

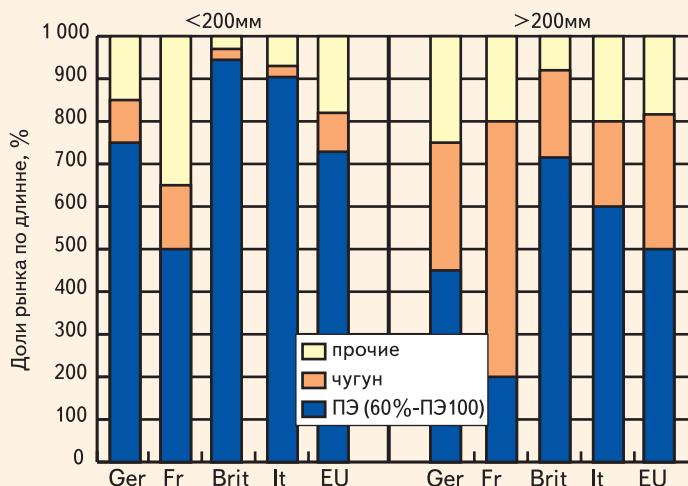
Полиэтилен или Чугун?!!



Сегодня отдельные поставщики труб из ВЧШГ и меди говорят о том, что полимерным трубам доверять рано. Так ли это на самом деле? Какова реальная картина в мире?

Мировой опыт устройства инженерных коммуникаций показывает **обоюдную востребованность** как полимерных, так и различного вида металлических труб. На рынке труб для холодного водоснабжения в последние десятилетия прослеживается четкая тенденция: на фоне роста популярности полимерных труб, такие материалы, как сталь и чугун постепенно уменьшают свою долю. Желая удержать потребителя, российские продавцы труб для холодного водоснабжения из традиционных материалов перешли к решительным действиям. Комиссия Государственной Думы РФ по **Техническому регулированию** (зам. главы комиссии Грачев В.А., глава комиссии Волков Ю.Н.) представила на суд специалистов проекты технических регламентов по водоснабжению и водоотведению. В проектах не нашлось места повсеместно применяемым трубам из полимерных материалов. Неожиданно усомнился в надежности полимерных труб и Комитет Государственной Думы РФ по **Экологии** (глава комитета Грачев В.А.). В постановлении пространно говорится о **возможной** ненадежности труб из ПЭ, одновременно рекомендуется применять ... только трубы из ВЧШГ. Стало ли такое совпадение случайностью? Имело ли в данном случае намеренное введение уважаемых Комитетов в заблуждение? Ответ на этот вопрос не так важен. Невозможно представить, что полиэтиленовые трубы, успешно применяемые во всем мире удастся поставить под сомнение или запретить в отдельно взятой стране. Еще труднее представить, что единственная расположенная в центральной части России компания-производитель труб из ВЧШГ, сможет обеспечить своей продукцией всю страну. Прямых юридических последствий это решение Комитета по Экологии, разумеется, не имеет. Государственные научные и исследовательские институты, занимающиеся вопросами контроля и сертификации труб из полимерных материалов, владеют действительной картиной происходящего. И **доверяют полиэтиленовым трубам** транспортировку газа и питьевой воды. Полимерные трубы продолжают успешно применяться в России и за рубежом. Что касается указанных выше обвинений... Специалисты несомненно разберутся в сути вопроса и очевидное им станет очевидно всем. Полимерные трубы безопасны и надежны. Публикации же, ставящие под сомнение **достоинства полимерных труб** регулярно появлялись на протяжении всей истории развития современных технологий **водоснабжения и водоотведения**.

Elaborated from AMI data



Доли рынка труб для напорного водоснабжения в странах Евросоюза

Инициаторами подобной пропаганды являлись и являются отдельные продавцы труб из традиционных материалов (меди, чугуна..), стремительно теряющие рынки сбыта. Однако, специалисты всегда отделяли зерна от плевел, а научный и технический прогресс ставил все на свои места. За прошедшие полвека полиэтиленовые трубы убедительно доказали свою надежность. Именно полиэтилену, а не чугуну, доверяют сегодня транспортировку газа по распределительным системам. Более того, именно на современные полимерные материалы в настоящее время приходится большая доля рынка труб для сетей водоснабжения, водоотведения и газоснабжения в странах Евросоюза.

Известно, что в странах Европы применяются более жесткие требования к качеству питьевого водоснабжения, чем действующие сегодня отечественные СанПиН.

Именно благодаря этому фактору трубы из полиэтилена, как наиболее безупречные с санитарно-гигиенической точки зрения, получают в Европе подавляющую долю рынка.



Трубы из полиэтилена применены для создания систем питьевого, технологического и пожарного водоснабжения при строительстве портов в Калининграде, Новороссийске, Приморске, Высоцке, Усть-Луге.

Как видно из приведенной выше статистики на европейских трубопроводах диаметром менее 200 мм полиэтиленовые трубы (на 60% это трубы из ПЭ 100) практически вытеснили трубы из ВЧШГ (высокопрочного чугуна с шаровидным графитом) и трубы из других материалов. Схожая картина сохраняется и по трубам большого (200 - 1600 мм) диаметра. Единственной страной, где трубы из ВЧШГ большого диаметра сохранили за собой существенную долю рынка, является Франция. Объясняется это тем, что именно во Франции располагается одно из крупнейших металлургических предприятий мира, концерн «Сент Габен/Понт-а-Муссон». Однако и оно переживает непростой период. По сравнению с 80-ми годами прошлого столетия производство труб из ВЧШГ существенно сокращено. Некоторые производства чугуновых труб (н-р крупнейший завод Biwater Industries в Дербишире, Великобритания) были просто закрыты. В чем же причина уменьшающегося европейского спроса на такой надежный материал, как чугун? Ответ на этот вопрос можно получить, сравнив потребительские характеристики ПЭ и ВЧШГ.

Только комплексно рассчитав взаимодействие таких факторов, как характеристики самой трубы, глубина ее заложения, нагрузка на поверхность, свойства и качество грунта в месте прокладки, наличие грунтовых вод, вероятность смещения грунта и электрохимической коррозии можно сделать вывод о возможности применения труб из того или иного материала.

Производители жестких труб (ВЧШГ является материалом, характеризующимся большой жесткостью) часто приводят в качестве преимущества избыточные показатели прочности своих труб. Но является ли это действительным преимуществом?! Ведь **переносить свойства самого материала** (например ВЧШГ) **на свойства трубы** из данного материала **неверно**. Труба является лишь частью трубопровода. При ненадежном стыковом соединении все преимущества

«суперпрочного» материала «выдерживающего многократные перегрузки по давлению» сводятся на нет.

Системы «жестких» труб, соединяемые в раструб, в условиях подвижных болотистых грунтов не могут обеспечить общей герметичности трубопровода. Специалистам строительных и коммунальных служб знакома проблема разгерметизации стыковых соединений на чугунных трубах в результате подвижек грунта. Для обеспечения реальной долговечности чугунных и стеклопластиковых трубопроводов соединенных «в раструб», возникает необходимость в существенном укреплении траншеи: устанавливают бетонные блоки, упоры в местах поворота трассы, забиваются сваи... Надо ли упоминать о том, насколько при этом **возрастает общая стоимость затрат** по созданию и обслуживанию трубопроводов из раструбных труб?! Существенно увеличиваются и сроки строительства. Справедливости ради стоит заметить, что чугунные трубы можно соединять сваркой а трубы из стеклопластика склейкой. Однако, в практике строительства такие виды монтажа **не нашли применения**. Реальным продуктом, присутствующем на рынке, является трубы из ВЧШГ и стеклопластика, соединяемые в раструб. Со всеми упомянутыми выше **недостатками**.

Сходная картина и за рубежом. Вот что говорит **Майк Шепард** из Британской компании Thames Water ведущей сегодня замену изношенных лондонских чугунных водопроводов на современные трубы из полиэтилена. «Мы осуществляем реновацию существующих водопроводных сетей поскольку они имеют **множество расстыковок и утечек**. Данные работы позволят нам и в будущем предоставлять потребителям услуги высокого уровня». Thames Water обосновывает свое



Майк Шепард из Британской компании Thames Water

решение о применении полиэтиленовых труб их способностью надежно работать в условиях **подвижных глинистых грунтов** и «агрессивной городской нагрузки», которую оказывает на почву 8-миллионный мегаполис. Какому «агрессивному» воздействию городской среды неспособны противостоят трубы из жестких материалов?

В качестве наглядного примера такого воздействия можно привести череду серьезных аварий произошедших в Москве зимой 2005 -2006 г. Отказы приходились на водопроводы из материалов, характеризующихся большой жесткостью (сталь, чугун). Самой неприятной аварией стало разрушение магистрального трубопровода холодного водоснабжения, приведшее к затоплению на правительственном Рублевском шоссе. Уровень воды на проезжей части поднялся до двух метров, движение на трассе было остановлено на 3 часа. Также было

затоплено два яруса подземного гаража. Расследованием произошедшего занялись органы прокуратуры. Это уже не первый прорыв из целой серии аварий на магистралях холодного водоснабжения в Москве, спровоцированных заморозками и смещением грунта. Специалистам приходилось исправлять разрушения на трубах из материалов, характеризующихся большой жесткостью (чугун, сталь) в т.ч. диаметром 300, 960 мм и 1400 мм. Всего было зафиксировано 282 жалобы на отказы сетей водоснабжения из-за морозов и перемерзания грунта. Это более чем в 10 раз выше показателей прошлых лет. Если бы не четкие действия Мосводоканала (люди работали по 12-14 часов в сутки), аварий могло быть значительно больше.



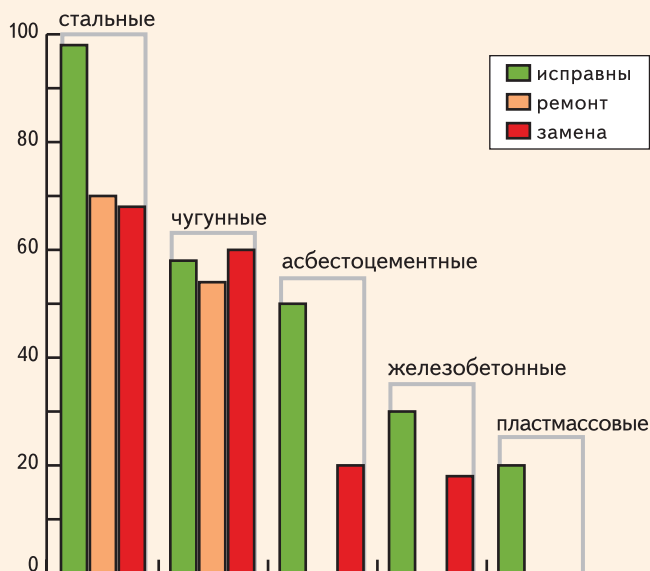
Генеральный директор МГУП «Мосводоканал» С. В. Храменков

С. В. Храменков, генеральный директор МГУП «Мосводоканал»: «Глубина промерзания сегодня по Москве составляет 2 метра 25 сантиметров. В отдельных местах - 2.30. Водоводы проложены, примерно, на этих же отметках, на этой же глубине. И, скорее всего, из-за температурных напряжений стальные трубы не выдерживают мороза, промерзания грунта. И происходят физические повреждения». По словам С. В. Храменкова, и сами трубы, проложенные в Москве, очень ненадежны. 70% трубопроводов были сделаны из некачественной стали, 30% - из чугуна, у них довольно хрупкие соединения на стыках.

«Наши подрядчики не попали в двухсотмиллиметровую трубу, - говорит главный инженер управления водоснабжения «Мосводоканала» Виктор Подковыров. - Вместо нее попали в магистральную трубу высокого давления. От удара стыки разошлись, и потоки воды вырвались, размывая яму...»

Таким образом, **проблемой раструбных труб из жестких материалов** уже на протяжении многих лет остаются передача нагрузок от смещения грунтов на **стыковые соединения**. Эта проблема до сих пор не решена. В случае напорных сетей это принципиально важно. **Именно на соединения приходится подавляющее число аварий трубопроводов из труб, соединяемых в раструб. (1), (2)**

Ученые института Геоэкологии РАН неоднократно предупреждали, что гидрогеологическая **ситуация** в многомиллионных мегаполисах, ведущих интенсивное строительство, в ближайшие годы **только осложнится**. Таким образом, подвижки и провалы грунта на территории активно развивающихся городов являются фактором вполне ожидаемым. И это еще один довод **в пользу** трубопроводов из **гомогенных и эластичных материалов**.



Состояние российских трубопроводов системы водоснабжения по видам материалов (тыс. км), 2003 г

В полной мере присутствует проблема стыковых раструбных соединений и у труб из стеклопластика (GRP). Гораздо более надежным является «монокристаллический» вариант стеклопластикового трубопровода. Но метод «склейки» GRP-труб (эти трубы склеиваются, а не свариваются) не нашел практического развития при создании трубопроводов в силу большой трудоемкости. Заказчикам массово поставляются стеклопластиковые трубы с раструбным соединением. Недостатки «раструбной» конструкции жестких труб проявляются не только в подвижных грунтах. Массовый отказ стыковых раструбных соединений на импортных трубах из стеклопластика имел место при строительстве водовода Гелинжик - Новороссийск. Специалисты «КрайВодоканала» сейчас заняты решением создавшейся проблемы. И это далеко не единичный случай. Трубы из стеклопластика появились в России относительно недавно. Но специалисты уже столкнулись со схожими сложностями при строительстве напорных водоводов из этих труб.

В то же время полиэтиленовые трубы, выбранные для реконструкции водопроводных сетей в Лондоне за счет своей эластичности выдерживают нагрузки подвижного грунта. Отсутствует и проблема стыковых соединений. Соединенный сваркой полиэтиленовый трубопровод водопровода или газоснабжения является единым целым, не имеет раструбных соединений и «работает» вместе с грунтом. Что касается замерзания самой трубы, то в отличие от труб из стали и чугуна заполненная водой ПЭ труба может многократно выдерживать циклы замерзания-оттаивания без разрушения ее стенок и ухудшения потребительских качеств. Об экологических преимуществах полиэтиленовых труб можно говорить много: труба не ржавеет, не собирает осадок, питьевая вода в них остается чистой в течении всего срока эксплуатации - гарантированно не менее 50 лет. Поэтому в Скандинавии уже к 1997 г. в магистральных и распределительных сетях водоснабжения доля пластиковых труб составляла 87 % от их протяженности, а в канализационных коллекторах и системах водоотвода - 64 %.

Ярким примером высокой степени надежности полиэтиленовых трубопроводов, в силу их высокой эластичности, может служить анализ разрушений газопроводов при землетрясении, произошедшем в 1995 году в Кобе, Япония. При практически полном разрушении газопроводов из материалов, характеризующихся большой жесткостью, полиэтиленовые газопроводы выдержали значительные смещения земли без нарушения герметичности газопровода. (3)

Период времени	1986 г.	1995 г.
Сталь	0,191	0,148
Чугун	1,160	0,600
Пластик	0,033	0,022

Динамика разгерметизации на КМ трубопровода за период с 1986 по 1995 гг.

Источник: DWGV- статистика аварий и материального ущерба

Аварийность полиэтиленовых труб находится на самом низком уровне. Передовым европейским нормативам соответствует уровень 0,11 - 0,02 повреждения на 1 км уложенных сетей (4). Уровень аварийности по водопроводам из ПЭ соответствует этим данным. В статистических данных из различных стран показатели аварийности колеблются в зависимости от времени проведения самих исследований. Характерным является то, что аварийность на полимерных трубопроводах с 70-х годов прошлого столетия уменьшилась в несколько раз. Произошло это благодаря отказу от ненадежных раструбных соединений и **качественному скачку в технологии сварки полимерных труб**. По сравнению с 70-ми годами кардинально изменилась и надежность самого полиэтилена.



Санкт-Петербург, 2005 г. Сварка полиэтиленовых труб диаметром 900 мм проводится на надежном и современном оборудовании. Подобным оборудованием сегодня располагает большинство ведущих отраслевых строительных организаций.

Оборудование, позволяющее надежно сваривать полимерные трубопроводы выпускается массово уже более 20 лет и освоено большинством строительно-монтажных организаций всего мира. Однако, не следует полагать, что дело только в качестве оборудования. Разумеется, создать надежное сварное соединение на аппарате, имеющим наполовину неработоспособную нагревательную поверхность или неисправный гидромеханизм невозможно. Увы, при отсутствии контроля со стороны Заказчика, такие аппараты все еще применяются

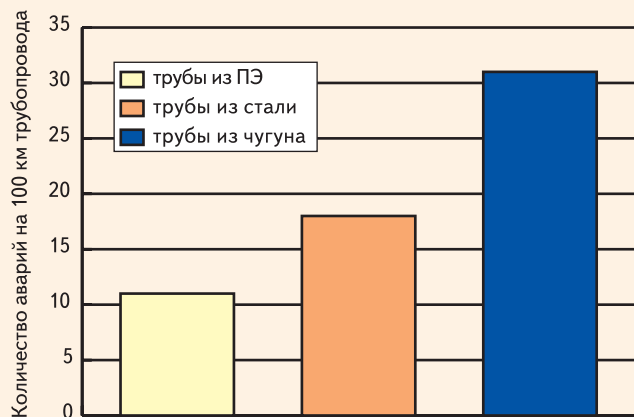
при создании систем водоснабжения. Не меньшее значение имеет общий технический уровень специалистов, высота их квалификации. Снижение уровня аварийности на трубопроводах из полимерных материалов в Европе явилось результатом определенной работы. Были разработаны методики контроля процессов и оборудования, выявлены и исключены ненадежные технологии. В качестве одного из примеров уместно будет привести ответ компании Rothenberger, одного из ведущих европейских производителей сварочного оборудования на запрос Петербургского трубного завода ИКАПЛАСТ относительно надежности различных конструкций редуционных тройников. Запрос содержал просьбу дать заключение о допустимости применения в сетях напорного водоснабжения редуционных тройников «упрощенной» конструкции. Такие тройники изготавливаются «кустарным» способом в небольших производственных кооперативах и имеют более низкую стоимость по сравнению с надежными заводскими изделиями. Поводом для запроса послужило то, что тройники упомянутой конструкции стали причиной нескольких отказов во вновь созданных сетях водоснабжения.

Оказалось, что в Германии такие изделия тоже были причиной отказов. Предоставим слово г-ну Райнеру Хуттлу, компания Rothenberger: «В прошлом, опытным путем было установлено, что такие соединения не выдерживают механических нагрузок. Поэтому такие тройники используются только на безнапорных трубопроводах». Германские специалисты сделали вывод и уже более 10-ти лет не применяют такие конструкции для систем напорного водоснабжения. Послужили ли эти неисправности поводом к отказу от использования полимерных труб. Нет! Просто были ужесточены требования к качеству работ и продукции.

К счастью, в России количество подобных случаев все же не велико и усилиями ведущих российских производителей положение постепенно выправляется. Осведомленность специалистов Водоканалов в этом вопросе, их квалифицированный контроль за качеством применяемого оборудования и материалов способствуют достижению на Российских полимерных трубопроводах европейских показателей надежности.



Великий Новгород, 2005 г. МУП «Водоканал» ведет работы по замене изношенных коммуникаций на современный надежный трубопровод из ПЭ 100.



Данные обследования систем водоснабжения Западной Германии «Союзом Германии по водо- и газообеспечению» (DVGW) за 1999 г.

В Европе сегодня наиболее низкую аварийность демонстрируют именно современные полимерные трубопроводы из ПЭ.

Говоря о водоснабжении, необходимо отметить, что самые низкие показатели по аварийности имеют трубы из полиэтилена, применяемые в другой отрасли. Это газоснабжение. Почему аварийность на ПЭ-водопроводах, хотя и имеет достаточно невысокий уровень, но в разы выше практически идеальных показателей газового хозяйства? Причиной надежности современных газопроводов из полиэтилена является **необходимая техническая оснащенность** специалистов отрасли газоснабжения и **высокая культура монтажа** ПЭ трубопроводов. Применяются ли в газоснабжении трубы из ВЧШГ?! Распределение газа по сетям доверяют трубам из стали и полиэтилена. По оценкам Вернера Вессинга, дипломированного инженера Э. ОН Рургаз (Германия) **к 2012 г трубопроводы из чугуна будут полностью заменены на трубопроводы из полиэтилена. (5)**

Помимо надежности существует и такое понятие, как срок службы трубопровода. Оба материала (ПЭ и ВЧШГ) обладают большим сроком службы. Минимальный 50-летний срок службы современных полиэтиленовых труб указан в ГОСТе. На практике, срок службы ПЭ труб еще выше. После проведенных обследований, сроки службы полиэтиленовых трубопроводов, заложенных в странах Скандинавии еще в 50-е годы прошлого столетия были дополнительно увеличены на десятки лет. Современные классы полиэтиленов (ПЭ 100) обладают таким строением и характеристиками, которые позволяют рассчитывать на 100-летний срок службы полиэтиленовой трубы.

Для материала ВЧШГ 80-летний срок эксплуатации тоже не предел. Однако, в условиях современного городского хозяйства, трубы водоснабжения из металлов **подвержены ускоренному старению под влиянием блуждающих токов**. Это так называемая электромагнитная коррозия. Скорость такой коррозии может достигать 1,5 мм в год. В полной мере это касается и труб из ВЧШГ. Устройство специальных защитных покрытий - мероприятие дорогостоящее. К тому же срок фактической службы этих покрытий не сравним со сроком службы самого материала ВЧШГ. Вероятность разрушения труб из чугуна, в том числе чугуна с шаровидным графитом, под влиянием насыщенной кабельными сетями современной городской среды явилось еще одним фактором, предопределившим **массовый переход мировой индустрии водоснабжения на полимерные трубопроводы**.

Одним из недавних примеров «ускоренного износа чугуна» является извлеченная при работах на Митрофаньевском шоссе в Санкт-Петербурге чугунная труба. С момента ее заложения прошло не более 50 лет, однако труба была «изъедена до дыр» коррозией. По мнению специалистов, одной из причин «ускоренного старения» послужило близкое расположение силовых электрокабелей. А можно ли сегодня, в условиях интенсивного развития городского хозяйства, найти место где водопровод не будет соседствовать с силовыми кабельными сетями?!

«Блуждающие токи - спутники человека, их источниками являются ЛЭП, силовые кабели метро, трансформаторные подстанции. Поэтому трубы должны быть защищены от тока... На Западе этой проблемы нет. Вместо металлических труб там используются керамические или пластиковые, которые не подвержены быстрой коррозии, их срок действия - 100-150 лет. Конечно, они дороже металлических труб, но кто больше сэкономил в итоге, учитывая почти ежегодные ремонтные работы и разрушаемые водой фундаменты зданий?..», - это мнение к.г.-м.н, В.Г. Заиканова, заведующего лабораторией геоэкологии Москвы и городских агломераций Института Геоэкологии РАН.

Оба материала, ПЭ и ВЧШГ (при условии обработки ВЧШГ цементно-песчаным покрытием), устойчивы к воздействию химически-агрессивных сред. За подробными данными можно

обратиться к специальным данным по химической стойкости полиэтиленовых труб, приведенным в авторитетных справочных изданиях (6). Ниже приводим яркую характеристику химической стойкости полиэтиленовых труб. Автор цитаты - заведующий кафедрой химической технологии пластмасс Санкт-Петербургского Государственного Технологического Института, доктор технических наук, профессор В.К. Крыжановский: **«В условиях воздействия активных ферментов ПП и ПЭ работают так же, как фторопласт - политетрафторэтилен. А фторопласт это абсолютно химически стойкий материал. Сорбция ПЭ ничтожна - 0,06 г на 100 г материала. Полиэтилены относятся к самой стойкой в химическом и биологическом отношении группе материалов. Из полимерных материалов делаются эндопротезы! «Ахиллесова пята» термопластов - температура, которую категорически нельзя перешагивать. Поэтому в системах, где t° достигает $+60 + 80^{\circ}\text{C}$ полиэтилен нужно использовать очень умело. Но во всех системах, где температура находится в пределах до $+40^{\circ}\text{C}$ полиэтилен работает прекрасно».**

Нет сомнений в санитарной надежности труб из ПЭ и у специалистов из Европы. Даже такая консервативная держава, как Великобритания, значительно сократила производство чугунных труб и сделала решительный выбор в пользу труб из полиэтилена. Сейчас на туманном Альбионе реализуется сразу несколько масштабных проектов по реновации систем питьевого водоснабжения. С учетом прекрасных характеристик ПЭ труб компания Thames Water в 2003 году начала замену существующих сетей именно на трубы из полиэтилена. Выбор а пользу полиэтиленовых труб был сделан исходя из подвижности глинистых лондонских грунтов и агрессивного воздействия, которое оказывает на заложенные трубы дорожная нагрузка.

Возможность протянуть часть новых трубопроводов бестраншейным методом стала дополнительным аргументом в пользу труб из полиэтилена. Всего под Лондоном и в долине Темзы пролегает более 32 000 км трубопроводов. Уже сейчас полиэтилен широко и успешно применяется в британских системах водоснабжения. Полиэтиленовые трубы помогают обеспечивать 8 миллионов лондонцев и жителей юга страны питьевой воду высочайшего качества. Полное выполнение проекта Thames Water включает замену 1 300 км трубопроводов и намечено на 2010 год.

В нашей стране одними из первых начали применение полиэтиленовых труб специалисты ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Благодаря их усилиям в регионе появилось много высококвалифицированных строительных подразделений, умеющих работать с этим современным материалом. Спустя почти десять лет, прошедших с начала внедрения новых технологий в Петербурге, полиэтиленовые трубы стали насущной необходимостью при строительстве большинства новых объектов региона. Предприятия Nokian Tyres, Elcoteq, промзона Нойдорф-Стрельна, Toyota, ИКЕА - водоснабжение этих и других объектов ведется по трубам из ПЭ. При строительстве



Западная Европа: работы по строительству ПЭ-газопровода большого диаметра

некоторых из указанных объектов зарубежные Заказчики прямо настаивали на замене указанных в проекте стальных или чугунных труб на коммуникации из полиэтилена. И петербургские строители оказались полностью готовы к таким требованиям.



Применение ПЭ труб при строительстве сетей напорного водоотведения. Санкт-Петербург, Таллинское шоссе

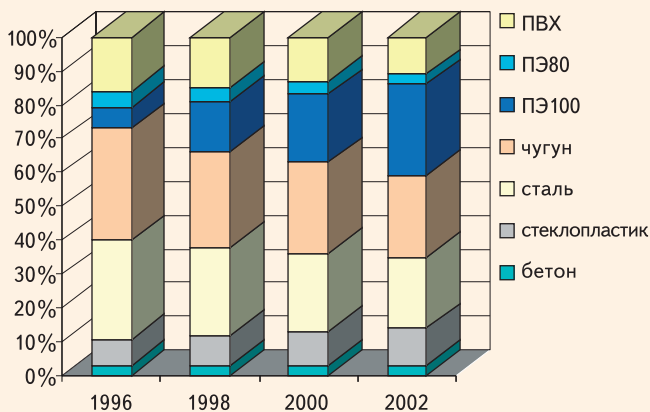
Ремонтопригодность как чугунных, так и полиэтиленовых труб находится на высоком уровне. Трубы из чугуна, обладающие избыточной жесткостью, коммунальные службы готовы ремонтировать стандартными способами. Эластичные ПЭ трубопроводы так же имеют полный набор проверенных ремонтных технологий. На сегодняшний день существуют технологии по ремонту и врезке в напорные полиэтиленовые водопроводы диаметром от 20 до 1600 мм. Мировыми лидерами подобных технологий являются британские, немецкие и австрийские компании Viking Johnson, Agral, Hawle (специальные фитинги выполнены специально для полиэтиленовых труб диаметром до 1600 мм и **учитывают релаксацию ПЭ**). Компании Friatec и Georg Fisher поставляют в Россию ремонтные и соединительные электросварные ПЭ-фитинги для напорных ПЭ трубопроводов диаметром. Указанные технологии сертифицированы и успешно применяются в России как в газо- так и в водоснабжении. В мае 2006 года специалисты германского концерна Friatec совместно с Петербургским трубным заводом ИКАПЛАСТ привезут в Россию специальный калибратор для облегчения работы ремонтных и строительных служб с ПЭ трубопроводами большого диаметра. Подобные инструменты западные коллеги используют на протяжении многих лет. В нашей стране это происходит впервые. Российские специалисты все еще **не имеют возможности использовать все достижения** в этой области.

Инициатива Friates и ИКАПЛАСТ уже нашла поддержку в «Водоканалах» Санкт-Петербурга, Новгорода, Пскова, Петрозаводска. Когда проект будет реализован полностью, у специалистов аварийных служб появится весь комплект приспособлений, которыми пользуются их европейские коллеги.

Важным фактором является и стоимость материала. Правильно ли сравнивать лишь стоимость погонного метра трубы?!! Ведь различные материалы требуют различных расходов на подготовку траншеи, монтаж. Существенно различаются и возможности в комплектации соединительными деталями. **Каковы возможности производителя труб из ВЧШГ в оперативной поставке индивидуальных фитингов?** Ответ на этот вопрос сегодня является актуальным и во многом определяет нежелание специалистов возвращаться к работе с чугунной трубой.

Общий баланс рынка труб для водоснабжения в ведущих странах можно рассмотреть на примере Германии. В отличие от стран Скандинавии, где рынок труб для подземных сетей водоснабжения полностью принадлежит полимерным трубам, Германия, так же сама производящая трубы из ПЭ и стеклопластика, тем не менее, соседствует с таким мощным производителем чугунных труб, как Франция.

Source: Elaborated from CDC data, Innovene BP



Материалы, применяемые для создания трубопроводов водоснабжения в Германии. ПЭ - единственный материал, показывающий устойчивый рост.

Как видно из приведенной диаграммы, в Германии на рынке труб для водоснабжения свободно конкурируют трубы из тех же материалов, которые применяются в России. Сокращается применение для водоснабжения труб из чугуна, ПВХ и стали (т.е. имеющих раструбное соединение и трубу коррозионно-неустойчивых). В то же время, увеличивается доля рынка труб из полимерных материалов. Самый большой рост показывает полиэтиленовые трубы из ПЭ 100. Эти данные подтверждаются и устойчивым ростом количества предприятий, производящих напорные трубы для водоснабжения из ПЭ во всем мире. В России выпуск труб из полиэтилена возрос за прошедший 2005 год на 15 % и этот рост является устойчивым, причем темпы роста увеличиваются из года в год уже на протяжении продолжительного времени. Только в Европейской части РФ сегодня успешно работает

более 80 заводов по производству полиэтиленовых труб. Значительная часть этих предприятий являются **вновь созданными современными производствами.**



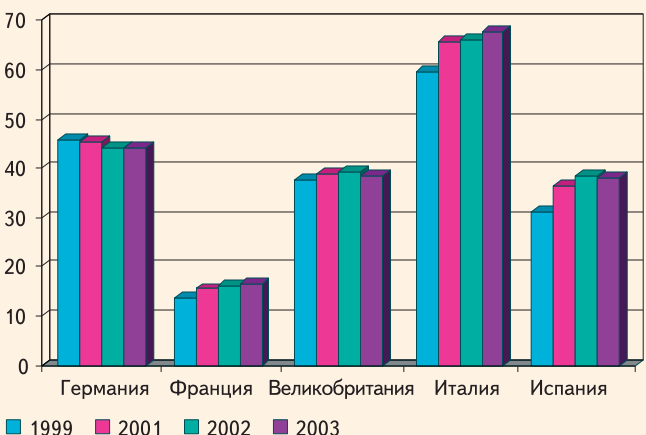
2005 г., Санкт - Петербург. Цех предприятия по производству напорных полиэтиленовых трубопроводов. На линии - труба для водоснабжения диаметром 1200 мм из ПЭ 100.

Уже три отечественных предприятия наладили выпуск ПЭ труб для напорного водоснабжения диаметром до 1200 мм. Причем два из них - **на новейшем импортном оборудовании.** Развитие рынка само предопределило успех полиэтиленовых труб в сфере холодного водоснабжения. Однако, несмотря на указанный рост, по объему выпуска ПЭ труб для систем водоснабжения и канализации Россия все еще в разы отстает от развитых и развивающихся стран. По состоянию на 1999 год в Европе насчитывалось порядка 655 заводов, производящих трубы из термопластов. Поэтому, достаточно большой процент полимерных труб все еще поступает в Россию из-за рубежа. Сама Европа переживает настоящий бум применения ПЭ труб:

Напорное водоснабжение.

Доли рынка труб из ПЭ в странах Европы

Source : Elaboration on AMI data



Таким образом, применение полимерных труб для строительства подземных трубопроводов водоснабжения является наиболее популярным решением во всех развитых странах мира. Применение традиционных материалов (чугун, сталь) в силу



В кратчайшие сроки именно из ПЭ труб были изготовлены и поставлены сложнейшие узлы для фонтанного комплекса на площади у метро Московская.

экономических или эксплуатационных качеств этих материалов сокращается и сейчас они имеют все меньшую долю рынка.

В то же время, каждый из указанных выше материалов имеет свои **достоинства и недостатки**, которые и определяют его применение при строительстве новых подземных коммуникаций водоснабжения.

Преимущества и недостатки различных труб, применяющихся сегодня при строительстве подземных коммуникаций водоснабжения приведены ниже.

Трубы из чугуна с шаровидным графитом

Достоинства:

- трубы из чугуна являются традиционным материалом и не требуют от подрядчиков каких-либо дополнительных знаний.
- в силу традиционности материала от Заказчика не требуется каких-либо действий по организации обучения кадров и современной системы контроля за качеством труб и фитингов, как в случае с полимерными трубами.
- трубы из ВЧШГ стыкуются разъемным муфтовым соединением (одна труба вставляется в другую и т.д.) Монтаж таких труб можно проводить силами низко квалифицированных рабочих.
- срок службы труб ВЧШГ составляет 80 лет (при условии нормального состояния уплотнительных манжет, отсутствии смещений в грунте, осуществления мероприятий по защите от электромагнитной коррозии)

Недостатки:

- чугунные трубопроводы подвержены ускоренному старению под воздействием блуждающих токов, что особенно важно

в городских условиях, где трубопроводы пролегают вблизи от уложенных в грунт питающих электрокабелей. На таких участках идет активная коррозия и электрохимическое разрушение труб из металлов.

- более высокая стоимость труб и фитингов из ВЧШГ, особенно на диаметрах менее 300 мм (единственным поставщиком отечественных труб из ВЧШГ диаметром до 300 мм является предприятие в Центральной России. Стоимость таких труб превышает средний уровень цен на трубы из ПЭ, даже с учетом различия в рабочих диаметрах).
- малый диапазон диаметров (в Россию трубы ВЧШГ диаметром более 300 мм нужно импортировать из Китая или Западной Европы. Стоимость таких труб, с учетом доставки, является неконкурентоспособной).
- большие сроки поставки фасонных деталей из ВЧШГ. Оперативно реагировать на изменение проекта невозможно. Общий срок сдачи объекта существенно задерживается. Что бы избежать срыва сроков сдачи объекта, строители вынуждены изготавливать фасонные части из стали, что значительно уменьшает общую долговечность трубопровода.
- разъемные раструбные соединения труб из чугуна для напорных сетей являются существенным недостатком. Практика показала, что в условиях болотистых грунтов происходит смещение труб относительно образующей, угол между двумя трубами превышает допустимый производителем предел и возникает течь напорного трубопровода в месте раструбного соединения. Избежать этого можно только проведением серьезнейшей подготовки основания дна траншеи, вплоть до забивания свай с их горизонтальной связкой, что несоизмеримо повышает стоимость и сроки работ.

Трубы из полиэтилена (ПЭ)

Достоинства:

- экономичность (по сравнению с трубами из чугуна)
- ПЭ трубы в мире и в России являются единственным материалом, пригодным во всех случаях прокладки с использованием метода горизонтально-направленного бурения. Возможность прокладки бестраншейным способом труб из ПЭ особо ценна в условиях центра города.



- срок службы не менее 50 лет гарантирован требованиями ГОСТа. Фактический срок службы труб из ПЭ 100 может составлять до 100 лет.
- Полиэтиленовый трубопровод является гомогенным и не имеет ненадежных раструбных соединений.
- ПЭ не восприимчив к воздействию блуждающих токов (не проводит ток)
- устойчивость ПЭ труб к подвижным грунтам. ПЭ труба соединяется сваркой. ПЭ трубопровод является равнопрочным по всей длине. ПЭ трубы максимально неприхотливы к качеству почвы. В условиях болотистых и подвижных грунтов это позволяет избежать проблем, которые возникают с расстыковывающимися раструбными соединениями чугунных и стеклопластиковых труб. Отпадает необходимость в дорогостоящих мероприятиях по укреплению основания трубопровода сваями, бетонными блоками, упорами на поворотах трассы и т.п.)
- высокая ремонтпригодность (широко развит рынок фитингов для врезки в ПЭ трубопроводы и рынок фитингов для ремонтных работ на ПЭ трубопроводах диаметром до 1600 мм. Все фитинги специально разработаны для полиэтиленовых труб и учитывают релаксацию ПЭ).
- ПЭ трубы являются наиболее применяемыми в мире при пересечении трубопроводом водной преграды (создание подводных трубопроводов)



Применение ПЭ трубы при строительстве сетей напорного водоснабжения, Санкт-Петербург

- возможность выбора производителя. Более 1000 предприятий по всему миру производят ПЭ трубы для напорного водоснабжения по единому стандарту (ISO 4427 и национальные аналоги этого стандарта. В РФ это ГОСТ 18599-2001) По причине использования единой стандартизации ПЭ трубы являются полностью взаимозаменяемыми. Таким образом, отсутствует зависимость Заказчика от нескольких монопольных производителей, как в случае с трубами из ВЧШГ или стеклопластика.



Применение ПЭ труб для систем водопровода, в том числе системы пожаротушения, при строительстве завода на Пулковском шоссе, Санкт-Петербург

- кратчайшие сроки поставки. Из-за жесткой конкуренции большого количества российских и иностранных производителей сроки поставки ПЭ труб определяются несколькими днями. Это относится и к фасонным деталям, которые зачастую, требуется изготовить по индивидуальным чертежам уже после начала работ. Унифицированный стандарт на ПЭ трубы позволяет, например, начать работу с ПЭ трубами одного производителя и срочно получить необходимые фитинги и дополнительное количество труб от другого производителя. Более 1000 предприятий производят ПЭ трубы для водоснабжения по единому стандарту и все эти трубы являются взаимозаменяемыми.

Недостатки:

- необходимость использования квалифицированного персонала и специального сварочного оборудования (которое, впрочем, имеется у большинства крупных российских компаний, осуществляющих работы по созданию инженерных сетей)
- необходимость квалифицированного контроля со стороны Заказчика. Так как рынок труб из ПЭ для подземных сетей водоснабжения чрезвычайно широк, на нем присутствуют не только качественные продукты и услуги. У отдельных государственных структур до сих пор не налажена реально действующая система контроля качества применяемых полимерных труб для водоснабжения и водоотведения. Отсутствуют специалисты, способные квалифицированно проконтролировать соблюдение Подрядчиком технологии и сварки ПЭ труб. Контроль качества самих труб для водоснабжения и качества их сварки зачастую сводится к получению сертификата соответствия на трубы и общим приемо-сдаточным испытаниями трубопровода. Как результат - в сетях водоснабжения возможно применение некачественных труб или грубое нарушение технологии монтажа труб. Возникающие отказы не анализируются, а делается вывод о «ненадежности» современных полимерных труб в общем. Практика

показывает, что большинство отказов во вновь созданных подземных водопроводах из полимерных труб приходится как раз на сварные соединения, выполненные с нарушением технологии и низкокачественные («кустарные») соединительные детали. Как навести порядок в этом вопросе?!

Проведения, по инициативе Заказчика, регулярных входных контрольных испытаний поставляемых труб и соединительных деталей, препятствует применению в подземных трубопроводах водоснабжения продукции, изготовленной с нарушением технологии.



*Лаборатории
контроля
качества .
Ведутся
испытания
на относительное
удлинение
при разрыве
полимерной
трубы*

В газовой отрасли, где напорные ПЭ трубы повсеместно применяются для создания подземных напорных газопроводов контроль за качеством ПЭ труб и соблюдением технологии их монтажа организован должным образом. Специалисты по строительству ПЭ - газопроводов используют методы лабораторных испытаний качества применяемых полиэтиленовых труб. Проводятся лабораторные экспресс-тесты сварных соединений. Как результат - отрасль эффективно развивается, в огромных объемах успешно применяя современные надежные трубы из ПЭ. В этой связи, **самое серьезное внимание необходимо уделять мерам по организации эффективного систематического контроля при создании сетей водоснабжения из полимерных труб.**

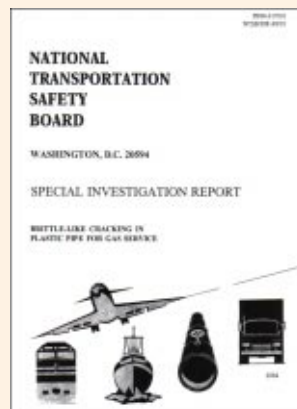
«ПСЕВДОНЕДОСТАТКИ» различных видов труб

К такому виду «недостатков» относятся искаженные или просто ложные сведения, приводимые отдельными сторонниками традиционных материалов по отношению к трубам из современных материалов. Обычно выводы, сделанные в публикациях подобного уровня, не имеют серьезного научного подтверждения и рассчитаны лишь на то, что бы посеять сомнение в достоинствах продукции конкурента. «Говори правду, но никогда ВСЕЙ правды». Этот подход широко используется специалистами по маркетингу труб из традиционных материалов.



Ленинградская область, 2005 год. Строительство напорного трубопровода из ПЭ, обслуживающего заводы FORD, Merloni, Ariston, RusAl, Nokian Tyres.

Рассмотрим из самых «сильных» аргументов против полиэтиленовых труб, который регулярно приводит в своих публикациях изготовитель труб из ВЧШГ. Это доклад национального управления транспортировки США PB98-917001/NTSB/SIR-98/01 «Ломкоподобное растрескивание в пластмассовых трубах для газораспределения».



*Доклад
PB98-917001 / NTSB / SIR-98 / 01
о специальном расследовании
Национального управления
транспортировки США*

На основании материалов указанного доклада отдельные специалисты по продвижению чугуновых труб приходят к выводу, что надежный срок службы всех ПЭ трубопроводов не превышает... 11,5 лет!!! Возникает вопрос: почему же тогда весь мир продолжает упрямо «наступать на те же грабли» и не запрещает применение ПЭ труб? По какой причине ежегодно увеличивается их потребление?! Все очень просто. Достаточно ознакомиться с указанным докладом полностью. Уже в преамбуле к докладу полимерные трубы характеризуются как **«безопасная и экономичная альтернатива трубопроводам из металлов»**. Прочтя полностью сделанные в докладе Заключение (стр. 40) и Рекомендации (стр. 41-43), легко понять истину. Действительно несколько трубопроводов, заложенных в период 70-80 годов оказались изготовлены из негодного сырья. Анализ отказов, проведенный американскими учеными обнаружил целый комплекс просчетов при проектировании указанных газопроводов, в том числе и не относящиеся напрямую к ПЭ-трубам.

И какой же вывод делается в докладе. ПЭ трубам отказано в доверии? Они запрещены? Наоборот. Трубы из ПЭ продолжают успешно применяться в системах газоснабжения. Американские специалисты и не думали отказываться от их использования. Всем вовлеченным в вопрос организациям даются четкие технические рекомендации, направленные на исправление выявленных недостатков. В резолютивной части доклада говорится лишь о необходимости внесения изменений в методики расчетов, сделанных в 70-е годы прошлого столетия, установлении **жесткого контроля за качеством проведения работ, инженерных расчетов и используемых материалов.** (7)

Аналогично обстоит дело и с другими аргументами, вбрасываемыми на информационное пространство некоторыми специалистами по продаже труб из меди и чугуна. Например, «сенсационные» материалы о «проницаемости полиэтиленовых труб целым рядом веществ» или о «загрязнении питьевой воды через проницаемость пластиковых труб» (8), (10). Если полностью ознакомиться с указанными материалами, то становится очевидным — основной проблемой трубопроводов для питьевого водоснабжения является... коррозия труб из металлов (8). В случае необходимости заложения трубопровода холодной воды в тяжело, именно **тяжело** загрязненную опасными веществами почву, можно использовать футляры или ПЭ трубу с дополнительным слоем алюминиевой фольги, вводимой в трубу в процессе экструзии. При заложении в такой грунт труб из ВЧШГ необходима **обязательная защита раструбных соединений, как наиболее ненадежного элемента системы** и защита самого материала от коррозии.

Однако, в практике проектирования трубопроводов питьевого водоснабжения **избегают их заложения на участках тяжелого загрязнения почвы веществами опасными для жизни человека.**



Во всех остальных (стандартные загрязнения) случаях ПЭ-труба, как обладающая максимальной химической стойкостью (ISO Technical Report 10358) (11), полностью гарантирует санитарно-гигиеническую безопасность транспортируемой воды. Известна западным специалистам и устойчивость ПЭ труб к хлору (6), (11), (13). В целом же вопрос о том, как поступать в ситуации, когда трубопровод питьевого водоснабжения прокладывается в грунте, имеющим **тяжелое** химическое загрязнение до сих пор является **предметом научных дискуссий.** Сейчас европейские специалисты работают над концепцией единой системой тестирования труб для подземных систем водоснабжения. Разработка **единых** норм и методов испытаний для определения **сравнительных** характеристик влияния различных видов опасных веществ на трубопроводы из металлов и полимерных трубопроводов только началась. Не выработаны необходимые методы испытаний. Это лишь долгосрочная перспектива. **В будущем,** планируется свести воедино национальные системы норм и правил испытания продукции для водоснабжения. Работа по созданию EAS (European Approval Scheme) основана на директиве EC 98/83 (European Commission Directive). В перспективе такую систему тестов (испытаний) планируется применять на равных условиях к трубам из металлов и к полимерным трубам. Исходя из результатов испытаний, будет устанавливаться соответствие всех видов труб будущим, более жестким нормативам эколого-гигиенической безопасности. Повторимся, это **вопрос многолетней перспективы.** Сейчас проект далек от реализации из-за отсутствия процедур по большинству важных тестов. Каждая из стран Евросоюза продолжает пользоваться своими национальными стандартами и все они **подтверждают высочайшую санитарно-гигиеническую безопасность труб из ПЭ.**

Национальные стандарты одобряющие применение труб из ПЭ

UK	Drinking Water Inspectorate (DWI)
Germany	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW)
Netherlands	KIWA NV
France	CRECEP Centre de Recherche, d'Expertise et de Controle des Eaux de Paris
USA	National Sanitary Foundation (NSF)

Но, не дожидаясь результатов работы по объединению национальных стандартов, производители труб из ВЧШГ поспешили заявить, что именно их трубы наиболее безопасны с экологической точки зрения. Это заявление является лишь маркетинговой спекуляцией. Заявляется о миграции ароматических углеводородов в трубах из ПЭ. Но фактическая миграция таких веществ в ПЭ трубах имеет место в пределах, абсолютно несопоставимых с опасным для жизни человека уровнем.

«Сенсационно мигрирующее из полимерной трубы» и опасное для жизни человека вещество	2,4-ди-трет-бутилфенол (мкг/л)
Старый пластиковый водопровод	0,9 - 2,5
Грунтовые воды	1,3 - 14
Чашка чая	11

При уровне 2,5 мкг/л (2,5 м.д.) и весе тела 10 кг надо выпивать в день 4000 л воды, что бы достичь допустимого ежедневного уровня, при котором еще не наблюдается хронические эффекты!!!! (11).

Таким же образом обстоит ситуация с остальными публичными заявлениями о токсичности /риске для жизни полиэтиленовых труб. Дезинформирующие нас господа отчетливо понимают, что серьезная научная общественность быстро разоблачит подобные «вольные» изложения зарубежных исследований. Ведь эти исследования ученым известны. Полностью изучены и все значимые факты истории развития полимерных трубопроводов водо- и газоснабжения. Известны ученым и настоящие выводы, сделанные их зарубежными коллегами.

Вот что говорит в ответ на вопрос «**Можно ли отдать какому-то из материалов (ПЭ или чугун) предпочтение при разработке проектов будущих водопроводов?**» дипломированный инженер «Союза Германии по водо- и газообеспечению» (DVGW) Роберт Саттлер: «**Ни в коем случае. Я заранее предостерегаю от этого. Каждая система имеет свои сильные и слабые стороны...**». (14)

Надо заметить, что технология «черного пиара» частично используется и некоторыми зарубежными производителями труб из чугуна и меди. Необходимость удержания части своих постоянных покупателей на фоне сокращения производства чугуна в мире, вынудило отдельных маркетологов отрасли прибегать к подобным стратегиям. Один из самых громких скандалов разразился по этому поводу на американском континенте. Вскрылись факты **монополизации рынков** и недозволенных методов ведения конкурентной борьбы, примененные **компаниями-производителями чугунных труб**. В скандал были вовлечены крупнейшие корпорации отрасли: McWane и Canada Pipe.

Государственные научные и исследовательские институты, занимающиеся вопросами контроля и сертификации труб из полимерных материалов, владеют действительной картиной происходящего. И на протяжении многих лет доверяют полиэтиленовым трубам транспортировку газа и питьевой воды. Там не понаслышке знакомы с истинными, а не мнимыми проблемами современных трубопроводов. Но расчет на серьезный диалог со специалистами в планы хулителей полимерных труб не входит!

Старший научный сотрудник Университета им. Баумана, к.т.н А.Я. Добромислов: «**За 40 лет работы с полимерными трубами приходилось опровергать множество ложных измышлений. Самое плохое, что дилетанты всегда уходят от обсуждения**».

Действительно, невозможно представить, что научное общество всерьез воспримет столь «неожиданные» выводы, сделанные в отношении полимерных труб... специалистами по маркетингу труб из чугуна и меди. Почему же отдельные



Реконструкция систем городского Санкт-Петербурга с применением современных труб из ПЭ 100

производители традиционных труб постоянно поднимают тему **надежности** полимеров и уходят от открытого обсуждения? Ответ очевиден. Диалог и поиск истины не входит в их планы. С таким же успехом можно поставить под сомнение общую надежность авиоперевозок и пытаться запретить самолеты на примере отдельно взятых авиакатастроф. Цель у подобных информационных выбросов совершенно иная. Какая же? **Выиграть время**. Заставить производителей полимерных труб разбираться с абсурдными обвинениями, доказывать очевидные вещи. Ведь добросовестный Заказчик не станет рисковать и потребует время, что бы Заказчик сам разобрался в ситуации. На время разбирательств конкурент отстраняется от рынка. А заинтересованные лица реализуют то, ради чего и проводятся подобные акции. **Безальтернативно продвигается собственная продукция**. На нескольких региональных российских рынках задача по осуществлению такого маркетингового хода производителем чугунных труб уже решена.

Самый беглый анализ мирового опыта применения полимерных труб ведущими странами мира, как и уточнение «псевдонедедостков» не у продавцов традиционных труб, а у представителей науки откроют любому желающему истинную ситуацию. «Псевдонедедостки» на поверку оказываются

умышленно искаженной, вырванной из контекста или просто недостоверной информацией, урезанными цитатами.

Так стоит ли Заказчику идти на поводу у продавца труб из одного материала и поспешно запрещать трубы из другого? Стоит ли закрывать глаза на мировой опыт? Избегать дискуссий? Доверять сфабрикованной аргументации? Ведь истинное положение вещей представителям науки известно и они его не скрывают.

«Полимеры, в частности полиэтилены, изучены достаточно подробно. Изделия из них действительно служат 50 лет. Материал по своим свойствам прекрасный. Важно уметь использовать его характеристики». Это мнение доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой химической технологии пластмасс Санкт-Петербургского Государственного Технологического Университета В.К. Крыжановского.

Здоровая конкуренция, как известно, является одним из стимулов прогресса. Монополизм одного производителя неизбежно приводит к росту цен и падению качества. Сегодня весь мир продолжает успешно работать со всеми видами труб для подземных систем водоснабжения, в первую очередь с полимерными трубами. **Современные материалы и технологии** действительно **требуют** от всех **профессионализма** и не прощают некомпетентности. А экономическая выгода от применения результатов научного прогресса для государства является неоспоримой.

Виталий Логутов,

Петербургский трубный завод ИКАПЛАСТ

Библиография:

1. Бухин В.Е. к.т.н. Водопроводы из полиэтилена: Альтернативы нет?! // Трубопроводы и Экология. 2005. № 3.
2. Гвоздев И. Феномен быстрого распространения трещины при опрессовке ПЭ труб большого диаметра // Полимерные трубы. 2004. № 4.
3. Горилковский М.И. В каком состоянии наши трубопроводы? // Полимерные трубы. 2003. № 1.
4. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»: Доклад «Водопроводная сеть Санкт – Петербурга» // Материалы специализированного семинара



2005 год, Хьюстон, США.

Строительство полиэтиленового водопровода диаметром 1000 мм.

«Трубы из полимерных материалов для наружных сетей водоснабжения и канализации». 2004. Сентябрь.

5. Вессинг Вернер, дипл. инж. Современное состояние газораспределительных систем Германии и перспективы их развития // Газпромрегионгазинформ. 2006. № 1.
6. Пластмассовые трубы и современные технологии для строительства и ремонта трубопроводов. Проектирование пластмассовых трубопроводов: Справочное издание: В.С. Ромейко, В.Е. Бухин, А.Я. Добромыслов, И.В. Золотова, В.Н. Исаев, В.А. Корнопелес, Л.Д. Павлов, О.А. Продоус и др. / Под ред. В.С. Ромейко М., 2001.
7. Brittle-like cracking in plastic pipe for gas service // National Transport Safety Board: Special Investigation Report PB98-917001 NTSB/SIR-98/01.
8. Laying Pipes in Contaminated Land //UK Water Regulations Advisory Scheme (WRAP) Publications. 2002. October. No 9-04-03, Issue 1.
9. Plastic Pipes and Drinking Water Issues in Denmark // ARME Association. 2003. July.

10. Effects Of Organic Chemicals In Contaminated land On Buried Services: Final Report to the Department of the Environment DWI0441. 1992. May.

11. ISO/TR10358: 1993. Plastics pipes and fittings — Combined chemical resistance classification table. TR-34/2001.

12. Scheelen Andre, Drohmann Dieter. Phenol Migration Issues from Plastic Pipes // TEPPFA. 2004. November.

13. Disinfection of Newly Constructed Polyethylene Water Mains // The Plastics Pipe Institute. Washington DC. USA. 2001.

14. Interview mit Dipl.-Ing. Robert Sattler. DVGW // FGR Publications. 2003.

15. Rehabilitation Technology: Catastrophic Failure Of 42 inch Water Line Corrected In Just Six Month // Underground Construction. 2005. September.

Использована информация агентства Национальных Новостей (АНН), КП.

Благодарим за предоставленные данные Яловецкого А.В., дипломированного специалиста в области химии,

Innovene – Ineos Polyolefin (EU)