

## ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

К.В. Загорский (ООО «ТАРИС»)

*Описываются задачи, решаемые системами телевизионной диагностики, для контроля трубопроводной инфраструктуры водоснабжения и водоотведения. Рассматриваются системы диагностики и мониторинга на основе методов пошагового тестирования и акустической диагностики. Отмечено, что представленные методы направлены на исследование текущего реального состояния трубопроводных систем и могут применяться для предупреждения и предотвращения аварий.*

*Ключевые слова: диагностика, мониторинг, акустическая диагностика, телеинспекция, теледиагностика, трубопровод, утечки, неразрушающий контроль, визуальная диагностика, телеметрия.*

### Введение

Вероятно, некоторым специалистам водного и коммунального хозяйства покажется непривычным, что водопроводные сети и канализационные коллекторы отнесены к трубопроводному транспорту, ведь в привычном обыденном представлении трубопроводный транспорт ассоциируется с магистральными нефте- и газопроводами. Однако трубопровод является лишь способом доставки или отвода продукта. Автор намеренно заостряет на этом аспекте внимание, поскольку это влияет на отношение к предмету и восприятие серьезности поднимаемых вопросов.

Аварии на газопроводах и нефтепроводах, других видах опасного транспорта, таких как железные дороги и высоковольтные линии электропередач способны принести большой материальный ущерб и даже привести к экологической катастрофе. Поэтому диагностике и мониторингу этих транспортных систем традиционно уделяется повышенное внимание, выделяются соответствующие финансовые ресурсы, создаются специализированные службы. Диагностика и мониторинг являются органичной частью цикла управления технической системой и рутинным бизнес-процессом в повседневной деятельности такого транспортного ресурсоснабжающего предприятия по поддержанию инфраструктуры в работоспособном состоянии. Однако аварии на водопроводах и канализационных коллекторах показывают, что состояние этих систем требует управления.

Что же происходило и происходит с диагностикой и мониторингом трубопроводного транспорта в области водоснабжения и водоотведения?

Системы диагностики и мониторинга являются необходимой и неотъемлемой частью системы управления инженерной инфраструктурой. Как известно, цикл управления в обобщенном виде включает такие этапы, как планирование, организацию, исполнение планов и контроль с фиксацией отклонений и последующим внесением корректив на следующем цикле планирования.

Однако осознание необходимости активного управления инженерной инфраструктурой даже в гигантах водяного рынка произошло относительно недавно. Так в 2007 г. руководством ГУП «Водоканал Санкт-

Петербурга» было принято решение о создании системы управления водоснабжением Санкт-Петербурга<sup>1</sup>. Что же говорить о менее крупных предприятиях.

### «Как же мы раньше жили без телеинспекции!?»

Фраза в подзаголовке ярко характеризует позитивную динамику в изменении отношения специалистов водопроводно-канализационного хозяйства к системам диагностики и мониторинга трубопроводов, канализационных коллекторов и водопроводных сетей и, в частности, к системам телеинспекции трубопроводов, которые представляют разновидность методов неразрушающего контроля: визуальную диагностику оборудования в труднодоступных местах.

А ведь было время «всезнайства», когда на предложение приобрести систему телеинспекции (самостоятельную или проталкиваемую – рис. 1, 2) специалисты, в чьи прямые обязанности входит контроль и диагностика состояния трубопроводного хозяйства, отвечали: «Мы и так все знаем», что означало: "Средств не хватает даже на ремонт тех труб, о плохом состоянии которых мы уже знаем, и нам не до закупок оборудования". Однако, оценив на практике возможности и удобство оборудования для профилактической теледиагностики, специалисты убедились в его целесообразности.

Сегодня системами телевизионной диагностики пользуются многие предприятия-владельцы инженерной инфраструктуры, в том числе РЖД, службы инженерной защиты городов и даже аэропорты.

Разумеется, была и остается еще одна «вечная» проблема: как обычно, нет денег. Но времена меняются, и водоканалы, цеха водоснабжения и службы инженерной защиты более охотно приобретают системы телевизионной диагностики трубопроводов. На целесообразность применения такого оборудования указывают, в том числе трагедии с человеческими жертвами, подобные произошедшей в Брянске в январе 2012 г., когда в центре города в канализационный коллектор провалилась мать с коляской, в которой находился полуторагодовалый младенец. После гибели младенца тут же в местном бюджете нашлись деньги на решение множества вопросов, и после прокурорских предписаний по стране прокатилась волна закупок систем теледиагностики.

<sup>1</sup> Портнова Т. Проблемы инженерной инфраструктуры в Петербурге // СТО. Строительство. Технологии. Организация. 2012. №5.



Рис. 1. Самоходный робот-тележка с видеокамерой для теледиагностики трубопроводов



Рис.2. Проталкиваемая система телеинспекции

Брянская трагедия неожиданно остро высветила и показала очень тесную связь таких, казалось бы, очень далеких друг от друга вещей, как безопасность и сохранение жизни людей и диагностика и мониторинг состояния оборудования, в данном случае, состояния канализационного коллектора.

Как показывает практика, вопрос денег — это всего лишь вопрос приоритетов и организации системы управления объектами, включая такие опасные, как трубопроводные системы.

Между тем, системы водоснабжения и водоотведения являются разновидностями трубопроводного транспорта, подобного нефтепроводам, газопроводам, продуктопроводам, за которыми необходим регулярный контроль состояния. И работы в этом направлении ведутся. Так, известно, что МГУП «Мосводоканал» создает автоматизированные системы обнаружения повреждений (разрывов) напорных трубопроводов с использованием датчиков расхода, давления и шума (по данным предприятия).

Таким образом, применение систем диагностики и мониторинга инженерной инфраструктуры, в том числе телевизионной диагностики трубопроводов и мониторинга трубопроводных сетей, ставит на свои места субъект управления — водоканал и объект управления — трубу.

#### **Типовые задачи, решаемые системами теледиагностики трубопроводов**

Как правило, теледиагностика (синоним термина «телеинспекция») проводится на коммунальных трубопроводах, включающих магистральные водопроводы и водостоки, к которым относится ливневая или дождевая канализация, и является плановым мероприятием с установленной периодичностью.

Задачи, решаемые при обследовании сетей водоснабжения, водоотведения и водостока (дождевой канализации).

1. Определение мест повреждения, трещин, смещения стыков и других дефектов для предотвращения

провалов на дорогах и в жилых районах, в том числе предотвращение несчастных случаев, загрязнения улиц сточными водами и вынужденного прерывания водоснабжения.

2. Определение участков трубопроводов, где требуется срочный ремонт и принятие обоснованного решения о способе ремонта. Также это позволяет осуществлять планирование и бюджетирование ремонтных мероприятий вперед в условиях ограниченного финансирования, а не только реагировать на произошедший провал или прорыв.

3. Выявление несанкционированных врезок и подключений.

4. Выявление возникающих засоров и определение причины возможных засоров, в числе тех, которые могут быть причиной смещения стыков, разрушения труб и пр. Иногда причиной засоров и плохого протекания воды в самотечных системах является наличие контруклона. Современные модели систем теледиагностики в своем составе имеют высокоточные инклинометры, позволяющие определить угол уклона с точностью до  $\pm 0,1^\circ$ .

5. Определение диаметров, материала, а также уклона обследуемых трубопроводов. Нередки ситуации, когда эти параметры не отражены в существующей документации на трубопровод.

6. Определение местоположения заасфальтированных и утерянных колодцев.

7. Выдача технического заключения о состоянии сетей и видеотчета. Весь процесс теледиагностики записывается на видеомаягнитофон и документируется. Как правило, современные системы телеинспекции позволяют вводить комментарии прямо на изображение во время самого процесса с помощью специальной клавиатуры.

Кроме того, теледиагностика трубопроводов может решать следующие задачи:

1) контроль во время строительства сетей водоснабжения, водоотведения и водостока. Дает возмож-

ность увидеть качество стыков, смещения, недоделки и недоработки, места скопления строительного мусора и устранить их перед приемкой;

2) приемка сетей водоснабжения, водоотведения и водостока после строительства. Как и в предыдущем пункте, это дает возможность оценить качество проведенных строительных работ, отметить места с мусором и возможными препятствиями для свободного течения потока, чтобы потребовать от строителей устранения недостатков и принять действительно качественный объект. Такая практика существует в Мосводоканале и водоканалах других городов, где производится обязательная приемка сетей после строительства с помощью телеинспекции, и ее экономическая целесообразность установлена и проверена;

3) обследование трубопроводов перед бестраншейной реновацией. При использовании методов бестраншейной реновации трубопроводов, среди которых метод протяжки полимерного чулка с последующим ультрафиолетовым отверждением, протяжка полиэтиленовых труб внутри старого трубопровода, цементно-песчаная облицовка старой трубы и др., необходимо до начала проведения работы провести обследование, выявить все элементы, которые могут помешать проведению таких работ. Препятствиями для бестраншейной реновации могут быть выступающие из труб куски арматуры, отводы, грат либо свищи, через которые происходит инфильтрация воды. Затем с помощью фрезерных и ремонтных роботов препятствующие элементы устраняются: срезается грат, с помощью бандажей заделываются свищи;

4) обследование трубопроводов при промывке. Некоторые участки коллекторов не поддаются очистке, и на них вновь образуются засоры. Только теледиагностика позволяет установить причину возникновения такой ситуации и принять меры по ее устранению;

5) выявление проблемных участков трубопроводов;

6) определение планов профилактических мероприятий;

7) принятие обоснованного решения о способе ремонта поврежденного участка трубопровода, что особенно актуально в условиях ограниченного финансирования ремонтных работ;

8) повышение скорости устранения повреждений за счет использования бандажей для заделки свищей;

9) проверка состояния водозаборных скважин;

10) поиск утечек с целью снижения потерь воды. Такое применение теледиагностики имеет место, но широкого распространения не получило, так как необходимо отключать обследуемый участок сети, вырезать в трубопроводе отверстие для загрузки в трубопровод телеработа или видеокамеры. Тем не менее, такой метод применяется в условиях плотной сети, плотной городской застройки, наличия источников сильного шума, что препятствует использованию акустических методов, и отсутствия возможности лока-

лизовать утечки на 100% другими методами. Помимо поиска утечки возможен ремонт места утечки с помощью пакера без дополнительных земляных работ, что особенно актуально при залегании трубопровода под большой магистралью, трамвайными и железнодорожными путями или иными объектами, где земляные работы невозможны или нежелательны.

Видеоряд с комментариями, полученный с помощью системы теледиагностики, может интегрироваться с электронными моделями инженерных коммуникаций и использоваться для паспортизации сетей, их объектов, оборудования узлов сети (колодцев, камер, источников, насосных станций, распределительных пунктов и т. п.), включаться в архив повреждений (дефектов) для последующего анализа повреждаемости сетей и других задач оперативного управления сетью.

### Системы мониторинга состояния трубопроводных систем

Основной задачей систем мониторинга трубопроводных сетей является поиск утечек с целью минимизации потерь воды. В европейских странах (Англия, Германия) около 25% воды, поступающей с водозабора, до потребителя не доходит и им не оплачивается. В некоторых развивающихся странах утечка составляет 50...70%. Известны новые системы в Северной Европе, где заявляется утечка < 3%.

Необходимо понимать, что ввиду наличия большого числа разного рода соединений, а также постепенного старения и износа трубопроводных систем, объемы утечки растут с течением времени. Поэтому борьба с утечками (их поиск, локализация и устранение) — это регулярный бизнес-процесс предприятий водоснабжения и водопользования. И как в любом бизнес-процессе, существует экономически обоснованный уровень затрат после которого эти затраты на борьбу с утечками дают больше эффекта от уменьшения потерь воды. По данным английских исследований, потери на утечку 10...15% поданной воды являются экономически оправданными. Такой уровень потерь можно было бы назвать «технологическими затратами на передачу», по аналогии с потерями в линиях электропередач в электроэнергетике или на газоперекачивающих станциях, использующих в качестве источника энергии перекачиваемый ресурс. Уменьшение этого уровня сравнимо со стремлением создать сверхпроводимые линии электропередач с нулевыми потерями энергии, но большими затратами на создание условий и поддержание функционирования самой такой линии.

Система мониторинга состояния трубопроводной сети для борьбы со скрытыми утечками (поиска, локализации и устранения) строится по определенной концепции и использует телеметрию, поскольку оснащается устройствами для передачи данных по радиоканалам, сетям сотовой связи. В основе этой концепции лежит разделение водопроводной сети на районы учета и измерение потока на входе в каждый район.

Система мониторинга включает корреляционные течеискатели как аналоговые, так и цифровые. Но поскольку система исследует несколько параметров, в ее состав входит комплекс приборов: расходмеры, датчики давления, трассоискатели и грунтовые микрофоны.

### Средства и методы поиска скрытых утечек в системе мониторинга состояния трубопроводной сети

#### Системы пошагового тестирования

Пошаговое тестирование — это один из самых эффективных методов обнаружения участка в системе водораспределения, на котором имеется крупная течь. Метод заключается в выделении участков, на которых после отключения всех соседних клапанов весь поток может быть направлен через один датчик. Как правило, тестирование производится ночью, когда потребление минимально и наиболее стабильно. Нарушение водоснабжения при этом также сокращается до минимума

При обычном пошаговом тестировании клапаны должны закрываться в определенной последовательности, начиная с наиболее удаленного от измерительного устройства и заканчивая самым близким (рис. 3). После блокирования зоны при помощи центрального клапана определяют, в какой половине зоны находится течь. Затем эта половина зоны так же делится на две части, процедура повторяется до тех пор, пока не будет точно определено место утечки.

Компания Palmer Environmental (Великобритания) предлагает две системы пошагового тестирования,

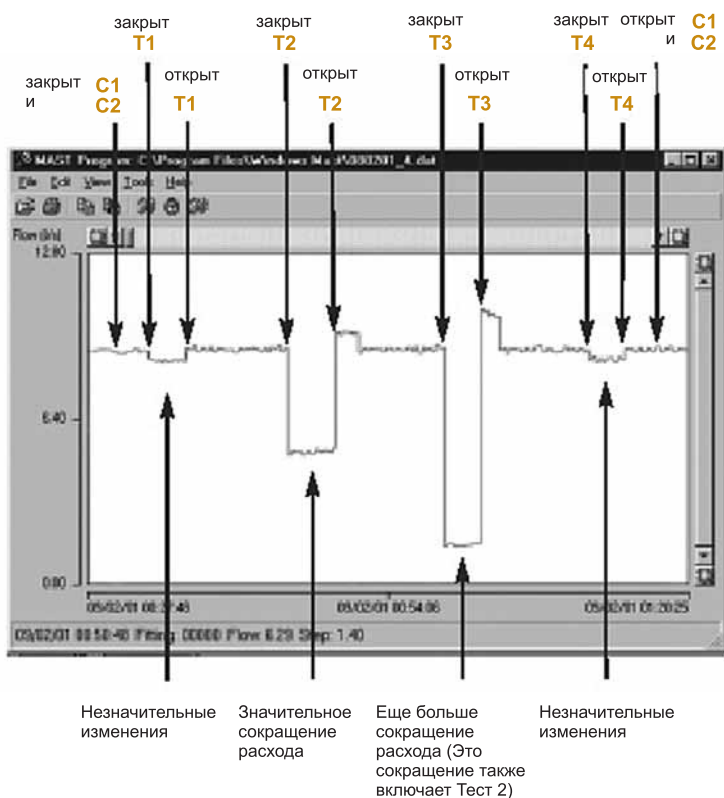


Рис. 3.

позволяющие сократить трудоемкость поиска неисправности. Мобильная система пошагового тестирования MAST использует радиосвязь, Telexlink — мобильную связь GSM. Обе системы позволяют контролировать не только расход, но и давление.

В ночное время (при минимальном потреблении) поэтапно закрываются задвижки, начиная от наиболее удаленных. Выявляются зоны с максимальным потреблением. На основе анализа данных зон выявляются зоны с предполагаемыми утечками.

Затем в работу вступают акустические корреляционные течеискатели и системы мониторинга утечек, которые позволяют выявить участок трубопровода с наиболее вероятной утечкой, и установить (локализовать) точное место утечки по расстоянию от датчиков.

Корреляционные течеискатели — приборы с несколькими высокочувствительными датчиками, размещающимися на разных участках трубопровода с предполагаемой утечкой, замеряющие уровень шумов и посылающие данные на прибор, где происходит сравнение сигналов и вычисление места утечки. Принцип работы корреляционного течеискателя основан на том, что уровень шума в месте утечки обычно выше шума нормально текущей воды в трубопроводе.

Также для уточнения места утечки в системе мониторинга применяются акустические течеискатели, включающие высокочувствительный грунтовый микрофон, усилитель с фильтром, наушники авиационного качества. Используется для прослушивания шумов в грунте в районе залегания трубопровода.

#### Системы для обнаружения шумов утечек

Для решения данной задачи разработана система обнаружения шумов утечек Permalog от компании HWM (Великобритания), являющаяся частью систем пошагового тестирования, наряду с системой локализации утечки SoundSens.

Система включает датчики Permalog+, которые можно использовать в наборе от 1 до нескольких десятков и сотен штук (в зависимости от размера исследуемого района и срочности исследования). Эти высокотехнологичные устройства представляют собой регистраторы уровня звуковых колебаний, имеющие автономный источник питания со сроком службы до 5 лет, надежно водоизолированные (IP68) и заключенные в компактный прочный корпус (рис. 4). Датчики легко и быстро можно установить на трубу, используя встроенный магнит. В определенное время (обычно ночью, когда меньше всего потребления и посторонних шумов) датчик включается, и его акустический сенсор начинает воспринимать звуковые колебания трубы.

Серия включения разбивается на множество интервалов, в каждом из которых из-

меряется и запоминается величина услышанного шума в ДБ. Микропроцессор датчика обрабатывает и представляет данные в специальном виде статистической повторяемости. Таким образом, исключается влияние случайных шумов, а искомый постоянный звук утечки воды определяется по наличию пика в статистическом распределении измеренных значений. Для проверки результатов может производиться несколько серий измерений.

Каждый датчик Permalog+ может принимать и передавать данные по радиоканалу с частотой 434 МГц и мощностью до 10 мВт (разрешен Министерством связи РФ без приобретения специального разрешения). Сигнал проходит даже через закрытую чугунную крышку люка (имеются несколько вариантов антенн).

Комплект оборудования по сбору информации с датчиков Permalog+ зависит от выбранного способа передачи данных:

а) обход/объезд территории, где установлены датчики Permalog+, патрулируется 1...2 работниками компании. При этом используется комплект Patroller II, состоящий из блока интерфейса (небольшой переносной прибор, по сути, это радиостанция — преобразователь сигнала) и карманного переносного компьютера, с которым блок интерфейса связывается по беспроводной технологии Bluetooth на расстоянии до 10 м;

б) дистанционный метод: варианты исполнения:

— PermaNet — радиосвязь датчиков сети с базовой станцией, которая затем пересылает сконцентрированные данные через GPRS-Internet на центральную станцию мониторинга;

— PermaNet SMS — для каждого датчика устанавливается SMS-передатчик, связанный с ним по радиоканалу и пересылающий данные отдельным SMS-сообщением на центральную станцию. Есть возможность отправки SMS на мобильный телефон.

#### **Система локализации утечки SoundSens**

Система локализации утечки SoundSens™ (Radcom Technologies, Великобритания) объединяет шумомер и коррелятор в один простой при использовании и эффективный процесс. Датчик-коррелятор SoundSens (рис. 5) является абсолютно водонепроницаемым, способным работать в водной среде, и содержит батарею, которая не нуждается в обслуживании



Рис. 4



Рис. 5

живании в течение 5 лет.

Усовершенствованные цифровые акселерометры и математическая обработка сигналов позволяют получать чистые сигналы даже в трудных условиях. Поэтому система SoundSens может использоваться с различными материалами труб, включая чугун и пластик даже при относительно больших расстояниях.

#### **Заключение**

Диагностика и мониторинг состояния трубопроводного транспорта в системе водоснабжения и водоотведения является важной и неотъемлемой частью процесса управления такими системами и расставляет на свои места субъекта и объекта управления, когда «водоканал управляет трубой, а не труба управляет водоканалом».

Пренебрежение диагностикой и мониторингом трубопроводов может привести и приводит к экономическим потерям, большому материальному и экологическому ущербу, вызвать гибель людей.

Постепенно современные методы диагностики и мониторинга завоевывают признание и доказывают свою целесообразность. В настоящее время на рынке существует большое разнообразие оборудования, систем и методов диагностики и мониторинга состояния трубопроводных систем с разным сочетанием опций для

решения широкого круга задач. В этих системах используются прогрессивные алгоритмы и концепции, современные программные средства, телеметрия и возможность интеграции с разнообразным внешним периферийным оборудованием, системами коммуникаций и ПО.

Применение систем мониторинга и диагностики позволяет отслеживать реальное текущее состояние трубопроводных сетей, в том числе не отраженное в действующей документации, анализировать и прогнозировать повреждаемость, контролировать качество выполненных ремонтных, ремонтно-восстановительных и строительных работ, своевременно и обоснованно планировать способы, сроки, объемы и содержание ремонтных и строительных работ, избавиться от внеплановых работ, аварийных перерывов водоснабжения и сбросов стоков из канализационных коллекторов.

*Загорский Константин Викторович — инженер по маркетингу ООО «ТАРИС». Контактный телефон (495) 223-25-18.*