

ОСОБЕННОСТИ ПОИСКА УТЕЧЕК В ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Семенюк Д.Н.,
инженер по внедрению новой техники и технологий,
Служба научно-технических разработок и диагностики энергооборудования
«Энергоналадка Киевэнерго»

Направление деятельности:

- определение мест повреждений подземных трубопроводов тепловых сетей, ЦО, ГВС и водоснабжения;
- определение фактического местоположения и глубины залегания подземных трубопроводов и силовых электрокабелей;
- определение тепловых потерь магистральных трубопроводов тепловых сетей.

Особенности поиска утечек в подземных трубопроводах тепловых сетей

В различных отраслях промышленности и жилищно-коммунального хозяйства используется огромное количество трубопроводов (тысячи километров), работающих под давлением, доступ к которым затруднен (трубопроводы под слоем грунта, воды и т.д.). Как известно, в процессе эксплуатации тру-

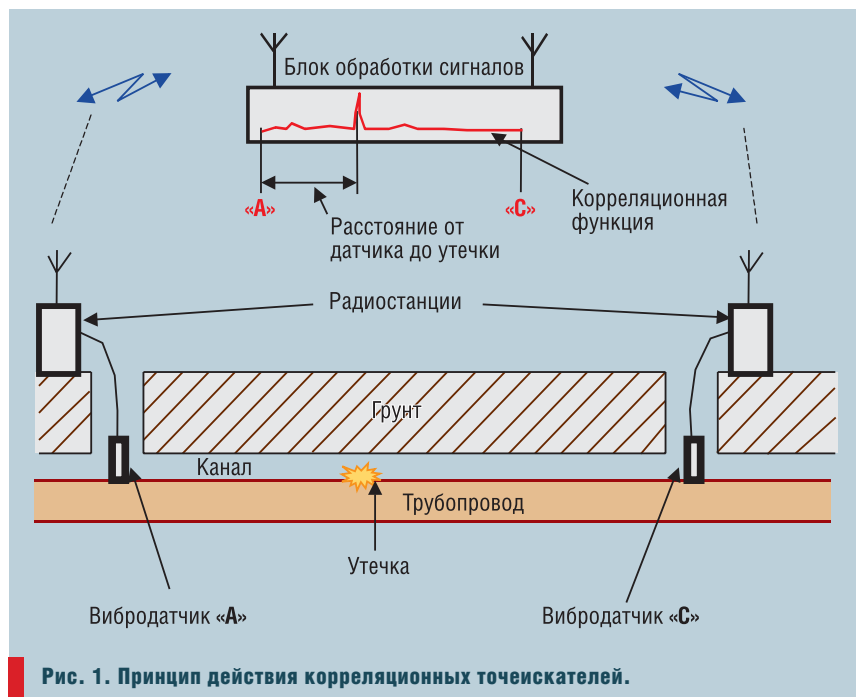


Рис. 1. Принцип действия корреляционных точечкательей.

бопровода зарождаются различные дефекты: трещины, утонения стенки и сквозные дефекты (за счет коррозии металла), расклеивания стыковых соединений (в трубопроводах из ПВХ) и др. Проблема выявления таких дефектов постоянно остается актуальной.

В настоящее время для поиска мест утечек жидкости в трубопроводах, работающих под давлением, городского водо и теплоснабжения широко применяются корреляционные и акустические течеискатели.

Сущность методов поиска заключается в том, что вытекание воды через сквозной дефект сопровождается акустическими сигналами, которые можно зафиксировать на самом трубопроводе или над ним.

При поиске акустическими течеискателями шумы протекания воды регистрируются с помощью датчика вибрации на грунте, над трубопроводом последовательно вдоль диагностируемого

участка (с шагом 0,25...1,0 м). Координата утечки определяется по максимальному уровню вибросигнала в определенной полосе частот. Оптимальная полоса частот зависит от типа трубопровода и условий прокладки.

Обычно при работе с корреляционными течеискателями (КТ) два его вибродатчика располагаются на поверхности диагностируемого участка трубопровода, по обе стороны от утечки. Как правило, датчики располагаются в имеющихся, штатных местах доступа к трубопроводу, расстояние между которыми может достигать нескольких сотен метров (рис. 1).

Акустические сигналы регистрируются датчиком и передаются (по кабелям или по радиосвязи) для дальнейшей обработки в блок оператора течеискателя. Результатом поиска утечки с помощью КТ является расстояние L_u от одного из датчиков до утечки, которое в приборе вычисляется по формуле



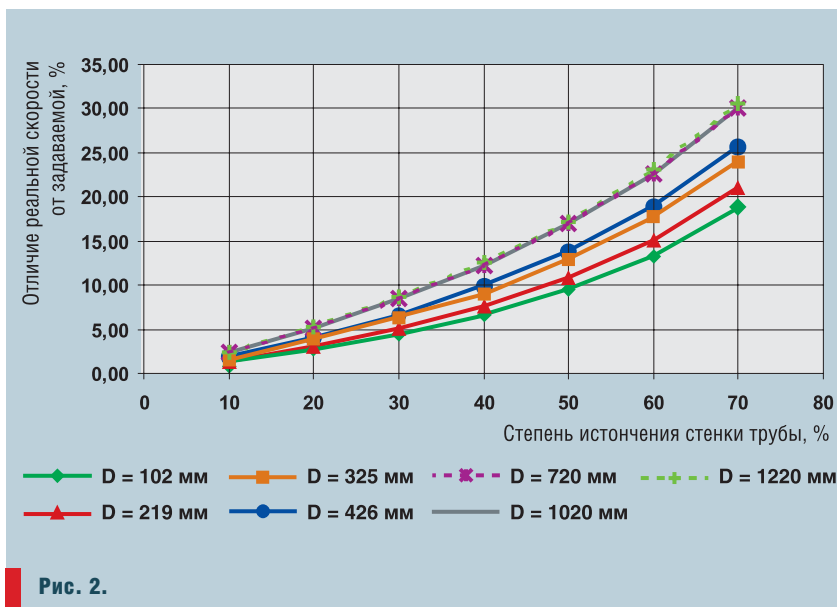


Рис. 2.

$$L_u = L/2 - (\tau_0 \cdot v)/2, \quad (1)$$

где L — расстояние между датчиками;
 v — скорость распространения вибросигналов по трубопроводу;
 τ_0 — разность времен прихода вибросигналов от утечки к датчикам, определяется с помощью функции взаимной корреляции.

При работе на трубопроводах учитывается зависимость скорости от диаметра и материала трубы, а также от температуры воды. Вместе с тем, согласно известной формуле [1], полученной Кортвегом, в выражение для скорости распространения волн в жидкости, заполняющей трубу, входит толщина стенки трубы. Толщины стенок отечественных изношенных трубопроводов может отличаться от исходных в несколько раз. Вследствие этого, согласно упомянутым формулам, реальная скорость $v_{\text{реал}}$ распространения акустических волн вдоль трубопровода может отличаться от задаваемой в приборе скорости приблизительно до 30%. Для наглядности, на рис. 2. представлена диаграмма отклонения реальной скорости распространения волн в жидкости вдоль трубопровода от задаваемой в приборах по поиску утечек с учетом степени износа трубопровода для типовых диаметров, используемых в тепловых сетях: 102 мм, 219 мм, 325 мм, 720 мм, 1020 мм, 1220 мм. Как видно из рис. 2 для больших диаметров (720, 1020 и 1220 мм) отклонения реальной скорости от задаваемой одинаковое в процентном соотношении. Несоответствие реальной скорости значения, заложенному в течеискателе приводит к ошибке $L_{\text{ош}}$ определения координаты утечки.

$$L_{\text{ош}} = (v_{\text{ош}} \cdot \tau_0)/2, \quad (2)$$

где $v_{\text{ош}} = v_{\text{приборная}} - v_{\text{реальная}}$.
 Как видно из рис. 2, величина ошибки определения координаты течи из-за несоответствия реальной скорости значению, заложенному в течеискателе пропорциональна разности времен τ_0 распространения вибросигналов от утечки к датчикам. Это обстоятельство можно использовать путем выбора такого местоположения вибродатчиков, при котором разность времен распространения вибросигналов является наименьшей. Данному методическому приему способствует следующая особенность тепловых сетей. Трубопроводы обычно проложены в каналах из железобетонных коробов или блоков и покоятся на подвижных и неподвижных опорах. Отсутствие демпфирования трубопровода грунтом (за исключением мест затопления и заиливания канала) способствует распространению вибросигналов утечки на достаточно большие для практического применения КТ расстояния. Как правило, избыточное давление в трубопроводе составляет не менее 2 атм. Расстояние между местами доступа к трубопроводу обычно не превышает 200 м. Данные особенности тепловых сетей приводят к тому, что шумы течи, как правило, отчетливо регистрируются вибродатчиками КТ не только в ближайших к повреждению штатных местах доступа к трубам, но и в других местах доступа — теплокамерах, подвалах домов, теплопунктах, бойлерах.

Величина разности времен τ_0 мала, если утечка расположена близко к середине диагностируемого участка трубопровода. Если утечка расположена далеко от центра ДУ, то указанные осо-

бенности ТС часто позволяют искусственно создать условия, при которых величина τ_0 и соответственно ошибка координаты уменьшатся. Это производится путем перестановки ближнего к утечке вибродатчика в соседнюю теплокамеру в направлении от повреждения. Данный прием можно сочетать с «трехточечным» методом определения координаты утечки, при котором за счет дополнительного измерения при существенно измененном расстоянии между датчиками можно определять координату течи без явного задания скорости распространения акустических волн.

Поиск утечек в теплосетях корреляционными течеискателями часто затруднен наличием мощных акустических помех от элеваторов, задвижек, механизмов насосных станций и т.п. Мно-



▲ Использование приборного комплекса К-10.3/А-10



▲ Блок оператора К-10.3



Вибросной радиоблок К-10.3



▲ Установка ВДМ в тепловых сетях

гие помехи сходны по своим характеристикам с шумами утечек. Учитывая многомодовость распространения волн по трубопроводам с канальной прокладкой, акустические помехи нередко приводят к ложным показаниям корреляционных течеискателей. По этому важным этапом поиска утечек в теплосетях является идентификация источника вибросигналов. Для этого в АЭК «Киевэнерго» применяется приборный комплекс К-10.2/А-10. Комплекс разработан специально для диагностики теплосетей, по заказу АЭК «Киевэнерго», отделом технической диагностики Института проблем моделирования в энергетике при участии Службы научно-технических разработок и диагностики энергооборудования «Энергоналадка Киевэнерго», который состоит из корреляционного К-10.2 и акустического А-10 течеискателей [2]. В настоящее время разработан новый комплекс К-10.3/А-10.

Комплекс предназначен не только для определения местоположения утечки на известном поврежденном участке, но и для оперативного поиска поврежденного участка теплосети. Это важно в случаях, когда явные признаки повреждения отсутствуют. Поиск поврежденного участка ведется с помощью приспособленного для этого аку-

стического течеискателя А-10 и датчика с магнитным держателем (ВДМ) от течеискателя К-10.2 путем проведения измерений уровней вибрации трубопровода в теплокамерах обследуемой ветви теплосетей.

Поиск утечек с помощью приборного комплекса К-10.2/А-10 не ограничивается определением координаты наиболее мощного источника шума на трубопроводе. Такой подход часто приводит к ошибкам, поскольку кроме утечки на трубопроводе имеются другие источники шума — бойлера, элеваторы, насосы, шумы в задвижках и пр. По этому комплекс К-10.2/А-10 приспособлен для работы в условиях нескольких источников шумов и для их идентификации следующим образом:

1) Корреляционный течеискатель К-10.2 имеет специальный режим, в котором оператору в наглядной и удобной форме представляются параметры источников шума: частотный диапазон, мощность, качество, координата.

2) Акустический течеискатель А-10 приспособлен для работы как снаружи, так и внутри теплокамер и имеет необходимые для этого характеристики, такие как: очень малые размеры, крепкий металлический корпус, цифровая многозарядная индикация уровня сигнала с подсветкой и возможность подключения датчиков с магнитным держателем для крепления на трубопроводе и точного измерения уровней вибрации на трубах в теплокамерах в различных точках. В большинстве случаев это дает возможность определить направление прихода вибросигналов и выявить их источник.

С помощью течеискателя А-10 проводят измерение уровней вибросигналов как на поверхности грунта, так и на поверхности трубопровода. В этих условиях, учитывая отсутствие демпфирования трубопроводов грунтом, динамический диапазон регистрируемых вибросигналов и соответственно измеряемых уровней вибрации достигает 100 дБ. Особенно важно это учитывать при поиске поврежденного участка теплотрассы на разветвленной системе теплосети путем сравнения уровней вибрации труб в разных местах доступа. По этому течеискатель А-10 имеет простую в применении, многозарядную цифровую индикацию уровней вибрации, позволяющую быстро составить карту уровней шумов и по ней выявить поврежденный участок. Прибор А-10 хорошо себя зарекомендовал при поиске утечек во внутридомовых систе-

мах отопления и водоснабжения на ПВХ трубопроводах.

Распространение вибросигналов по трубопроводу происходит в виде нескольких волн с различными скоростями, из-за чего корреляционная функция часто размывается и ее интерпретация становится неоднозначной. В таких случаях важно не ошибиться в выборе диапазона частот с достоверными показаниями координаты источника шума. Для выбора частотного диапазона корреляционной функции с достоверными показаниями в течеискателе К-10.2 реализован режим частотного анализа корреляционных функций. Этот же режим применяется в случаях нечетких показаний корреляционной функции, вызванных сильным затуханием вибросигналов утечек, а также при наличии более одной течи.

Как видно из формулы (1), в неё входит параметр — расстояние между датчиками, которое часто определяют по чертежам и схемам прокладки инженерных сетей. Из личного опыта известно, что в 50 % случаев схемы не соответствуют действительности или отсутствуют. Часто, особенно на малых диаметрах, не указываются температурные компенсаторы, повороты, точное направление трубопровода и т.п. Чтобы избежать ошибки при задании расстояния между датчиками, т.е. длины трубопровода включая все повороты, температурные компенсаторы, спуски и подъёмы, нужно определить фактическое местоположения трубопровода. Для этой цели используют трассопоисковый комплект приборов, который предназначен для бесконтактного определения фактического местоположения и глубины залегания подземных металлических трубопроводов, действующих силовых и связных кабелей, а также других металлических протяжённых подземных коммуникаций.

В заключение следует сказать, что упомянутые методические и приборные средства позволили на трубопроводах теплосетей АК «Киевэнерго» обеспечить определение мест утечек с вероятностью не менее 0,9 с погрешностью до 1 метра. □

Литература

1. Бергман Л. Ультразвук. — М.: ИИЛ, 1957. — 726 с. — С. 393.
2. Безпрозванный А.А., Владимирский А.А., Владимирский И.А., Ненюк А.Т. Повышение достоверности поиска утечек трубопроводов тепловых сетей // Энергетика и электрификация. — 2000. — N 2. — С. 29-32.