – при пересечении водных преград. По величине удельного сопротивления грунты относятся к категории высокой коррозионной агрессивности. По данным инженерно-геологических изысканий, глубина промерзания для песков и супесей составляет – 2,01 м, суглинков и глин – 1,65 м, песчаников – 2,14 м. В зимний период на поверхности земли, свободной от снега, наблюдаются трещины глубиной 20-25 см.

Рельеф местности пологоволнистый с небольшими оврагами, максимальный перепад высот – 169,25 м.

Глубина заложения полиэтиленового газопровода принята равной 1,0 м до верха трубы, на участках с сильнопучинистыми грунтами, газопровод уложен ниже глубины сезонного промерзания грунта. В грунтах I типа просадочности и среднепучинистых грунтах предусмотрено основания 10 см и присыпка слоем песка толщиной 20 см, как определено СНиП 2.04.08-87.

В конце декабря 2001 г. построенный газопровод был подвергнут пневматическим испытаниям, после чего принят в эксплуатацию.

Из вышеперечисленного следует, что широкое применение газопроводов из полиэтиленовых труб сдерживается их низкой несущей способностью, при этом рабочее давление в них не превышает 1,0÷1,2 МПа.

С целью повышения несущей способности полиэтиленовых газопроводов и, как следствие этого, повышения в них рабочего давления до 2,5 МПа к настоящему времени разработаны новые типы так называемых комбинированных труб на основе полиэтилена с использованием сочетания в них различных материалов [7, 8, 9]. Это бипластмассовые трубы, представляющие собой тонкостенные полиэтиленовые трубы, упрочненные формированием наружной стеклопластиковой оболочки и металлопластовые трубы, представляющие собой полиэтиленовые трубы, монолитная стенка которых армирована сварным проволочным каркасом с разработанными для них равнопрочными с телом трубы соединениями. Производство таких труб освоено в настоящее время отечественной промышленностью и они успешно прошли апробацию в условиях нефтегазовых промыслов. К настоящему времени смонтировано и успешно эксплуатируется в системах нефтегазосбора в общей сложности около тысячи километров трубопроводов из бипластмассовых и металлопластовых труб.

### Литература

1. Карин В.Ю., Бухин В.Е., Вольнов Ю.Н. Полиэтиленовые газовые сети. Материалы для проектирования и строительства. - Приволжское книжное изд-во, 2001.
2. Бухин В.Е., Карин В.Ю. Полиэтиленовые распределительные газопроводы в России. // Трубопроводы и экология, 2002, № 1, с. 26-28.
3. Горилковский М.И. Состояние и перспективы трубопроводов в России. // Трубопроводы и экология, 2003, № 4, с. 20-22.
4. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов. – М.: Прима-Пресс, 2002.
5. Агапчев В.И., Премяков Н.Г. Восстановление изношенных трубопроводов путем введения в них пластмассовых труб. Прикладная синергетика и проблемы безопасности. // Сборник научных трудов / Редкол.: Р.Г. Шарифеев и др. – Уфа: ГУП «Уфимский полиграфкомбинат», 2003, с. 43-47.
6. Каргин В.Ю., Решетов В.Г. Полиэтиленовые газопроводы давлением более 0,6 Мпа. // Трубопроводы и экология, 2003, № 1 – с. 20-22.

7. Зайцев К.И., Ларионов А.Ф., Грейлих В.И. Строительство опытного участка газопровода из бипластмассовых труб. // Трубопроводы и экология, 2000, № 3 – с. 24-25.

8. Пермяков Н.Г., Агапчев В.И. Применение пластмассовых труб на нефтепромыслах. // Нефтяное хозяйство, 1995, № 9 – с. 59-60.

9. Агапчев В.И., Виноградов Д.А., Абдуллин В.М. Трубопроводные системы из композиционных материалов в нефтегазовом строительстве. // Нефть и газ. Изв. вузов, 2003, № 5, с. 91-95.