

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Г.Я. Дрозд, М.Ю. Хвортова,

Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Украина

Трубопроводные системы – это протяжённые сооружения, устраиваемые на неоднородном по длине основании из отдельных элементов – труб из различных материалов и предназначенные для транспортировки жидкости и пара населению и промышленным предприятиям. Проектные, строительные и эксплуатационные факторы обуславливают их надёжность, от которой зависит жизнеобеспечение общества. Стоимость трубопроводов в коммунальных системах составляет 60-70 % от стоимости систем водо- и теплоснабжения 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.

На балансе ЖКХ находится более 192 тыс. км наружных трубопроводов водоснабжения, канализации, теплопроводов и около 3 млн. км внутримдомовых трубопроводов различных коммунальных систем (рис. 1).

Системы ЖКХ развивались в сложных послевоенных условиях, при ограниченном финансировании и необходимости быстро обеспечивать коммунальными услугами огромное жилищное строительство. Поэтому из многих видов труб в трубопроводных сетях (особенно в водопроводах и теплопроводах)

в основном применялись высокотехнологичные и дешёвые в монтаже металлические трубы.

Низкая коррозионная стойкость металлических (стальных) труб требовала дополнительных эксплуатационных затрат на стабилизацию качества воды, нанесения защитных покрытий, устройство катодной защиты. В связи с недостатком средств на эксплуатацию и невысокой квалификацией персонала эти мероприятия не выполнялись в полном объёме, что приводило к быстрому износу труб, росту потерь воды и тепла, перебоям в работе систем водо- и теплоснабжения.

В системах водоотведения, после резкого снижения водопотребления, в стране за последние 20 лет изменились условия пропуска стоков по трубопроводам запроектированным на более высокие параметры (уменьшились расходы и скорости воды, увеличилось время пребывания стоков в анаэробных условиях, увеличилась заиленность каналов, сопровождающаяся эмиссией в самотечных

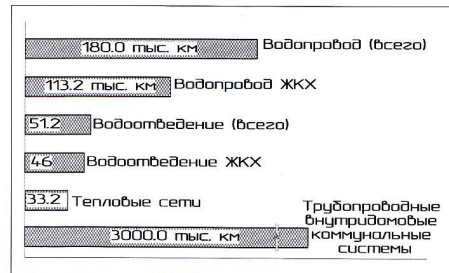


Рис. 1. Трубопроводы ЖКХ Украины

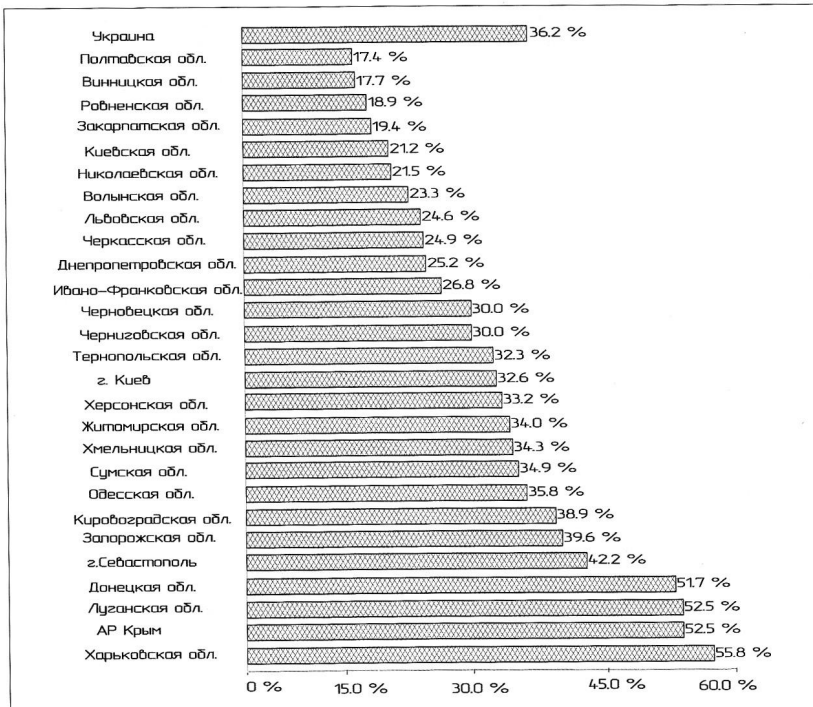


Рис. 2. Удельный вес ветхих и аварийных сетей водоотведения Украины [по2]

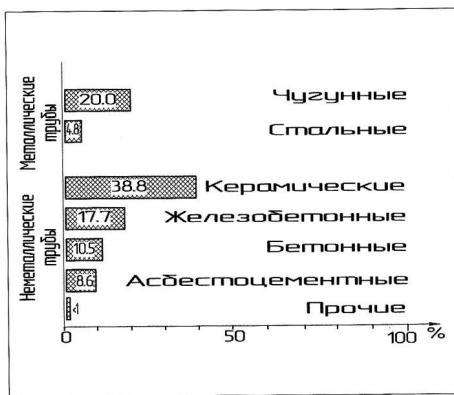


Рис. 3. Состав трубопроводов водоотведения Украины по материалу

сетях агрессивных канальных газов). Участились случаи масштабных разрушений и аварий на канализационных коллекторах. В условиях городской застройки это приводит не только к социальной напряженности, но и к обострению санитарно-экологической ситуации. Поэтому наряду с другими коммунальными трубопроводами, проблема сетей водоотведения стоит в особом ряду.

По данным [2] на сегодняшний день изношенность всех коммунальных наружных трубопроводов составляет в среднем 36-38 %. Для сетей водоотведения доля ветхих и аварийных сетей составляет в среднем 36,2 %, которая по регионам колеблется от 17 до 53 % (рис. 2).

Качественный состав по материалу труб сетей водоотведения Украины приведён на рис. 3 [3]. Удельный вес металлических (чугунных и стальных труб) в сетях водоотведения составляет около 25 %. Из неметалли-

ческих труб преобладают керамические (38,8%), бетонные и железобетонные (суммарно 28,2%), асбестоцементные (8,6%), на долю пластиковых труб приходится менее 1%.

Для сопоставления приведём структуру потребления труб в водопроводно-канализационном секторе за рубежом (рис. 4) [4].

Сопоставляя отечественные и зарубежные трубопроводы можно отметить более высокий суммарный процент использования металлических труб за рубежом, но использование 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 защищённых от коррозии металлических труб и коррозионно-стойких пластиков, а это в сумме 67% всей трубной продукции, обеспечивает высокую надёжность зарубежных трубопроводов.

Приведём данные частоты отказов отечественных трубопроводов из различных материалов (рис. 5) [3].

Металлические, незащищённые от коррозии трубы диаметром 150-200 мм выходят из строя с частотой 300-350 раз в год на 100 км. Наименьшую частоту отказов из всех применяемых в Украине материалов имеют бетонные и железобетонные трубы: при диаметре

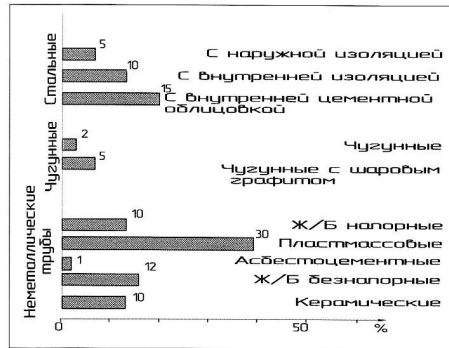


Рис. 4. Структура потребления труб в зарубежных странах в 1990 г.

200-400 мм это 5-10 отказов на 100 км в год и 2-3 отказа на 100 км в год при диаметре более 500 мм.

Более высокую надёжность бетонных и железобетонных труб в сравнении с трубами из других материалов можно объяснить их большей массивностью и большей толщиной стенки, которая составляет, как правило, 1/10 от внутреннего диаметра трубы. Железобетонные трубы за многие десятилетия своего применения хорошо зарекомендовали себя в системах канализации. Поэтому даже при появлении новых коррозионно-

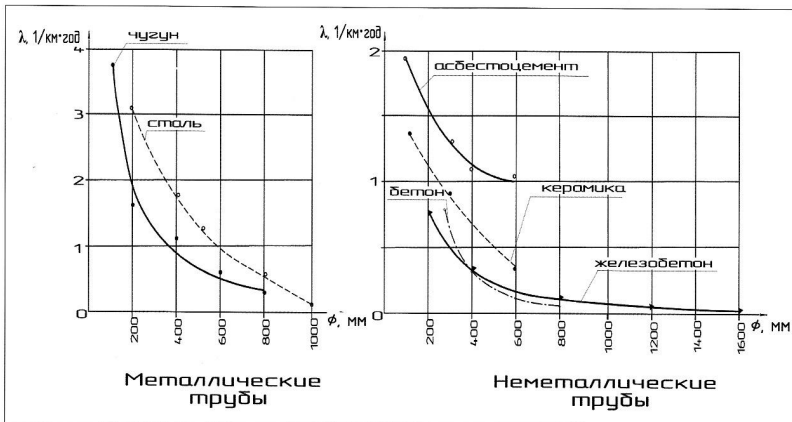


Рис. 5. Зависимость частоты отказов отечественных трубопроводов от их диаметра и материала в Украине

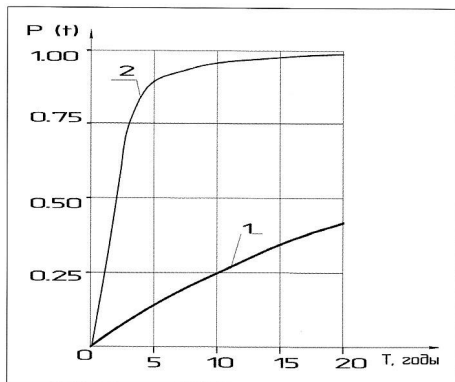


Рис. 6. Вероятность отказа железобетонных канализационных трубопроводов от действия внешних воздействий (1) и внутренней эксплуатационной среды (2)

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

Как правило, они используются в трубопроводах большого диаметра, 600-2400 мм. При низкой частоте аварий сетей из железобетона, последние отличаются большей масштабностью из-за того что железобетонные коллекторы большего диаметра вследствие аварий теряют большое количество воды, размывающей грунт с загрязнением окружающей среды. Износ железобетонных труб, приводящий к авариям, обусловлен внешними и внутренними факторами. На рис. 6 приведена вероятность отказа железобетонного трубопровода от этих воздействий.

Внешний фактор – в 70 % случаев обусловлен механическими причинами (просадка основания, ударно-импульсное воздействие) и 30 % случаев – химической коррозией, вызванной агрессивными грунтами.

Внутренний фактор – биологически активная эксплуатационная среда, вызывающая коррозию сводовой части труб (70%) и физико-химическое

воздействие потока (абразивное истирание лотка с коррозией арматуры), 30 % случаев.

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 надёжности сети водоотведения должны конструироваться из двух материалов: пластиковых и железобетонных труб. Экономическую целесообразность использования каждого из этих материалов иллюстрирует рис. 7.

Трубопроводы диаметром до 500 мм должны выполняться из пластиковых труб, а большего диаметра – из железобетона. Последние, с учётом работы в условиях специфической биологически активной эксплуатационной среды, должны быть более качественными и надёжными в сравнении с используемыми ранее. Этого можно достичь путём их комплексной первичной и вторичной защиты. В качестве первичной защиты предлагается использование особо плотных бетонов с водонепроницаемостью W-8 + W-20 [5,

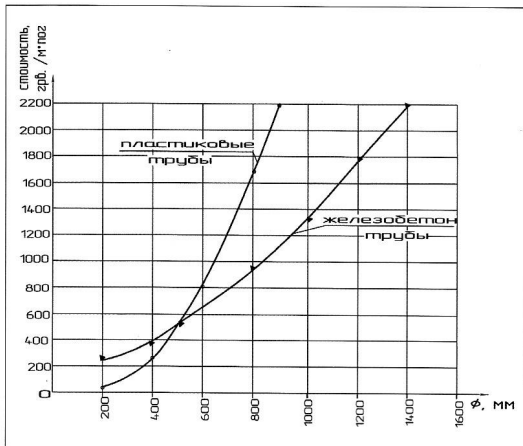


Рис 7. Стоимость погонного метра трубы в зависимости от диаметра

Таблица 1

Характеристика особо плотного бетона

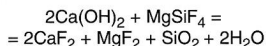
Марка по водо-непроницаемости	Расход материала, кг на 1 м ³				Осадка конуса, (см)	Жёсткость, (с)	В / Ц	Плотность, ρ _р (кг / дм ³)
	цемент	песок	щебень	вода				
W 10	409	534	1385	143	1,3	16	0,35	2,42

6], а в качестве вторичной защиты – флюатирование поверхности бетонных конструкций [7].

Известно [6, 7], что метод флюатирования используется для защиты бетонных конструкций от действия промышленной атмосферы, содержащей различные кислые газы. Атмосфера самотёчных канализационных коллекторов аналогична промышленной атмосфере по содержанию таких газов как CO₂, H₂S, SO₂, CO, NO_x [8].

Сущность флюатирования заключается в обработке готового изделия кремнефтористоводородной кислотой H₂SiF₆ или её солями.

При действии кремнефтористого магния MgSiF₄ на гидроксид кальция Ca(OH)₂ бетона образуется нерастворимый фторид кальция CaF₂ и кремнезём SiO₂



Растворимость фторида кальция CaF₂ в 20 раз меньше растворимости гидроксида кальция Ca(OH)₂.



Рис. 8 Вид нефлюатированного (слева) и флюатированного (справа) образцов бетона после 12 месяцев испытания в 0,001N растворе серной кислоты (pH=3).

В результате флюатирования в поверхностном слое бетона происходят конструктивные изменения [7]:

- прочность возрастает до 50 %;
- стойкость к истиранию возрастает до 10 раз;
- снижается впитывающая способность и возрастает поверхностная плотность бетона;
- значительно возрастает стойкость к химически агрессивным средам.

Количественная оценка влияния флюатирования на коррозионное химическое разрушение проведена путём сопоставления коэф-

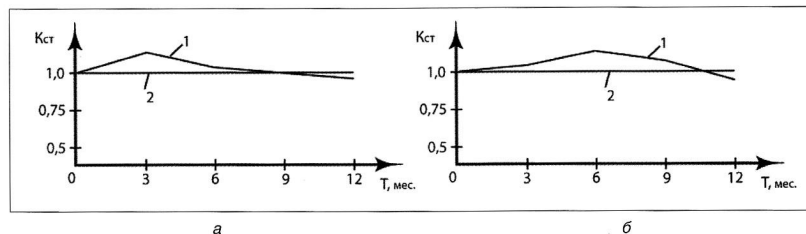


Рис. 9. Зависимости коэффициента стойкости (K_{ст}) нефлюатированного (1) и флюатированного (2) бетонов в условиях газово-воздушной эксплуатационной среды коллекторов (а) и модельной сернокислотной среды (б).

фициентов стойкости образцов бетона (табл.1) в реальных условиях газовой-воздушной среды коллектора и модельной сернокислотной среды (рис. 8).

Флюатирование образцов бетона осуществлялось чередующейся их пропиткой 3 % раствором кремнефтористоводородной кислоты H_2SiF_6 и насыщенным раствором гидроксида кальция $Ca(OH)_2$ по [7].

На рис. 9 приведены зависимости коррозионной стойкости бетонов в различных средах.

Повышение коррозионной стойкости в течение первых 6-и месяцев нефлюатированных образцов в газовой-воздушной эксплуатационной среде можно объяснить карбонизацией и уплотнением бетона, а в условиях раствора кислоты упрочнение бетона вызвано, вероятно, образованием гипса и этtringита. После 6-и и 9-и месяцев соответственно коэффициент стойкости нефлюатированного бетона начинает снижаться. Динамика снижения невелика, что объясняется свойствами особо плотного бетона. Флюатированные образцы бетона имели стабильный коэффициент стойкости, равный единице за весь период наблюдений, что объясняется вкладом химической обработки бетона.

Такой подход при проектировании и строительстве сетей водоотведения: использование пластиковых коррозионностойких труб на участках с диаметрами до 500 мм и при больших диаметрах – железобетонных труб повышенной химической стойкости – залог их высокой эксплуатационной надёжности.

Выводы:

1. Трубопроводные системы ЖКХ, отработав несколько десятилетий, вследствие физического износа требуют замены.

2. Зарубежные трубопроводные системы отличаются высокой надёжностью за счёт применения защищённых от коррозии металлических труб и труб из термопластичных материалов, что даёт основание перенести данный опыт на отечественную почву.

3. Новое поколение водоотводящих трубопроводных систем должно обладать высокой эксплуатационной надёжностью, которую могут обеспечить пластиковые трубы на участках сети с диаметрами до 500 мм и желе-

зо-бетонные трубы на основе особо плотных тяжёлых бетонов на участках с диаметрами, превышающими 500 мм.

4. Показано, что повышение долговечности бетонных канализационных трубопроводов, работающих в условиях биологически активных эксплуатационных сред можно осуществить комбинированным физико-химическим методом, основанным на использовании особо плотных бетонов (первичная защита) с химической обработкой готовых изделий раствором кремнефтористоводородной кислотой H_2SiF_6 или её солями (вторичная защита бетона).

Литература:

1. *Исаев В.Н., Хургин Р.Ю.* Трубопроводные коммунальные системы // Сантехника № 3, 2006, Москва, С. 11-21.
2. *Романюк О.М.* Стан мереж водопостачання та водовідведення: загострення проблеми / Водопостачання та водовідведення, Київ, № 2, 2013, С. 20-23.
3. *Дрозд Г.Я., Хвортова М.Ю.* О техническом состоянии канализационных сетей Украины // Водопостачання та водовідведення, Київ, № 1, 2012, С. 34-40.
4. *Ромейко В.С.* Ещё раз о трубопроводах жилищно-коммунального хозяйства России // Трубопроводы и экология, № 1, 2002, С. 16-24.
5. *ДСТУ Б В.2.6 – 145:2010.* Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384:2008; NEQ). Київ: Мінергобуд України, 2010, 52 с.
6. *В.И. Бабушкин.* Защита строительных конструкций от коррозии старения и износа. – Харьков: Вища школа, 167 с.
7. *Инструкция по защите железобетона и каменной кладки лакокрасочными и гидрофобизирующими покрытиями.* – Москва: Госиздательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам. – 1960. – 60 с.
8. *Дрозд Г.Я.* Коррозионные разрушения, прогнозирование степени агрессивности эксплуатационной среды и обеспечение надёжности канализационных коллекторов на стадии проектирования // Вода и экология. Проблемы и решения. – Санкт-Петербург, № 1, 2013 (53), С. 40-59.