

УДК 628.14:699.87

*д.т.н. Дрозд Г. Я.,
к.т.н. Хвортова М. Ю.,
(ИСаиЖКХ ЛГУим. В. Даля, г. Луганск, ЛНР, drozd.g@mail.ru)*

ТРУБОПРОВОДЫ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖКХ КАК ОБЪЕКТЫ ПРИСТАЛЬНОГО ВНИМАНИЯ

В статье показано кризисное техническое состояние трубопроводных систем ЖКХ, при эксплуатации которых планово-предупредительные ремонты уступили место аварийно-восстановительным работам, затраты на которые втрое превышают стоимость строительства новых трубопроводов. Вскрыты основные причины сложившейся ситуации и предложены подходы к созданию трубопроводных систем нового поколения.

Ключевые слова: труба, материал, износ, отказ, авария, долговечность, надежность.

Современное техническое состояние трубопроводных систем ЖКХ достигло критической отметки. Физический и моральный износ существующих трубопроводов выдвигает настоятельную необходимость на основе учета отечественного и зарубежного опытов разработать стратегию создания нового поколения трубопроводов для их надежной эксплуатации в третьем тысячелетии.

В жилищно-коммунальном хозяйстве трубопроводные системы являются основой обеспечения населения водой, теплом, и они же отводят многочисленные стоки. Их стоимость в коммунальных системах составляет 60-70 % от стоимости систем водо- и тепло-снабжения и водоотведения. Физический износ трубопроводов, сопровождающийся постоянными потерями воды и тепла и непрекращающимися ремонтами, во многом обусловил кризис жилищно-коммунального

хозяйства (ЖКХ) [1]. Для предотвращения коллапса ЖКХ необходимо не только изыскать финансовые возможности для замены трубопроводных систем, но и, используя накопленный специалистами опыт, разработать стратегию создания надёжных и долговечных систем на основе современных достижений науки и техники в области материаловедения.

Статистические данные последних лет [2-5] подтверждают критическую степень изношенности водопроводных, канализационных и тепловых трубопроводов урбанизированных территорий Украины (табл. 1).

Частые аварии на сетях отрицательно сказываются как на жизнеобеспечении населения и окружающей природной среде, так и на экономике предприятий. Основной причиной сложившейся ситуации является физический износ сетей [1].

Таблица 1

Состояние основных коммунальных сетей Украины

Сети	Протяженность, км	Износ (среднее значение)	
		%	км
Водоснабжение	>113000	>38	≈43000
Канализация	>46000	>36	≈16600
Теплоснабжение (двухтрубное исчисление)	>33200	ок.63	≈20900

Износ сетей напрямую не связан с возрастом этих сооружений. Есть примеры надежной безаварийной работы трубопроводов на протяжении многих десятилетий, но встречаются случаи раннего выхода сетей из строя, всего лишь через несколько лет после начала эксплуатации.

Так, обследование чугунного водовода $D = 800$ мм на старейшем металлургическом заводе в Донецке, показало, что после 90 летней эксплуатации он находится в прекрасном состоянии, а железобетонный канализационный коллектор $D = 1200$ мм по улице Флотской сгнил от газовой-биогенной коррозии на участке длиной 3,6 км всего через 4 года после ввода в эксплуатацию.

Анализируя данные многочисленных аварий, можно утверждать, что долговечность и надежность трубопроводов зависит от проектного, строительного и эксплуатационного этапов. Допущенные просчеты на любом из этих этапов, либо их поэтапное накопление являются причиной возникновения отказа сооружения и его преждевременного выхода из строя [3, 7].

1. Проектирование. Этот этап наиболее короткий, но самый важный. Именно при проектировании принимаются все основные решения, от правильности которых на 80 % зависит количество и качество трубопроводной системы. На этой стадии анализируют назна-

чение объекта, условия его будущей эксплуатации и в зависимости от этого принимают решение о выборе материала трубопровода. Правильность принятия решений на данном этапе позволит значительно уменьшить строительные и эксплуатационные затраты. На стадии проектирования при грамотном учете условий работы, нагрузок, воздействий и материалов закладываются как функциональные акценты сооружения, так и предопределяется его эксплуатационная жизнь. Потенциальная надежность объекта напрямую зависит и от капитальных затрат, закладываемых в процессе проектирования. Чем они выше, тем меньше эксплуатационные затраты и большая доля вероятности безотказной работы сооружения.

2. Строительство. В этот период оставшиеся 10–20% определяют качество трубопровода. Соблюдение всех монтажных правил, технологии монтажа, транспортировки, погрузки, разгрузки, приемки и хранения материала позволит обеспечить длительный и бесперебойный срок службы трубопровода и значительно снизить эксплуатационные расходы. Применение дефектных конструкций (рис. 1), нарушение технологий либо отклонение от проекта – это дополнительный фактор в создании проблем при эксплуатации объекта.



Рисунок 1 Заводские и транспортные дефекты ж/б труб

3. *Эксплуатация.* Наиболее продолжительный период в жизни трубопроводных систем, сопоставимый со сроком службы здания или населенного пункта (50–100 лет). Именно при эксплуатации выявляются все недостатки проектных решений и монтажа, при значительной величине которых затраты на эксплуатацию достигают критической величины, что напрямую отражается на материальном благосостоянии граждан. Необходимо отметить, что затраты на эксплуатацию систем трубопроводов многократно превышают первоначальные затраты на их монтаж и проектирование (иногда в десятки раз).

Этап эксплуатации трубопроводов – это не только наблюдение за их состоянием и контроль за качеством транспортируемых жидкостей, но и проведение технического обслуживания сооружения.

За время эксплуатации трубопроводы приносят эффект в виде выполненной работы в заданном объеме, но в то же время требуют затрат на поддержание их работоспособного состояния. Во времени эти функции затрат и прибыли соответственно монотонно убывают и возрастают в зависимости от внешних факторов, системы технического обслуживания и ремонта, износа объектов. Существует оптимальный срок замены объектов с точки зрения текущего соотношения затрат и выгоды, и с точки зрения стоимости владения объектом (рис. 2).

Периодически стоимость сооружения увеличивается на сумму выполненного ремонта. С течением времени затраты на ремонты увеличиваются, так как исчерпывается ресурс объекта (рис. 3) [8].

При этом постепенно увеличивается доля времени пребывания объекта в ремонте, возрастает количество отказов, снижается надежность объекта.

Отказ – это не только нарушение герметичности вследствие физического разрушения элемента или его части, но и перебои в подаче воды, утечки, снижение расхода, повышение или понижение температуры.

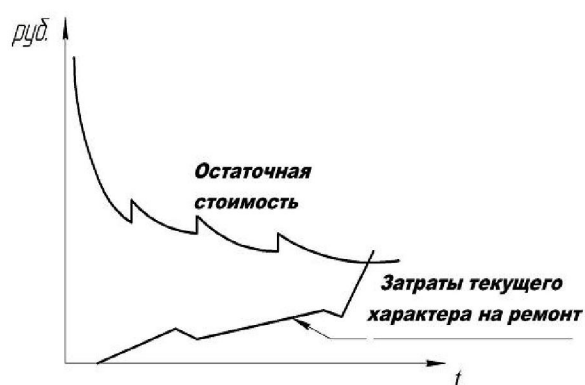


Рисунок 2 Зависимость остаточной стоимости сооружения от времени



Рисунок 3 Зависимость эффективности работы сооружения и затрат на ремонт от времени

Теоретический термин «отказ» на практике может иметь такой вид (рис. 4). Частота отказов отечественных трубопроводов из различных материалов приведена на рисунке 5 [4, 5].



Рисунок 4 Виды отказов коммунальных трубопроводов

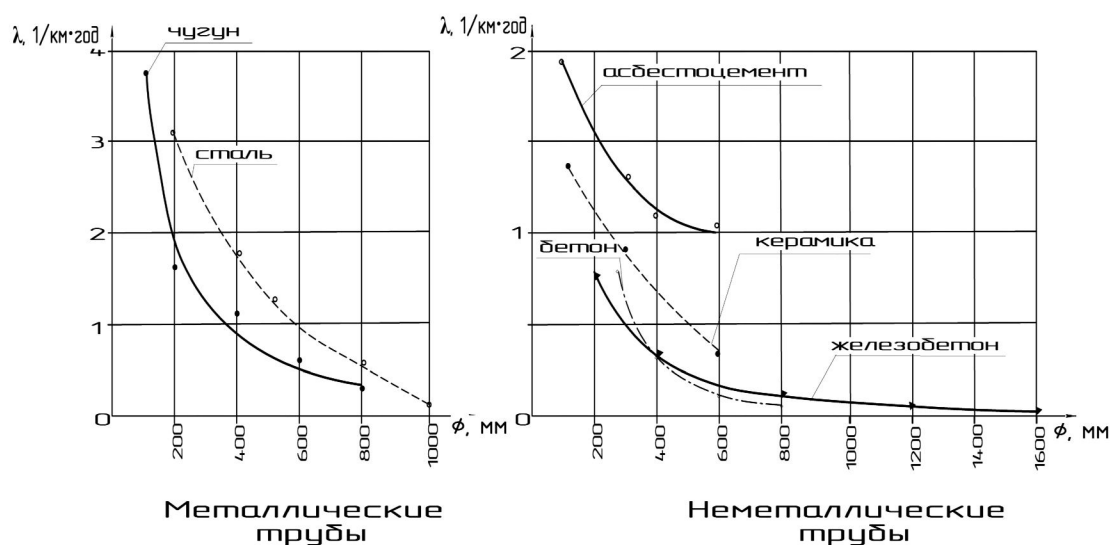


Рисунок 5 Зависимость частоты отказов трубопроводов от их диаметра и материала в Украине

Приведенные данные в количественном плане означают, что ежегодно на металлических трубопроводах на каждые 100 км происходит до 360 отказов, а на неметаллических – до 180 отказов с различной тяжестью последствий, вплоть до аварийных ситуаций. Из общей протяженности основных коммунальных сетей Украины в 192200 км – 80500 км, а это составляет 42% трубопроводов, находящихся в **аварийном состоянии**. Учитывая, что подавляющее число трубопроводов построены в 60-70 годах прошлого

века (по критериям ежегодной амортизации 2-5% в зависимости от материала труб), то еще 30-35% сетей находятся в ветхом состоянии. Современное состояние подземных трубопроводов уже называют «подземным Чернобылем» [9, 10].

Сопоставляя реальный и нормативный срок службы трубопроводных систем ЖКХ (табл. 2), можно констатировать, что они отработали свой ресурс, создали кризисную ситуацию в отрасли и требуют кардинального обновления.

Таблица 2

Нормативные требования к трубопроводным системам ЖКХ

СНиП	Транспортируемые среды	Температура, °С	Максимальное рабочее давление, МПа	Нормативный срок службы, лет
2.04.01-84 Внутренний водопровод и канализация зданий	Холодная вода	20	0.6	50
	Горячая вода	75	0.6	25
	Бытовые стоки	60(90)		50
41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование	Теплоноситель (Горячая вода)	95	0.6	25
2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения	Бытовые стоки	40		50
2.04.02-84 Наружные сети и сооружения	Холодная вода	20	0.6	50
2.04.07-86 Тепловые сети	Горячая вода	95(150)	1.6	25

В настоящее время плано-предупредительный ремонт сетей и оборудования систем водоснабжения, канализации и коммунальной энергетики практически полностью уступил место аварийно-восстановительным работам, затраты на проведение которых в три раза превышают стоимость строительства новых трубопроводов.

Надо признать, что реформа ЖКХ невозможна без реконструкции и обновлений трубопроводных систем на основе новых научно и практически обоснованных подходов.

Чтобы не совершить очередной стратегической ошибки и через 50 лет снова не столкнуться с кризисом трубопроводных систем ЖКХ, выбирая трубы для трубопроводных систем, необходимо учитывать негативный опыт прошлого.

Истоки проблемы

Исторические, природные, социальные, экономические, территориальные и строительные особенности обусловили в Украине использование широкого по материалу спектра труб. Качественный состав по материалу труб сетей водоотведения приведен на рисунке 6 [1]. Удельный вес металлических (чугунных и стальных) труб в наружных сетях водоотведения составляет около 25%. Из неметаллических труб преобладают керамические (38,3%), бетонные и железобетонные (суммарно 28,2%), асбестоцементные (8,6%), на долю пластиковых труб приходится менее 1%.

Сравнивая надежность металлических и неметаллических труб по частоте отказов, отметим, что для металлических труб она в несколько раз выше, чем для неметаллических (рис. 6).

Это объясняется большей коррозионной устойчивостью последних к грунтовой агрессии и блуждающим токам. Из этого наблюдения следует, что широкое применение незащищенных от коррозии металлических труб было стратегической ошибкой. Единственным оправданием их использования может служить только их доступность, высокая механическая прочность,

сравнительно высокая скорость и простота монтажа таких трубопроводов.

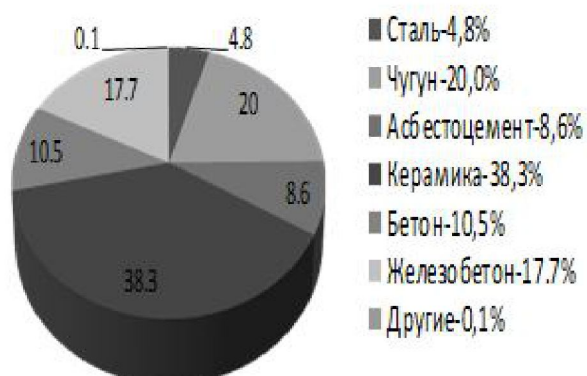


Рисунок 6 Состав трубопроводов водоотведения Украины по материалу

Независимо от материала труб частота отказов трубопроводов обратно пропорциональна их диаметрам [4]. Это связано с тем, что трубы меньших диаметров, как правило, располагаются на начальных участках сети на сравнительно небольшой глубине и находятся в поле различных физико-механических воздействий. Трубопроводы – линейные протяженные сооружения, располагаемые на неоднородном по длине основании. Количество стыковых соединений в зависимости от диаметра и материала труб колеблется от 1000 до 200 на километр трубопровода, а это очень серьезный фактор надежности сооружения. Акцентируя внимание на неметаллических трубопроводах как более стойких к коррозии, отметим, что при их диаметрах до 500 мм в 70% случаев происходит повреждение от физико-механического воздействия (раскрытие стыков, переломы труб, абразивное истирание лотков) и в 30% – вследствие коррозии.

Железобетонные канализационные трубопроводы диаметром более 500 мм вследствие большей массивности только в 33% случаев подвержены физико-механическому воздействию, а в 67% случаев разрушаются газовой-биогеоной коррозией под действием внутренней эксплуатационной среды, приводящей к масштабным авариям.

За рубежом, например в Германии, частота отказов трубопроводов примерно на порядок ниже, а на фактор коррозии приходится лишь около 7% разрушений [11; 12], что объясняется высоким качеством изготовления труб и конструкций, а также лучшим техническим обслуживанием и уходом за сетями (вентиляция, промывка, транспортирование смешанных вод, наблюдение, диагностика и др.).

Для сопоставления приведём структуру потребления труб в водопроводно-канализационном секторе за рубежом (рис. 7 [3]).

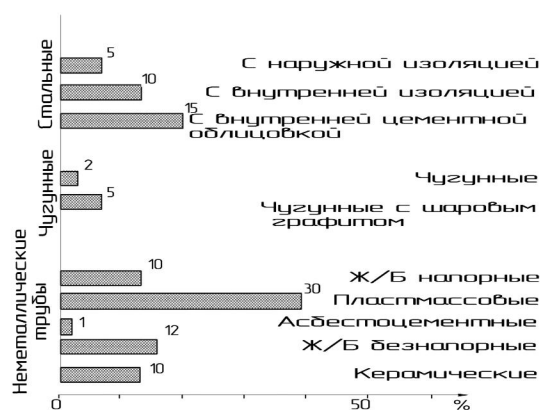


Рисунок 7 Структура потребления труб в зарубежных странах

Сопоставляя отечественные и зарубежные трубопроводы (на начало 2000 годов), можно отметить более высокий суммарный процент использования металлических труб за рубежом, но труб изолированных. Кроме того обращает внимание более высокий процент пластиковых труб (30%), что не идёт в сравнение с их отечественным использованием (1%). Бетонные и железобетонные трубы в отечественных сетях (28,2%) несколько превышают аналогичные за рубежом (22%).

Использование за рубежом защищенных от коррозии металлических труб и коррозионно-стойких пластиков, а это в сумме 67 % всей трубной продукции, обеспечивает их более высокую надёжность, а это автоматически означает, что отечественное

трубопроводное хозяйство ЖКХ морально устарело.

В сегменте неметаллических труб (рис. 7) лидируют полимерные трубы (30% на начало века). За последние годы это лидерство оценивается в 37–40%. Этому способствует как подтверждаемый реальный срок надёжной эксплуатации полимерных трубопроводов в 40-50 лет, так и совершенствование полимерных материалов и технологий [13].

Особенности трубопроводного строительства за рубежом (использование качественных, естественно, более дорогих труб, обеспечивающих эффективную и надёжную работу систем) должны быть использованы в отечественной практике при создании коммунальной инфраструктуры нового поколения. Безусловно, нельзя слепо копировать и переносить зарубежный опыт на отечественную почву без учёта собственных экономических, территориальных и строительных особенностей.

Мировая тенденция свидетельствует о все более широком использовании полимерных материалов в коммунальной сфере не только во внутри домовых сетях, но и в наружных трубопроводах, что является предпосылкой их предпочтительного использования в ближайшей перспективе в отечественной практике.

Проанализируем технические, механические, коррозионные, гидравлические, эксплуатационные и экологические характеристики труб из различных материалов в сопоставлении с полимерными (табл. 3).

Комплексный анализ характеристик труб из приведенных материалов дает основание отдать предпочтение полимерным трубам, которые могут быть использованы во всех трубопроводных системах ЖКХ и обладают такими свойствами:

- высокая коррозионная и химическая стойкость, долговечность (гарантированный срок эксплуатации – от 25 лет). Незначительная вероятность образования отложений на внутренней поверхности трубы;

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Таблица 3

Сравнительные характеристики труб

ВИД ТРУБЫ	ПОЛИПР ОПИЛЕН (ПП)	ПОЛИЭТИ- ЛЕН (ПЭ)	ПОЛИВИ- НИЛХЛОРИД (ПВХ)	ЧУГУН	СТАЛЬ (нержавеющая)	ЖЕЛЗО- БЕТОН
	СВОЙСТВА					
удельный вес 1 м/п, Dп = =160 мм, кг	7,06	3,77	5,62	28,1	17,5	104,9
степень шеро- ховатости внутренней поверхности	поверх- ность глад- кая	стены гладкие, способствуют малому сопро- тивлению по- тока	низкая шерохо- ватость, спо- собность к са- моочистке, ис- ключаются по- тери напора на трение	высокая, зави- сит от внут- реннего по- крытия (эпок- сид)	стальные трубы подвержены зарас- танию внутренней поверхности про- дуктами коррозии, что приводит к по- вышенной шерохо- ватости	повышенная, вслед- ствие чего увеличива- ется гидравлическая сопротивляемость трубы
устойчивость к коррозии, зарастанию сечений	отсутствие коррозии и зарастания сечений	не подвержен коррозии и за- растанию се- чений	полное отсутст- вие коррозии и зарастания се- чений	мало подвер- жен коррозии (но обязатель- но должен иметь анти- коррозийную защиту)	подвержена элек- трохимической кор- розии и зарастанию сечений в короткий срок эксплуатации	подвержен коррозии арматуры в короткие эксплуатационные сроки, что приводит к образованию микро- и макро- трещин в теле трубы; неустойчив к зарастанию сечений
устойчивость к блуждающим токам	диэлектрик	диэлектрик	диэлектрик	является про- водником	является проводни- ком	неустойчив

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Продолжение таблицы 3

ВИД ТРУБЫ СВОЙСТВА	ПОЛИПРОПИ ЛЕН (ПП)	ПОЛИЭТИЛЕН (ПЭ)	ПОЛИВИНИЛХ ЛОРИД (ПВХ)	ЧУГУН	СТАЛЬ (нержавею- щая)	ЖЕЛЗО- БЕТОН
	устойчивость к воздействию химических соединений и активных веществ, хлорированию	устойчивость к воздействию химических соединений и активных веществ, хлорированию	высокая устойчивость к большинству химических соединений, не-устойчив к активным веществам (не рекомендован для канализации)	повышенная (по сравнению с другими полимерами) степень химической стойкости, стойкость к хлорированию и активным веществам	неустойчива к воздействию органических кислот; стойкие соединения неустойчивы к агрессивным бытовым и производственным жидкостям	устойчива
устойчивость к воздействию биологических организмов (бактерии, грибки)	В	В	В	Н	С	Н
устойчивость к УФ-излучению	теряет прочностные качества	стареет при попадании прямых солнечных лучей, становится хрупким	устойчив, но светлеет при длительном воздействии		пропускаема для УФ-излучения	
уровень износоустойчивости	В	В	В	Н	С	Н

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Продолжение таблицы 3

ВИД ТРУБЫ	ПОЛИПРОПИЛЕН (ПП)	ПОЛИЭТИЛЕН (ПЭ)	ПОЛИВИНИЛХЛОРИД (ПВХ)	ЧУГУН	СТАЛЬ (неражавеющая)	ЖЕЛЗОБЕТОН
транспортная, монтаж	небольшой вес облегчает транспортировку и монтаж, соединительные раструбы, производятся вручную, при больших диаметрах – с помощью универсальных и доступных приспособлений и инструментов	относительная простота транспортировки (за счет толщины стенки увеличивается удельный вес), поставляются в двух различных упаковках – бухты и пучки, одиночные трубы переносятся вручную, монтаж - при помощи стыковой сварки и электромонтажа	простота транспортировки, раструбное соединение осуществляется механически, без применения больших физических усилий и специализированной подготовки, не требует специального оборудования, что увеличивает скорость монтажа в 5-6 раз, легки в монтаже при любых способах прокладки (значительная экономия времени и средств)	транспортная, требует специального дорожного разгрузочного оборудования, имеющего крупные габариты, соединение раструбовое, стыковое и при помощи хомутов; большой вес трубы обязывает к применению значительных физических усилий при монтаже, даже с учетом минимального контакта с телом трубы, без квалифицированного специалиста невозможно обеспечить качество монтажа	транспортная, как и монтаж, требует специализированного дорожного разгрузочного оборудования, имеющего большие габариты; соединение на резьбе с помощью фланцев и сварки	транспортная, как и монтаж, производится при помощи кранов с учетом грузоподъемности; соединение раструбное и стыковое

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Продолжение таблицы 3

ВИД ТРУБЫ СВОЙСТВА	ПОЛИПРОП ИЛЕН (ПП)	ПОЛИЭТИ- ЛЕН (ПЭ)	ПОЛИВИНИЛХ ЛОРИД (ПВХ)	ЧУГУН	СТАЛЬ (нержавеющая)	ЖЕЛЗО- БЕТОН
	предел проч- ности при разрывах, МПа	28-35	20-38	30-50	-	-
коэффициент линейного расширения, МПа	12×10^{-5} (0,00012)	14×10^{-5} (0,00012)	6×10^{-5} (0,00012)	-	-	-
герметич- ность соеди- нений	высокая, кроме со- единитель- ного узла с металличе- скими тру- бами	высокая	высокая; герме- тичность бес- печивают рези- новые уплотни- тельные кольца различных кон- фигураций без дополнительных герметизирую- щих материалов	герметичность и изоляцию соедине- ний обеспечивают качество исполь- зуемого для этого герметизирующего материала и спе- циализированный подход к монтажу	герметичность и изоляцию соеди- нений определяет качество сварки; при использова- нии фитингов из полимеров с уп- лотнительной ре- зинкой герметич- ность обеспечи- вают последние	гидроизоля- цию в местах стычных и раструбных соединений обеспечивает битумная мас- тика и другие герметики от- сутствуют

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Продолжение таблицы 3

ВИД ТРУБЫ	ПОЛИПРОПИЛЕН (ПП)	ПОЛИЭТИЛЕН (ПЭ)	ПОЛИВИНИЛХЛОРИД (ПВХ)	ЧУГУН	СТАЛЬ (не ржавеющая)	ЖЕЛЗОБЕТОН
СВОЙСТВА						
наличие фитингов, возможность соединения с другими материалами, размерный диапазон	Широким ассортиментом частей гарантируется выполнение соединений практически с любыми видами труб, весьма широкий диапазон длин и диаметров, минимизирует стоимость монтажа	Широким ассортиментом деталей для сварки встык и переходов "сталь-полиэтилен", "чугун-полиэтилен"; основная часть типоразмеров выпускается длинными отрезками (бухтами 100 м, отрезки 12 м)	конструктивно-разнообразные фитинги обладают полной герметичностью и делают возможным соединение с любыми видами труб, обеспечивают прокладку трубопроводов в труднодоступных местах, широкий диапазон длин и диаметров, минимизирует количество обрезков после монтажа	весьма широкий ассортимент деталей форматов "чугун-чугун"; наличие фитингов для соединения с полимерными трубами; небольшой диапазон длин (от 1 до 5 м); преобладание больших диаметров	ассортимент фасонных деталей ограничен форматов "сталь-сталь"; единичные части с другими видами труб отсутствуют; широкий диапазон длин; преобладание больших диаметров	соединение с другими видами труб только при помощи фитингов из других материалов; выпускаются только большие диаметры
уровень морозостойкости, °С	-	до -70	до -10	до -60	-	до -50
рабочая температура, °С	до +95 (для некоторых видов - до -95)	до +40	до +40	до -50	-	до +50
уровень шума потока жидкости	С	С	С	В	В	В
вторичная переработка	подвержен	подвержен	подвержен			

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Продолжение таблицы 3

ВИД ТРУБЫ	ПОЛИПРОПИЛЕН (ПП)	ПОЛИЭТИЛЕН (ПЭ)	ПОЛИВИНИЛХЛОРИД (ПВХ)	ЧУГУН	СТАЛЬ (неражавеющая)	ЖЕЛЗОБЕТОН
СВОЙСТВА						
область применения	наружное и внутреннее горячее и холодное водоснабжение (включая бесканальную прокладку), отопительные системы	наружное и внутреннее холодное водоснабжение, при строительстве водопроводов, для хозяйственно-питьевого водоснабжения, применяются в газификации	системы внутренней и наружной канализации (напорной и безнапорной), холодное хозяйственно-питьевое водоснабжение	прокладка трубопровода (распорные трубы), в холодильных установках, килотопроводах, теплообменниках, канализационных сетях, газо- и нефтепроводах	открытая прокладка трубопровода, внутренняя разводка системы водоснабжения и отопления	водопропускные системы, прокладка безнапорных и напорных трубопроводов ливневой, промышленной и бытовой канализации
срок службы	не менее 50 лет	не менее 50 лет	не менее 50 лет	гарантийный срок для материала – 80 лет при правильном осуществленном монтаже	невысокая долговечность (15-25 лет), в связи с низкой коррозионной устойчивостью к транспортируемой жидкости	небольшой износ повышенной предрасположенности арматуры к газовой и электрохимической коррозии

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Продолжение таблицы 3

ВИД ТРУБЫ	ПОЛИПРОПИЛЕН (ПП)						ПОЛИЭТИЛЕН (ПЭ)						ПОЛИВИНИЛХЛОРИД (ПВХ)						ЧУГУН						СТАЛЬ (нержавеющая)						ЖЕЛЗО-БЕТОН					
	СВОЙСТВА																																			
индивидуальные свойства	некоторые виды ПП труб подвержены газопроницаемости, в частности проникновению кислорода из воздуха; при монтаже чрезмерный нагрев оплавляемой поверхности при растрескивании стыковке вызывает деформацией и образованием неровностей на внутренней поверхности; хорошая устойчивость к давлению; температурная формоустойчивость; высокие санитарно-гигиенические показатели						маленькая термостойкость (до +40; под давлением до +50); рекомендован для использования в болотных местностях; сопротивляемость к проникновению водных паров; отсутствие потребности в уходе и обслуживании; обладает повышенной эластичностью; сварочные соединения имеют такую же или более высокую прочность, чем сама труба; высокие санитарно-гигиенические показатели						более жесткий, химически и светостойкий, чем ПЭ; стоек к воздействию кислотной среды; обладает совершенными гидравлическими свойствами, не изменяет вкус и химические свойства транспортируемой жидкости, при прокладке канализационных наружных систем отсутствует взаимодействие с почвой и грунтовыми водами; использование технологии Multi-Layer для наружных систем канализации, что уменьшает массу трубы, не лишая её прочностных характеристик; пониженная горючесть по сравнению с другими полимерами; отсутствие склонности к растрескиванию; высокие санитарно-гигиенические показатели						высокая устойчивость к температурным воздействиям, высокая прочность, невысокая сопротивляемость внешним и внутренним динамическим воздействиям, большой расход материала при проиводстве труб; повышенная пожаробезопасность; низкая пластичность (хрупкий)						обладает повышенной прочностью, способностью выдерживать высокие динамические, статистические и изгибающие внутренние и внешние нагрузки, ограниченная область применения (условия прокладки ограничены уровнем промерзания грунта); высокая теплопроводимость; проницаемость для кислорода						разрушается при воздействии отрицательных температур, вступают в реакцию с канализационными газами; большой расход материала при проиводстве труб					

Примечание: В – высокий, С – средний, Н – низкий

– низкий коэффициент шероховатости – коэффициент шероховатости (Кш) стали равен 0,2, Кш полимерной трубы в среднем в 20 раз меньше и равен 0,01. Коэффициент шероховатости чугунных труб примерно в 40–50 раз больше, чем Кш полимерных труб;

– требуют меньших затрат электроэнергии на перекачку жидкости (это утверждение верно для горячего и холодного водоснабжения, поскольку там используется большая скорость потока транспортируемой среды);

– в 5–7 раз легче стальных, что облегчает монтажные работы, особенно в стесненных условиях, поэтому небольшие перемещения их при монтаже не требуют грузоподъемных механизмов, недорогая доставка;

– низкая теплопроводность материала, снижающая тепловые потери и уменьшающая образование конденсата на наружной поверхности труб;

– отсутствие необходимости в обслуживании и катодной защите;

– стыковая сварка полиэтиленовых труб дешевле, проще, занимает меньше времени, не требует дополнительных расходных материалов; есть возможность многократного монтажа и демонтажа при низких затратах. Высокая надежность сварных швов соединений в течение всего срока эксплуатации трубопроводов;

– ремонтпригодность труб позволяет быстро ликвидировать механические повреждения;

– низкая вероятность физического разрушения трубопровода при замерзании жидкости, т. к. при этом труба увеличивается в диаметре, затем, при оттаивании жидкости, приобретает прежний размер; практически отсутствует опасность физического разрушения трубопровода от гидродаров вследствие сравнительно низкого модуля упругости. Стандартный запас прочности полимерных труб на 50–60 % выше расчетного рабочего давления;

– возможность поставки длинномерными отрезками (буктами), что сокращает сроки и стоимость монтажа и прокладки трубопровода (на 1 км трубопровода диаметром 110 мм приходится всего два стыка), гибкость труб позволяет проходить повороты трассы трубопровода без использования фасонных деталей;

– возможность объединения в одной оболочке до четырех труб, что позволяет максимально оптимизировать схему прокладки нескольких сетей (горячего и холодного водоснабжения и теплоснабжения) в зависимости от назначения и характера трассы;

– есть возможность использовать полимеры для ремонта (фактически – для восстановления) стальных трубопроводов: протяжка профилированных полиэтиленовых труб внутри изношенных стальных незначительно изменяет диаметр водопровода, что позволяет сохранить в нем давление. Профилированная труба восстанавливает свою первоначальную форму и плотно прилегает к стенкам трубы под воздействием пара. Протяжка применима для реконструкции водопроводов диаметром от 100 до 500 мм. Существующая труба используется как футляр. Это уменьшает объем земляных работ, затраты на капитальный ремонт, сокращает сроки работ;

– полимерные трубы позволяют получить существенную экономию воды при промывке вводимых в строй трубопроводов – их достаточно промыть один раз, тогда как стальные – минимум три раза;

– позволяют увеличивать скорость транспортируемой жидкости в напорных трубопроводах до 6–9 м/с;

– экологическая чистота полимерных труб. Многочисленные исследования показали, что трубы из ПВХ являются безвредными и не опасны для здоровья человека. В процессе эксплуатации данных систем не происходит выделение токсичных соединений, а при транспортировке питьевой воды не изменяются ее органолептические свойства. Материал ПВХ не способствует размно-

жению бактерий. Это свойство помогает в решении проблемы вторичного загрязнения в водоснабжении. Прежде чем попасть к конкретному потребителю, предварительно очищенная вода проделывает длинный путь порой до нескольких десятков километров. На этом пути происходит ее вторичное загрязнение вследствие низкого качества самой системы трубопроводов и застаивания в них воды. В традиционной системе стальных трубопроводов в воду попадают ионы железа и размножаются бактерии. Использование труб из ПВХ исключает первую и снижают вторую составляющую такого загрязнения;

– несмотря на очевидные преимущества полимерных труб перед другими, не стоит забывать о том, что «полимеры» имеют жесткие ограничения по рабочему давлению, напрямую зависящему от средней температуры в течение всего срока эксплуатации, а также максимальному диаметру трубы. И с этими ограничениями приходится считаться [3, 14].

Модернизация трубопроводов – путь повышения их надежности

По данным специалистов, несмотря на более чем полувековой опыт со дня создания полимерных труб, происходит их постоянное совершенствование и «обкатка» новых технологий производства, повышения качества материала и доработки конструкций [13]. Судя по тому, что полимерные и пластиковые трубы практически вытеснили во внутридомовых сетях все другие виды трубопроводных материалов, можно утверждать, что то же ожидает и наружные коммунальные сети. Вероятно, что полимерные материалы – это материалы третьего тысячелетия в коммунальной сфере.

Наряду с полимерными материалами в трубопроводном строительстве еще долго будет использоваться и железобетон.

Железобетонные трубы за многие десятилетия своего применения хорошо зарекомендовали себя в системах канализации. Поэтому даже при появлении новых коррозионно-стойких пластиков они до сих пор

активно используются как за рубежом (22%), так и у нас в стране (28,2%).

Следует полагать, что железобетонные трубы и в дальнейшем останутся одним из основных конструктивных элементов сетей водоотведения. Но это должны быть трубы нового поколения, выполненные из особо плотного бетона, отличающиеся более высокими механическими характеристиками и более стойкие к коррозии.

Зарубежный опыт широкого применения пластиковых труб в системах водоотведения заслуживает внимания и должен быть использован в отечественной практике. С точки зрения эксплуатационной надежности сети водоотведения должны конструироваться из двух материалов: полимерных и железобетонных труб. Экономическую целесообразность использования каждого из этих материалов иллюстрирует рисунок 8.

Таким образом, полимерные трубы экономически конкурентны железобетонным до диаметра 500 мм. Как было показано выше, трубопроводы из всех видов труб диаметром до 500 мм имеют максимальное количество отказов от всех видов воздействий.

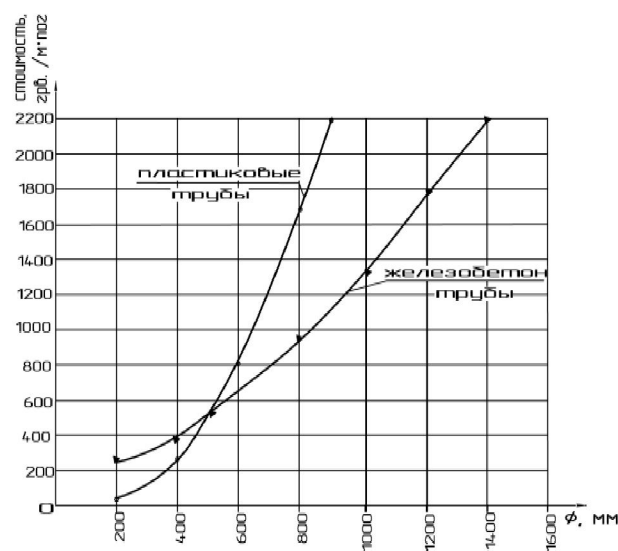


Рисунок 8 Стоимость погонного метра трубы в зависимости от диаметра (цены 2015 г.)

Поэтому именно полимерные трубы как по экономическим, так и по техническим параметрам наиболее эффективны в данном случае. По имеющимся данным определим примерную потребность в полимер-

ных трубах для осуществления восстановления всех коммунальных трубопроводов диаметром 400-500 мм. Результат представлен в таблице 4.

Таблица 4

Потребность в полимерных трубах диаметром менее 500 мм для восстановления и реконструкции трубопроводных систем ЖКХ

Сети	Протяженность, км	Процент труб, d, мм		Протяженность, км	Износ %	Протяженность, км
		≤500	≤400			
Водоснабжение	>113000	-*	73	82400	>38	31200
Канализация	>46000	60	-	27600	>36	9900
Теплоснабжение (двухтрубное исчисление)	>33200	-	95	31200	ок.63	19600
Итого	192200			141200		60700

Примечание. *Данные отсутствуют

Как следует из таблицы, для восстановления и реконструкции трубопроводов ЖКХ диаметрами до 500 мм необходимо более 60 тыс. км полимерных труб. Из них для систем водоснабжения необходимо более 31 тыс. км труб, для систем теплоснабжения и водоотведения – около 20 и 10 тыс. км труб соответственно. Приведенные данные позволяют осмыслить объемы необходимых работ, сформулировать идеологию переоснащения трубопроводной инфраструктуры ЖКХ, разработать соответствующую Программу, изыскивать источники финансирования и осуществлять планирование всего этого непростого проекта.

Трубопроводы больших диаметров (от 600 до 2400 мм) могут быть как комбинированными (железобетонный несущий каркас + полимерная внутренняя облицовка), так и полностью выполнены из железобетона. При этом железобетон должен применяться особо плотный с минимальной водонепроницаемостью W 10.

Несомненно, что в осуществлении столь грандиозного проекта по созданию высоконадежных трубопроводных систем

должны участвовать высококвалифицированные специалисты, подготовку которых необходимо начинать уже сейчас.

Выводы.

1. Трубопроводные системы ЖКХ, отработав несколько десятилетий, вследствие физического и морального износа нуждаются не просто в замене, а требуют перехода на новый качественный уровень за счет использования эффективных и долговечных материалов.

2. Новое поколение коммунальных трубопроводных систем обязано обладать высокой эксплуатационной надёжностью, которую могут обеспечить трубы из термопластов на участках сети с диаметрами до 500 мм и железобетонные трубы на основе особо плотных тяжелых бетонов на участках с диаметрами, превышающими 500 мм.

3. Повышение долговечности бетонных канализационных трубопроводов, работающих в условиях биологически активных эксплуатационных сред можно осуществить комбинированным физико-химическим методом, основанным на использовании особо плотных бетонов (пер-

вичная защита) с химической обработкой готовых изделий раствором кремнефтористоводородной кислоты H_2SiF_6 или её солями (вторичная защита бетона), либо би-

комбинированным способом – применением железобетонных труб с внутренней полимерной облицовкой

Библиографический список

1. Дрозд, Г. Я. О техническом состоянии канализационных сетей Украины [Текст] / Г. Я. Дрозд, М. Ю. Хвортова // *Водопостачання та водовідведення*. — Київ, 2012. — № 1. — С. 34–40.
2. Романюк, О. М. Стан мереж водопостачання та водовідведення: загострення проблеми [Текст] / О. М. Романюк // *Водопостачання та водовідведення*. — Київ, 2013. — № 2. — С. 20–23.
3. Исаев, В. Н. Трубопроводные коммунальные системы [Текст] / В. Н. Исаев, Р. Ю. Хургин // *Сантехника*. — Москва, 2006. — № 3. — С. 11–21.
4. Ромейко, В. С. Ещё раз о трубопроводах жилищно-коммунального хозяйства России [Текст] / В. С. Ромейко // *Трубопроводы и экология*. — 2002. — № 1 — С. 16–24.
5. Дрозд, Г. Я. Состояние и перспективы трубопроводных систем жилищно-коммунального хозяйства [Текст] / Г. Я. Дрозд, М. Ю. Хвортова // *Трубопроводы и экология*, 2002. — № 1. — С. 16–24.
5. Дрозд, Г. Я. Водопостачання та водовідведення [Текст] / Г. Я. Дрозд, М. Ю. Хвортова. — Київ, 2014. — № 1. — С. 15–21.
6. Дрозд, Г. Я. Надёжность канализационной системы и аварийные риски в производственной деятельности предприятий водопроводно-канализационного хозяйства [Текст] / Г. Я. Дрозд, М. Ю. Хвортова // *Вода и экология, Проблемы и решения*. — Санкт-Петербург, 2013. — № 3(55). — С. 50–64.
7. Дрозд, Г. Я. Коррозионные разрушения, прогнозирование степени агрессивности эксплуатационной среды и обеспечение надёжности канализационных коллекторов на стадии проектирования [Текст] / Г. Я. Дрозд // *Вода и экология. Проблемы и решения*. — Санкт-Петербург, 2013. — № 1(53). — С. 40–59.
8. Героева, А. Г. Прогнозирование и диагностика технического состояния объектов коммунальной инфраструктуры [Текст] / А. Г. Героева, И. Ю. Зильберова // *ЖКХ: журнал руководителя и главного бухгалтера*. — 2011. — № 1.
9. Ромейко, В. С. Подземный Чернобыль [Текст] / В. С. Ромейко // *Деловой мир*. — 1994.
10. Бобылев, Л. М. Аварии в жилищно-коммунальном хозяйстве [Текст] / Л. М. Бобылев // *Сантехника*. — 2003. — № 6. — С. 13–16.
11. Berger Christian. Zustand der Kanalisation in Deutschland / Berger Christian, Lohaus Johanness, Wittner Andreas, Schäfers Ruth // *KA-Wasserwirtschaft, Abwasser*. — 2002 (49). — № 3. — S. 302–311.
12. Dietrich Stein. Instandhaltung von Kanalisation / Dietrich Stein // 3 Aufl. — Berlin: Ernst, 1998. — 941 p.
13. Ульрих Шюльт Мечта становится реальностью- 50 лет трубам из полиэтилена высокой плотности [Текст] / Шюльт Ульрих // *Полимерные трубы*, 2007. — № 4(5). — С. 71–77.
14. Исаев, В. Н. Особенности применения пластмассовых трубопроводов [Текст] / В. Н. Исаев, М. Г. Мхитарян // *Сантехника*. — 2006. — № 1. — С. 21–27.

© Дрозд Г. Я.

© Хвортова М. Ю.

Рекомендована к печати и.о. заведующего каф. СК, к.т.н., доц. ДонГТУ Псюком В. В., директором ИСАиЖКХ ЛНУ им. В. Даля, д.т.н., проф. Андрийчуком Н. Д.

Статья поступила в редакцию 03.10.16.

д.т.н. Дрозд Г. Я., к.т.н. Хвортова М. Ю. (ІБАіЖКГ ЛГУ ім. В. Даля, м. Луганськ, ЛНР)
ТРУБОПРОВІДИ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖКГ ЯК ОБ'ЄКТИ ПИЛЬНОЇ УВАГИ

У статті показаний кризовий технічний стан трубопровідних систем ЖКГ, при експлуатації яких планово-попереджувальні ремонти поступилися місцем аварійно-відновним роботам, витрати на які утроє перевищують вартість будівництва нових трубопроводів. Розкриті основні причини ситуації, що склалася, і запропоновані підходи до створення трубопровідних систем нового покоління.

Ключові слова: труба, матеріал, знос, відмова, аварія, довговічність, надійність.

Dr. Tech. Sci. Drozd G. Ya., PhD in Engineering Khvortova M. Y. (V. Dahl ISAandZhKKh LGU, Lugansk, LPR)

HEAT AND WATER PIPELINES AS THE OBJECTS OF PARTICULAR ATTENTION

The article reveals a critical technical state of heat and water pipelines when emergency recovery works have replaced scheduled preventive repairs at their exploitation, which expenditures are three times the price for building the new pipelines. The main reasons of current situation have been disclosed and approaches for constructing next generation pipelines have been proposed.

Key words: pipe, material, run-out, emergency, durability, reliability.