

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ, ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ РОССИИ

Неблагоприятное положение с водообеспечением населения сегодня рассматривается многими странами как угроза национальной безопасности в связи с ухудшением по этой причине здоровья населения.

Практика эксплуатации коммунальных сетей показывает, что нарушения нормального уровня водообеспечения и экологической безопасности потребителей связаны в основном с авариями на участках трубопроводов – наиболее функционально значимых и уязвимых элементах систем жизнеобеспечения регионов.

В настоящее время во всем мире и в нашей стране происходит бурное развитие полимерных технологий, и стало традиционным сравнение достоинств, недостатков и возможностей пластмасс и металлов. Эти сравнения различных по своей природе материалов производится с профессиональной точки зрения некорректно. Мировой же опыт устройства инженерных коммуникаций показывает обоюдную востребованность как полимерных, так и различного вида металлических труб и не отрицает их плодотворного и взаимодополняющего «сотрудничества», что мы и постараемся рассмотреть в дальнейшем в этой работе.

Причины отказов трубопроводов известны.

Они возникают из-за неправильного выбора материала труб для конкретных условий строительства и эксплуатации, класса их прочности согласно фактическим внешним и внутренним нагрузкам, воздействующим на трубопровод, а также из-за несоблюдения технологии производства работ по укладке и монтажу трубопроводов, отсутствия необходимых мер по их защите от агрессивного воздействия внешней и внутренней среды, неправильного выбора типа трубопроводной арматуры и ряда других факторов. Здесь также сказывается и недостаточное финансирование работ по реконструкции действующих коммунальных сетей.

Сделаем краткий экскурс в историю и рассмотрим, как решались и сейчас решаются проблемы обеспечения надежности и долговечности систем жизнеобеспечения населения рядом таких развитых стран, как Соединенные Штаты Америки и Канада.

Протяженность водопроводных сетей Соединенных Штатов Америки составляет более 1,5 млн. км, из них 4% трубопроводов имеют возраст более 80 лет, 80% - менее 40 лет.

При устройстве трубопроводов водоснабжения и канализации США и Канады применялись в прошлом веке, и применяются сейчас (согласно материалам отчета технического отдела American Water Works Service Co. (май 2002 г.) следующие конструкционные материалы труб (см. таблицу 1):

## Конструкционные материалы труб, применяемых в прошлом веке и сейчас в сетях водоснабжения и канализации США и Канады

Таблица 1

Материал труб (способ изготовления)	Вид соединения	Покрытие труб		Период укладки (годы)
		внутреннее	наружное	
Трубы из серого чугуна	Раструб (зачеканка)	-	-	1817- 1955 г.
Трубы центробежнолитые (серый чугун)	Раструб с рези- новой манжетой	Цементно- песчаное	-	1955-1970 г.
Трубы центробежнолитые (из высокопрочного чугуна)	Раструб с рези- новой манжетой	Цементно- песчаное	-	После 1960 г.
Трубы центробежнолитые (из высокопрочного чугуна)	Раструб с рези- новой манжетой	Цементно- песчаное	Полиэтиле- новый чулок	После 1966 г.
Трубы из стали	Сварное	-	-	1850-1940 г.
Трубы из стали	Сварное	Цементно- песчаное	-	После 1940 г.
Трубы асбоцементные	Раструб с рези- новой манжетой	-	-	После 1955 г.
Трубы железобетонные	Раструб с рези- новой манжетой	-	-	После 1955 г.
Трубы из ПВХ	Раструб с рези- новой манжетой	-	-	После 1972 г.

Трубы из ПЭ	Сварка плавлением	-	-	После 1990 г.
Трубы из молекулярно-сшитого полиэтилена	Механическое соединение	-	-	После 1996 г.

В таблице 1 желтым цветом выделен сектор, где указаны системы трубопроводов из серого чугуна раннего поколения (под зачеканку), которые последовательно будут замещаться новыми материалами.

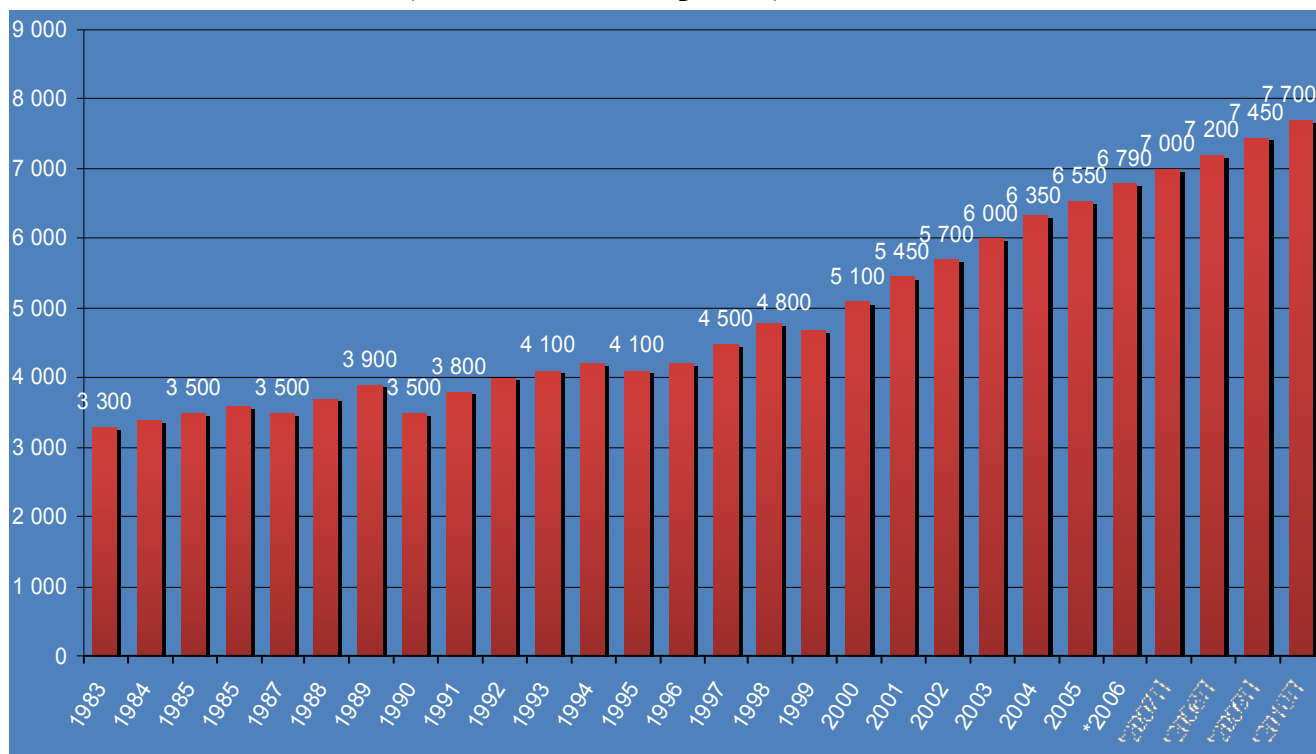
Как видно из приведенных данных в настоящее время при устройстве трубопроводов водоснабжения и канализации США и Канады применяются трубы из следующих конструкционных материалов:

- стальные и чугунные (из высокопрочного чугуна) трубы с внутренним цементно-песчаным покрытием;
- асбоцементные и железобетонные трубы;
- трубы из поливинилхлорида;
- трубы из полиэтилена;
- трубы из молекулярно-сшитого полиэтилена.

Каждая из вышеназванных систем трубопроводов имеет свои достоинства и недостатки и применяется инженерами-проектировщиками США и Канады в зависимости от конкретных условий эксплуатации и технико-экономических расчетов.

Как же развивается мировой рынок труб из высокопрочного чугуна?

### Динамика спроса на трубы ВЧШГ в мире с 1983 по 2010 г.г. (2007-2010 годы - прогноз), тыс. тонн



По регионам мира оценочные объемы потребления труб ВЧШГ в 2006 году составили:

- страны Европы – 860 тыс. тонн;
- страны Северной Америки – 1950 тыс. тонн;
- страны Южной Америки – 550 тыс. тонн;
- страны Среднего и Ближнего Востока – 985 тыс. тонн;
- страны Африки – 130 тыс. тонн;
- страны Юго-Восточной Азии - 2165 тыс. тонн, в т. ч. Китай – 1550 тыс. тонн, Япония – 350 тыс. тонн;
- Австралия – 100 тыс. тонн;
- Россия и страны СНГ – 50 тыс. тонн.

**ИТОГО: 6790 тыс. тонн труб из ВЧШГ было произведено и уложено в различных регионах мира в 2006 году.**

По объемам использования труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом в сетях водоснабжения и водоотведения Россия и страны СНГ отстают от:

- Китая – в 31 раз;
- Стран Европы – в 17 раз;
- США и Канады – в 39 раз.

Приведенные данные говорят о катастрофическом отставании России по объемам применения труб из высокопрочного чугуна в своих национальных системах водоснабжения и об этом надо задуматься.

Мировая практика устройства систем водоснабжения направлена, в первую очередь, на обеспечение экологической безопасности и здоровья людей и здесь востребован высокопрочный чугун с шаровидным графитом, как конструкционный материал для труб.

#### **Доли трубопроводных систем из высокопрочного чугуна в системах водоснабжения крупнейших городов мира составляют:**

<p>г. Париж <b>85%</b>            г. Лондон <b>80%</b>            г. Нью-Йорк <b>85%</b>            г. Стамбул <b>90%</b>            г. Сингапур <b>95%</b>            г. Шанхай <b>75%</b>            г. Гонконг <b>90%</b>            г. Будапешт <b>75%</b></p>	<p>г. Берлин <b>70%</b>            г. Венеция <b>90%</b>            г. Торонто <b>75%</b>            г. Дамаск <b>80%</b>            г. Токио <b>97%</b>            г. Алжир <b>75%</b>            г. Вильнюс <b>80%</b>            г. Прага <b>80%</b></p>
--	---

Всемирный банк, Европейский банк реконструкции и развития, Евросоюз при выделении кредитов и грандов для строительства и реконструкции трубопроводов водоснабжения предусматривают высокопрочный чугун, как один из основных материалов при устройстве данных сетей.

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом уже более 55 лет доказывает на практике свои преимущества по сравнению со всеми современными материалами для производства труб, в том числе и с полимерными трубами.

При разработке проектов трубопроводов для питьевого водоснабжения инженерам-проектировщикам приходится учитывать множество факторов: начальная стоимость системы, требования по его эксплуатации, стоимость обслуживания, надёжность и долговечность, экологическая безопасность.

Долговечность часто является камнем преткновения, т.к. возникает дилемма: если труба дешевая, то она недолговечная, и наоборот. Ремонт трубопроводов – серьезная проблема, сопряженная с большими затратами. Поэтому может оказаться, что большие единовременные затраты во время строительства помогут сэкономить ваши деньги на ремонте. Еще одна не менее важная проблема – сложность монтажа системы трубопровода и связанные с ней затраты.

Рассматривать свойства труб целесообразно по виду материала, из которого они изготовлены, т.к. вид материала определяет эксплуатационные характеристики трубы, ее долговечность, методы монтажа и, естественно, стоимость.

В этом обзоре мы сравним как краткосрочные, так и долгосрочные структурные и эксплуатационные качества труб из ВЧШГ и полимерных труб из ПВХ и полиэтилена высокой плотности (см. таблицу 2):

#### **Сравнение механических характеристик труб из высокопрочного чугуна (ВЧШГ) и полимерных труб**

Таблица 2

<b>Параметры</b>	<b>Трубы из:</b>		
	<b>ВЧШГ</b>	<b>ПВХ</b>	<b>ПЭ</b>
Предел прочности при растяжении, МПа	420	50	25
Предел прочности при сжатии, МПа	340	64	12
Предел текучести, МПа	300	100	35
Кольцевое напряжение при изгибе, МПа	340	Не определены критерии	Не определены критерии

Класс по давлению	От 1,0 до 2,5 МПа. Рабочее давление не зависит от температуры	Рассчитаны до 1,6 МПа при рабочей температуре 20 <sup>0</sup> С	От 0,5 до 1,6 МПа при рабочей температуре 20 <sup>0</sup> С
Допуск по пиковым нагрузкам (мгновенное увеличение скорости жидкости на 0,6 м/сек)	Номинальный допуск 0,7 МПа. Трубы могут эксплуатироваться в условиях реальных пиковых нагрузок	Номинальный допуск до 0,2 МПа	Не рассчитан. Допуск на пиковые нагрузки возможен при снижении фактора надежности до уровня ниже 2,0
Фактор надежности	1. По давлению К=2,0 (включая пиковые нагрузки) при пределе прочности на разрыв 300 МПа. 2. По внешним нагрузкам К=2,0 при пределе прочности по кольцевым напряжениям 670 МПа	1. По давлению К= 2,5 (включая пиковые нагрузки) при пределе прочности на разрыв 50 МПа. 2. По внешним нагрузкам не рассчитан. Примечание *	1. По давлению К<2.0 (включая пиковые нагрузки) при пределе прочности на разрыв 25 МПа. 2. По внешним нагрузкам не рассчитан. Примечание *

**ПРИМЕЧАНИЕ:** полимерные трубы имеют жесткие ограничения по рабочему давлению, напрямую зависящему от средней температуры всего срока эксплуатации, а также максимальному диаметру трубы. И с этими ограничениями приходится считаться. Расчет эксплуатационных характеристик производится в соответствии с требованиями стандарта ISO 13760 "Пластмассовые напорные трубы для транспортировки жидкостей. Правило Майнера. Метод расчета накопленных повреждений".

Поэтому, факторы надежности и прочности полимерных труб в значительной мере зависят от температуры, условий укладки, нагрузок, наличия царапин на поверхности труб и воздействия солнечного света. Полимерные трубы под воздействием циклических нагрузок имеют меньший фактор надежности, чем под воздействием статических нагрузок.

Для стабильной и надежной работы полимерных труб в сетях водоснабжения необходима установка регуляторов давления и температуры, а также неукоснительное выполнение требований по устройству траншей, уплотнению подушки и обратной засыпки труб.

Данные в таблице характеризуют механические свойства материалов, позволяющие выдерживать скачки давления и гидравлические удары, температурные воздействия среды, воздействия при транспортировке, хранении и укладке труб.

#### **Что дают или не дают механические свойства труб, приведенные в таблице???**

Рассмотрим отдельные механические характеристики сравниваемых материалов более подробно:

**1. Предел прочности на разрыв у высокопрочного чугуна с шаровидным графитом в 10 раз выше, чем у ПВХ и в 24 раза выше, чем у полиэтилена высокой плотности.**

Предел прочности на разрыв материала, из которого изготавливаются трубы – очень важная характеристика, поскольку она оказывает сопротивление силам, вызываемым внутренним гидростатическим давлением и гидравлическим ударам (см. п.п. 3 и 4).

**2. Типичные условия эксплуатации или температура, при которой производится прокладка трубопровода, не влияют на прочность труб из ВЧШГ.**

## Зависимость прочности труб из ПВХ и ПЭ от температуры

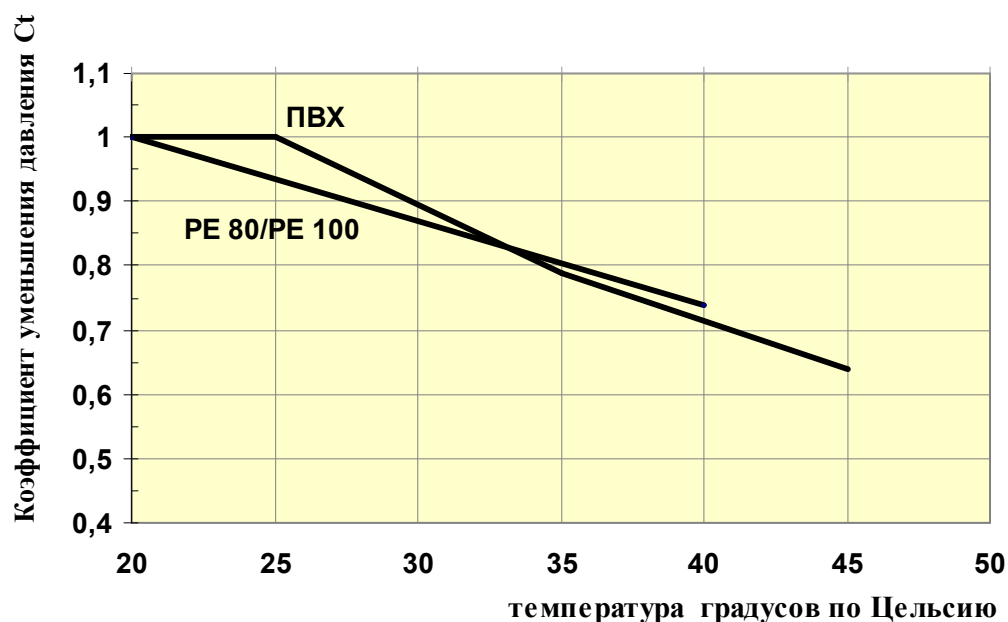


Рис. 1

Поскольку у высокопрочного чугуна умеренный и надежный коэффициент теплового расширения, то при смене рабочих температур не возникает проблем.

У высокопрочного чугуна нет значительной разницы в пределе прочности при обычной рабочей температуре водопроводов (от 0° С до +35° С) или при самых экстремальных условиях прокладки трубопровода (от -60° С до + 60° С).

Вследствие термопластичной полимерной природы ПВХ и ПЭ, эксплуатационные характеристики труб из этих материала в значительной мере зависят от рабочей температуры (см. рис.1). Указанием на это служит тот факт, что производители не рекомендуют эксплуатировать трубопроводы из ПЭВП под давлением при температуре выше 60° С. К этому следует добавить, что при эксплуатационной температуре выше 22° С трубы из ПВХ и ПЭ начинают терять прочность, жёсткость и пространственную стабильность. Запас прочности по давлению труб из ПВХ и ПЭ ограничен, а также при прокладке трубопроводов следует избегать излишнего осевого отклонения. Вследствие того, что коэффициент теплового расширения ПВХ в 5 раз выше, а у ПЭ в 18 раз выше, чем у ВЧШГ, при воздействии экстремальных значений температур в трубах ПВХ и ПЭВП возможны нежелательные структурные изменения.

При температуре 43° С предел прочности на разрыв для труб из ПВХ составляет 50%, а для труб ПЭВП составляет приблизительно 70% от соответствующих значений при температуре 22° С, а при повышении температуры до 60° С эти показатели снижаются еще больше. Эти изменения прочности следует учитывать при проектировании трубопроводов из ПВХ и ПЭВП.

### **3. Противодействие долговременным разрушающим нагрузкам труб из ВЧШГ в 82 раза выше, чем труб из ПЭВП.**

В связи с этим жёсткость почвы, устройство ложа траншей и проверка качества установки труб на местах играют намного более важную роль для труб из ПВХ и ПЭВП, так как они обладают намного меньшей долговременной прочностью, чем трубы из ВЧШГ.

### **4. Устройство траншей.**

Вследствие малой прочности труб из ПВХ и ПЭВП, требования к траншеям при прокладке трубопроводов из этих материалов намного выше. Правильное устройство траншей необходимо для контроля осевого отклонения, которое является единственным критерием, предусмотренным при проектировании труб из ПВХ и ПЭВП с учётом внешних нагрузок. Стандарты, связанные с рекомендуемой практикой установки пластиковых подземных трубопроводов, предусматривают засыпку трубы частицами минимального размера, зависящего от диаметра трубы, так, чтобы почва была равномерно уплотнена для того, чтобы обеспечить равномерные пассивные боковые силы почвы. Почва также не должна содержать органические вещества. Ложе траншеи должно быть гладким и не должно содержать большие камни, комки грязи, замёрзшие материалы, так как эти предметы могут ослабить прочность материала из-за царапин и проникания. Такие жёсткие требования непрактичны, достаточно дороги и не всегда реализуемы во многих регионах.





Гибкие трубы, к которым относится большинство пластиковых труб, включая стеклопластиковые и полиэтиленовые, наиболее чувствительны к условиям укладки – только порядка 20% нагрузок выдерживается напрямую трубой, остальное распределяется на окружающий грунт (в случае труб ВЧШГ – наоборот).

Инструкциями по укладке ПЭ труб рекомендуется выполнение подсыпки дна траншеи на высоту от 5 до 10 см и засыпки труб с уплотнением на высоту от 15 до 30 см выше верха ПЭ трубы (грунтом или специальным песком с частицами размерами менее 20 мм без острых камней и другого ломаного материала). Сконцентрированная точечная нагрузка на ПЭ трубу (камень и т. п.) со временем вызывает рост и распространение трещин в стенке трубы.

Вследствие вышеназванного, функционирование всей системы из пластмассовых труб находится в очень большой зависимости от квалификации подрядчика и правильности выполнения им процедур укладки; уже построенная и введенная в эксплуатацию полимерная система требует сохранения изначальных условий укладки.

Наличие грунтовых вод или работы, проводящиеся поблизости, старение характеристик материала – все это может нарушить первоначальный баланс взаимодействия «труба – окружающий грунт».



Трубы из высокопрочного чугуна относятся к классу полужестких труб, а значит, наиболее подходят для подземного заложения, вследствие равномерного распределения нагрузок вокруг трубы, и прекрасных механических свойств.

Траншеи типа 1 (плоское дно, простая засыпка тем же грунтом из траншеи) и траншеи типа 2 (плоское дно, засыпка с уплотнением до середины трубы) наиболее распространены при укладке труб ВЧШГ.

Механические свойства труб из высокопрочного чугуна выше, чем у стальных труб, и намного выше, чем у любых пластиковых труб. Очень важно отметить, что эти высокие свойства не

подвержены ухудшению со временем, что является проблемой для пластмассовых труб (через 50 лет их механические характеристики составляют лишь половину от изначальных). Трубы из ВЧШГ обладают очень высоким запасом прочности (коэффициент безопасности составляет 3), в отличие от полиэтилена (коэффициент безопасности 1,2) или стеклопластика (коэффициент безопасности 1,8). Это позволяет без риска применять их на системах высокого давления.

Трубы ВЧШГ не боятся также точечных нагрузок (проблемы для пластмассовых трубопроводов), ударов, вакуума (проблемы тонкостенных труб и пластиковых труб неподходящей жесткости), гидравлических ударов и т.д.

Трубы ВЧШГ имеют стыковые раструбные соединения со специальной формой прокладки и раструба. Преимущества данных соединений заключаются в способности стыка оставаться герметичным при любом давлении, выдерживаемом самой трубой, и возможности углового поворота (3-5°), что придает гибкость секции собранного трубопровода и позволяет выполнять повороты большого радиуса без использования фасонных частей.

А теперь сравним технико-эксплуатационные и экологические характеристики труб из высокопрочного чугуна и полимерных труб (см. таблицу 3):

**Сравнение технико-эксплуатационных и экологических характеристик труб из высокопрочного чугуна и полимерных труб**

Таблица 3

Параметры	Трубы из:		
	ВЧШГ	ПВХ	ПЭ
Подверженность старению, снижению эластичности, прочности, повышению хрупкости	Отсутствует	Подвержены	Подвержены
Проницаемость труб под воздействием ароматических углеводородов и органических химикалий	Отсутствует	Подвержены	Подвержены
Потребность в электроэнергии и в специальном оборудовании при укладке	Отсутствует	Частично необходимы	Необходимы
Возможность укладки труб при отрицательных температурах (без дополнительных мероприятий)	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует
Возможность открытой прокладки труб (без дополнительных мер защиты)	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует
Коррозионная стойкость	В условиях особо коррозионных грунтов и блуждающих токов высокой плотности требуется нанесение наружных защитных покрытий	Хорошая	Хорошая
Энергосбережение	Хорошее	Хорошее	Хорошее
Ожидаемый срок службы	100 лет	50 лет	50 лет

Рассмотрим отдельные технико-эксплуатационные и экологические характеристики сравниваемых труб более подробно:

**1. Со временем прочность труб из ВЧШГ не снижается.**

Невозможно определить взаимосвязь между воздействием гидростатического давления и временем выхода из строя труб из ВЧШГ. Таким образом, за прочность труб из ВЧШГ, учитываемую при гидростатическом проектировании, принимается половина минимального предела текучести материала под воздействием давления, т.е. 150 МПа.

## 2. Проницаемость

Трубопроводные системы из высокопрочного чугуна с нитрильными нефтестойкими манжетами являются непроницаемыми для ароматических углеводородов и органических химикалий, находящихся в почве и грунтовых водах (различные растворители, жирные кислоты, минеральные и растительные масла, животные жиры, дизельное и ракетное топливо, бензин, бензол, тетрахлорметан, тетрахлорэтилен, алифатические углеводороды и еще целый ряд ароматических углеводородов).

Многие страны мира ввели технические регламенты, рекомендуемые применение труб ВЧШГ в загрязненных территориях, к которым относятся урбанизированные местности, индустриальные области, участки бывших и действующих бензозаправочных станций, пункты по химической очистке, химзаводы, лакокрасочные и другие предприятия с вредными условиями воздействия на окружающую среду, бытовые и промышленные свалки, места добычи и транспортировки нефти, бензина, дизельного топлива, терминалы для их переработки и погрузки и прочие промышленные производства.

## 3. Коррозионная стойкость.

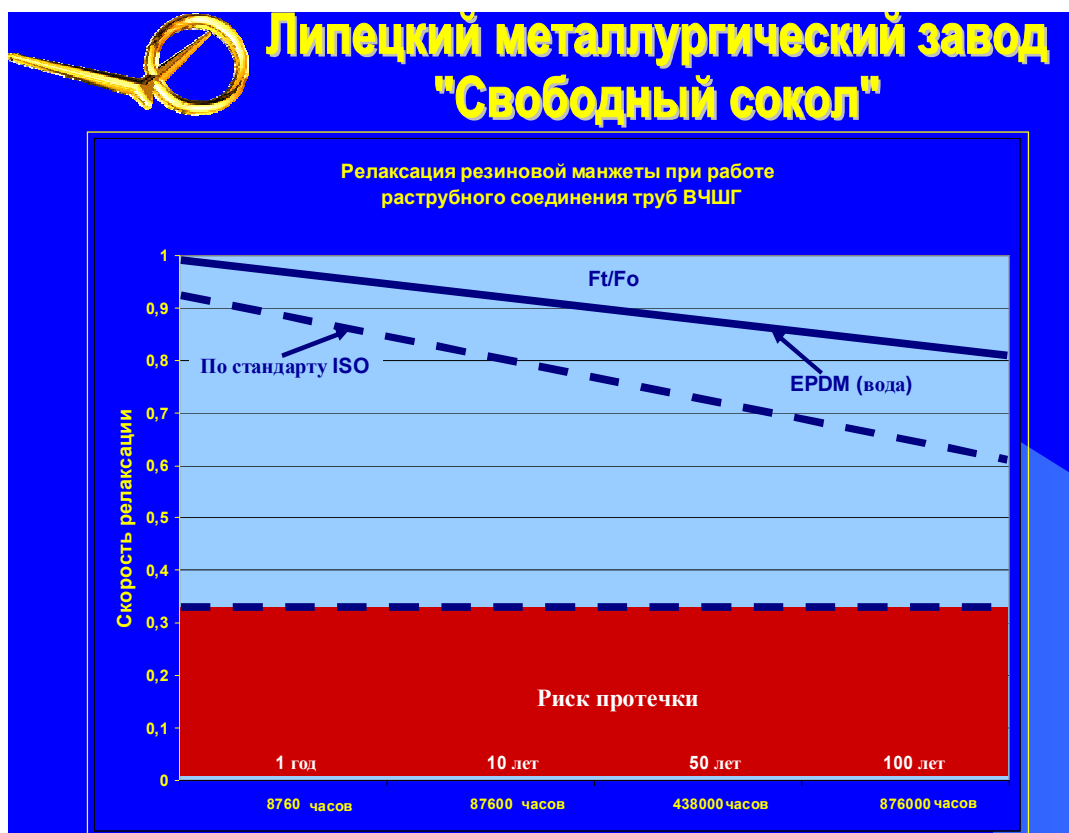
Коррозионная стойкость труб из высокопрочного чугуна в 4-5 раз превышает стойкость стальных труб (из нелегированных сталей).

Испытания труб из высокопрочного чугуна, которые проводились в США, Англии, Франции и Германии, показали, что коррозионная стойкость труб ВЧШГ равна или в ряде случаев выше, чем у труб из серого чугуна (из книги «Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом», Э.В. Захарченко, г.Киев, Наукова Думка, 1986 г.). Испытания труб проводились по атмосферной и почвенной коррозии, а также в различных агрессивных средах.

Согласно этому же источнику электрическое сопротивление высокопрочного чугуна в 3,6-4,8 раза выше, чем у стали, а стыки труб разделены непроводящими резиновыми манжетами, поэтому трубы ВЧШГ, как правило, не подвергаются электрической коррозии.

Как показывает 50-летний опыт эксплуатации трубопроводных систем из высокопрочного чугуна, трубы ВЧШГ работают надежно и долгосрочно практически во всех условиях, однако, в особо коррозионных грунтах и в местах электрических блуждающих токов высокой плотности им может потребоваться дополнительная защита в виде полиэтиленовой оболочки (полиэтиленового «чулка», надеваемого на трубу в процессе укладки), наружного покрытия металлическим цинком или катодной защиты.

## 4. Надежность раструбных соединений с резиновыми манжетами



Что же касается часто задаваемого вопроса о сроках службы резиновых манжет, то при подземной укладке трубопроводов манжеты служат тот же срок, что и сам трубопровод.

Стандартные раструбные соединения труб ВЧШГ, используемые в трубопроводах водоснабжения и канализации комплектуются заводом манжетами из эластомеров EPDM, изготовленных из этиленпропиленового каучука.



Изменение механических свойств подобных эластомеров с течением времени происходит под воздействием двух явлений:

- текучести во времени – ползучести (увеличивающейся деформации при постоянной нагрузке);
- релаксации (релаксации сжатия при постоянной деформации).

В случае раструбных соединений, уплотнение в них достигается контактным давлением между телом трубы (раструба трубы) и манжетой. Деформация манжеты, полученная в процессе соединения, остается практически постоянной.

Следовательно, явление релаксации – единственное, воздействующее на манжету.

На представленном Вашему вниманию графике показан во времени процесс релаксации манжеты из эластомера EPDM при применении раструбных соединений в трубопроводах питьевой воды.

Условные обозначения:

$F_t$  – сила реакции эластомера в момент времени  $t$ ;

$F_0$  – начальная сила реакции эластомера;

$F_t/F_0$  – скорость релаксации в момент времени  $t$  при 25% - ом коэффициенте релаксации.

Как мы видим из приведенного графика, при подземной укладке трубопроводов манжеты служат тот же срок, что и сам трубопровод.



Доказательством этому является практический опыт использования резиновых уплотнений и колец в США, начиная с 1920-х годов и по настоящее время, отечественный опыт применения резиновых уплотнений (в музее «Мир воды» «Водоканал Санкт-Петербург» представлена резиновая уплотнительная прокладка, прослужившая исправно около 100 лет) и официально опубликованные данные аварийности систем трубопроводов из высокопрочного чугуна.

##### **5. Возможность укладки труб при отрицательных температурах.**

Соединения раструбного типа наиболее распространены на трубопроводах из ВЧШГ. Они требуют всего лишь смазки уплотнительной манжеты и установки открытого конца трубы в раструб. Соединения труб из ВЧШГ хорошо зарекомендовали себя при любой температуре и при монтаже всеми типами техники и персоналом любой квалификации, в любых условиях, включая монтаж в условиях грязи и под водой. С трубами из ВЧШГ не требуется выдерживать определенное усилие для поворота стыка на нужный угол. Раструбные соединения труб из ВЧШГ позволяют, в зависимости от диаметра труб, угловое отклонение до 5°.


## 6. Энергосбережение.

 **Исследование коэффициента шероховатости "К" внутреннего цементно-песчаного покрытия труб ВЧШГ**

DN	Год инсталляции	Возраст при измерении, годы	Значение коэффициента C (HAZEN-WILLIAM)	Значение k (COLEBROOK- WHITE)
150	1941	0	145	0,025
		12	146	0,019
		16	143	0,060
250	1925	16	134	0,148
		32	135	0,135
		39	138	0,098
300	1928	13	134	0,160
		29	137	0,119
		36	146	0,030
300	1928	13	143	0,054
		29	140	0,075
		36	140	0,075
700	1939	19	148	0,027
		25	146	0,046
700	1944	13	148	0,027
		20	146	0,046

Исследования, проведенные фирмой "Pont-a- Mousson" на ранее уложенных трубопроводах из высокопрочного чугуна с внутренним цементным покрытием, дали значение коэффициента шероховатости **K=0,03** для отдельной трубы (формула COLEBROOK-WHITE) для широкого диапазона эксплуатируемых диаметров и длин.

При проектировании системы трубопроводов из высокопрочного чугуна рекомендуется брать для расчетов  $K = 0,1$ , чтобы учесть все потери на трение в собранной системе трубопроводов. То есть, трубы из высокопрочного чугуна с внутренним цементно-песчаным покрытием позволяют резко снизить гидравлические потери на трение в трубопроводе и отвечают всем современным требованиям в области энергосбережения.

 **Липецкий металлургический завод "Свободный сокол"**

**Соотношение площади внутреннего (проходного) и наружного сечений труб диаметрами от 100 до 300 мм (при одинаковых наружных диаметрах):**

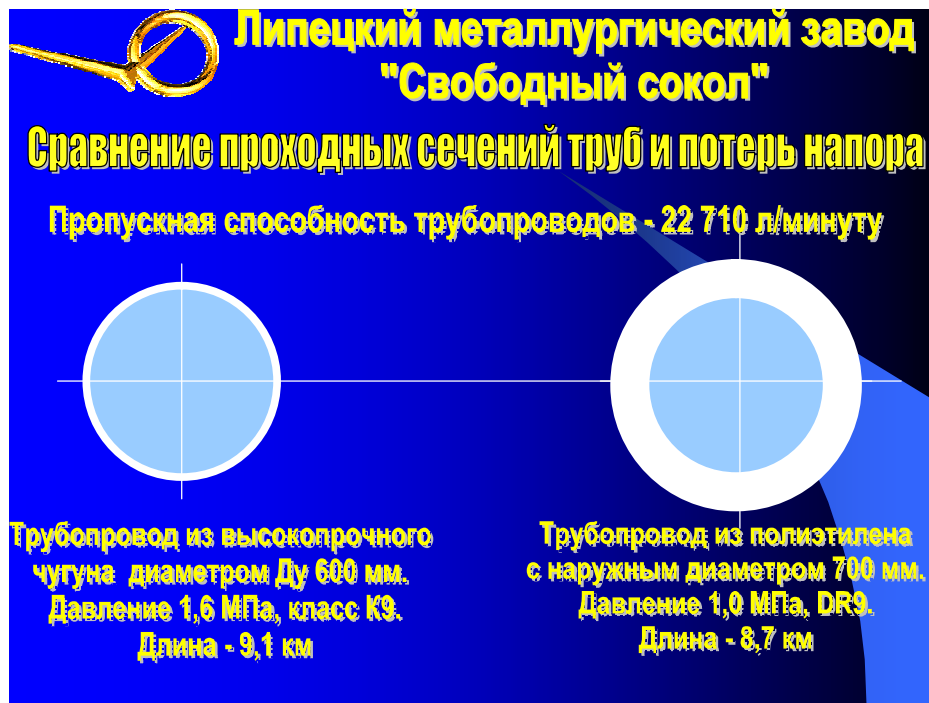
1. Для труб SDR 17 (1,0 МПа) из ПЭ 100 по ГОСТ 18599-2991:  
77,7%
2. Для труб ВЧШГ Ду 100-300 мм (1,6 МПа) с внутренним ЦПП по ISO 2531:  
76,2 - 89,6%

**3. Вывод: внутренние проходные сечения труб ВЧШГ диаметрами от 150 до 300 мм больше проходных сечений труб из ПЭ 100 на:**

**7 - 15%**

Большой внутренний проходной диаметр труб ВЧШГ по сравнению с полиэтиленовыми трубами (при одинаковом наружном диаметре) позволяет значительно снизить затраты на перекачку транспортируемой жидкости вследствие экономии электроэнергии и возможности прокачки по трубам ВЧШГ больших объемов жидкости.

При равных наружных диаметрах сравниваемых труб площадь внутреннего проходного сечения труб ВЧШГ с цементным покрытием превышает площадь проходного сечения полиэтиленовых труб из ПЭ 100 на 7 – 15 % в диапазоне диаметров от 150 до 300 мм соответственно.



Трубопровод из ВЧШГ ежегодно экономит значительные суммы на протяжении всего срока службы благодаря большему номинальному внутреннему диаметру, и меньшим затратам на перекачку.

Благодаря меньшей потере напора в трубах из ВЧШГ, замещающие их трубопроводы из других материалов с аналогичными характеристиками потребуют, соответственно, применения более дорогих труб большего диаметра.

Например, трубопровод из ВЧШГ диаметром 600 мм и длиной 9,1 км, перекачивающий 22,7 тысяч литров в минуту, имеет такую же потерю напора, как и трубопровод из полиэтилена высокой плотности марки ПЭ 80 диаметром 700 мм (давлением 1,0 МПа, DR9) длиной всего лишь 8,7 км, даже если принять во внимание более низкий коэффициент трения для труб из полиэтилена.

И наоборот, трубопровод из ВЧШГ можно спроектировать так, чтобы он вызывал такую же потерю напора, как и замещающий его трубопровод из другого материала. В этом случае потребуются применение труб ВЧШГ меньшего диаметра и, следовательно, меньшей стоимости на одном и том же участке трубопровода.

Подводя итоги нашего сравнения, следует отметить следующие факторы:

1) уровень аварийности пластмассовых труб в два раза выше по сравнению с трубами ВЧШГ. Пластмассовые трубы не обладают жесткостью — высокой сопротивляемостью раздавливанию — и имеют большой коэффициент линейного расширения. Повышенные внешние нагрузки на гибкую трубу приводят к ее деформации и увеличению овальности поперечного сечения трубы;

2) возможности производства строительного-монтажных работ на пластмассовых трубопроводах ограничены. Монтаж водопроводов из ПВХ и ПЭ труб следует проводить при температуре воздуха не ниже -5 °С. С понижением температуры пластические свойства пластмассовых труб резко ухудшаются, поэтому должны соблюдаться повышенные требования по их транспортировке, разгрузке, хранению, монтажу и сварке. Так, например, при использовании пластмассовых труб техническими условиями устанавливается необходимость их теплоизоляции дорогостоящим листовым ячеистым стиролом, установка палаток для утепления и т. п.;

3) техническая база и условия прокладки пластмассовых труб за рубежом резко отличаются от российских. Для России характерна необходимость выполнения строительного-монтажных работ по прокладке и перекладке труб в зимнее время;

4) на российских водопроводах установлена отечественная запорная арматура (затворы), которая не всегда обеспечивает полное перекрытие воды. Это ставит под сомнение возможность проведения качественных сварочных работ, особенно при отрицательной температуре воздуха;

5) прокладка полиэтиленовых труб требует выполнения большого, длительного и дорогостоящего объема подготовительных работ, что не всегда возможно в условиях плотной городской застройки, а в условиях большого насыщения подземного пространства инженерными коммуникациями — очень затруднена и приведет к значительному удорожанию строительного-монтажных работ. Например, европейские технические условия по прокладке пластмассовых труб регламентируют использование для обсыпки труб не вынутый грунт, а специально подготовленный песок или гравий с размером фракций 22 мм или щебень с размером фракций от 4 до 22 мм;

б) и, наконец, для труб, используемых в системах питьевого водоснабжения, чрезвычайно важно гарантированное сохранение в течение длительного времени их прочностных характеристик, долговечности и обеспечение требуемого качества транспортируемой воды, что нельзя сказать о полимерных трубах.

Опыт практического применения показал, ВЧШГ-трубы имеют высокие прочностные и деформационные показатели, близкие к показателям стальных труб, но по своей коррозионной стойкости значительно превосходящие стальные.

Гарантированный срок службы труб из ВЧШГ — 60–80 лет, т. е. в несколько раз больше стальных и пластмассовых. Кроме того, процессы монтажа и эксплуатация труб ВЧШГ очень просты, они ремонтпригодны (что достигается использованием специально разработанных устройств — ремкомплексов, патрубков, хомутов, муфт и т. п.), обеспечивают высокое качество транспортируемой воды и отвечают требованиям санитарной надежности. Благодаря пластичности, трубы из ВЧШГ меньше повреждаются при деформации окружающего грунта, чем стальные и простые чугунные. При авариях в отличие от труб из обыкновенного чугуна они не разрушаются полностью и поэтому не создают угрозу размыва окружающего грунта, опасного для близко расположенных зданий и сооружений. Очень важно то, что трубы из ВЧШГ можно эксплуатировать в условиях высоких внешних нагрузок, которые имеют место в подземных трубопроводах крупных городов.

В заключении хотелось бы еще раз напомнить всем специалистам, участвующим в процессах проектирования, строительства и эксплуатации сетей водоснабжения, что мировой опыт устройства инженерных коммуникаций показывает обоюдную востребованность как полимерных, так и различного вида металлических труб и не отрицает их плодотворного и взаимодополняющего сотрудничества.