

УДК 697.34+534.88

УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРОДСКИХ ТЕПЛОСЕТЕЙ ПРИ ПОИСКЕ УТЕЧЕК**Безпрозванный А.А.¹, Владимирский А.А.², Владимирский И.А.¹, Семенюк Д.Н.¹**

¹Філіал Енергоналадка АК “Киевэнерго”
 Киев, ул.Красногвардейская, 20а, тел.: 239-45-80, 551-66-57,
 e-mail: sntr@kievenergo.com.ua

²ІПМЭ НАН України,
 Киев, ул. ген. Наумова, 15, тел.: 569-43-73

1.В связи с ухудшением технического состояния трубопроводов тепловых сетей в городах Украины из-за длительной их эксплуатации, отсутствия возможности проведения широкомасштабных плановых перекладок трубопроводов и большой стоимостью земляных работ, все более актуальным становится решение задачи оперативного и точного определения мест утечек.

В настоящее время при поиске утечек в трубопроводах городского теплоснабжения широко применяются корреляционные и акустические течеискатели.

Обычно при работе с корреляционными течеискателями (КТ) два его вибродатчика располагаются на поверхности диагностируемого участка трубопровода (ДУ) по обе стороны от утечки. Как правило датчики располагаются в имеющихся, штатных местах доступа к трубопроводу, расстояние между которыми достигает нескольких сотен метров. Результатом поиска утечки с помощью КТ является расстояние L_u от одного из датчиков до утечки, которое в приборе вычисляется по формуле

$$L_u = \frac{L}{2} - \frac{\tau_0 v}{2} \quad (1)$$

где L - расстояние между датчиками, v - скорость распространения вибросигналов по трубопроводу, τ_0 - разность времен прихода вибросигналов от утечки к датчикам.

Величина τ_0 определяется по взаимной корреляционной функции (ВКФ) $R_{AB}(\tau)$ сигналов от датчиков “А” и “В”, например, исходя из условия

$$R_{AB}(\tau_0) = \max_{\tau} (R_{AB}(\tau)) \quad (2)$$

В качестве исходных данных при вычислении координаты утечки используется скорость v распространения акустических волн, генерируемых повреждением. При работе на трубопроводах теплосетей учитывается зависимость скорости от диаметра и материала трубы, а также от температуры воды. Вместе с тем, согласно известным формулам, полученным Кортвегом и Н.Е. Жуковским, в выражение для скорости распространения волн гидравлического удара в воде входит толщина стенки трубы d .

Толщины стенок отечественных изношенных теплосетей могут отличаться от исходных в несколько раз. Вследствие этого, согласно упомянутым формулам, реальная скорость $v_{реал.}$ распространения акустических волн вдоль трубопровода может отличаться от задаваемой в приборе скорости $v_{приб.}$ на 2-30%. Для наглядности, на рис.1. представлена диаграмма отличия реальной скорости распространения волн вдоль трубопровода от

задаваемой в приборах по поиску утечек, учитывая степень износа трубопровода для типовых диаметров, используемых в тепловых сетях, 102 мм, 219 мм, 325 мм, 720 мм, 1020 мм, 1220 мм. Несоответствие реальной скорости значению, заложенному в течеискателе приводит к ошибке $L_{ош}$ определения координаты утечки.

$$L_{ош} = \frac{v_{ош} \tau_0}{2}, \quad \text{где } v_{ош} = v_{приб.} - v_{реал.} \quad (3)$$

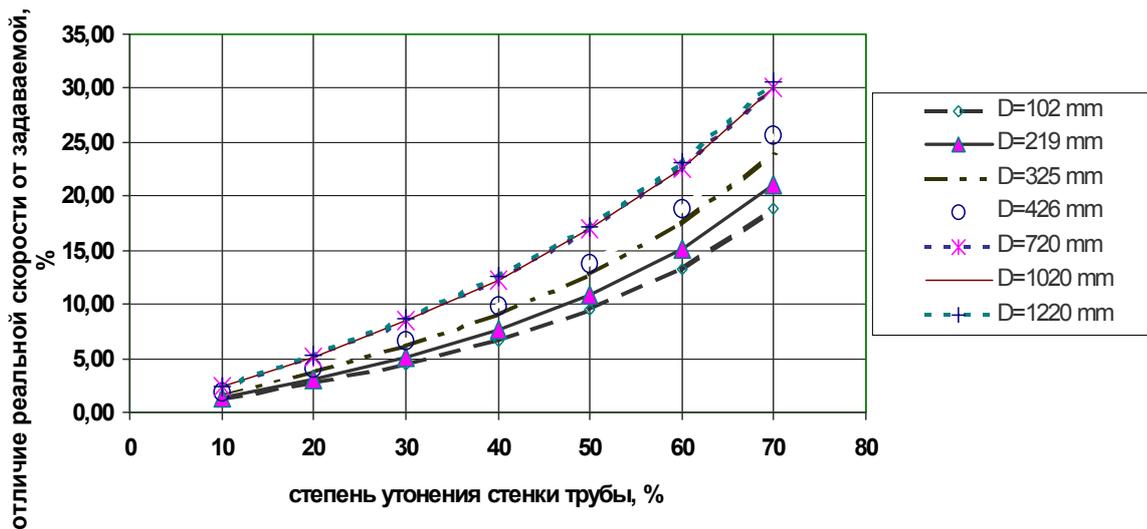


Рис.1.

Как видно из (3), 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.

На рис.2 представлена схема типичной канальной прокладки трубопровода тепловых сетей в г.Киеве. Трубопроводы обычно проложены в каналах из железобетонных коробов или блоков и покоятся на подвижных и неподвижных опорах. Отсутствие демпфирования трубопровода грунтом (за исключением мест 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. Для магистральных теплосетей типичное давление в подающем трубопроводе составляет около 9 атм., в обратном трубопроводе 3 - 6 атм. Расстояние между местами доступа к трубопроводу обычно не превышает 200 м. Данные особенности теплосетей 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.



Рис.2. Схема ДУ ТС

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

Проблемы с дополнительными измерениями корреляционной функции при смещении вибродатчика на расстояние в несколько десятков метров могут возникать при работе на обратных трубопроводах из-за недостаточно высокого в них давления. Вместе с тем, около 80% повреждений приходится на подающие трубы, где давления, как правило, достаточно для формирования свистом акустических волн на необходимом от него расстоянии.

2. Поиск утечек в теплосетях корреляционными течеискателями часто затруднен наличием мощных акустических помех от элеваторов, задвижек, механизмов насосных станций и т.п. Многие 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 АК “Киевэнерго” применяется приборный комплекс К-10.2/А-10. Комплекс разработанный специально для диагностики теплосетей, по заказу АК “Киевэнерго”, отделом технической диагностики Института проблем моделирования в энергетике совместно с филиалом “Энергоналадка” АК “Киевэнерго”, который состоит из корреляционного и акустического течеискателей.

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 акустического течеискателя А-10 и датчика с магнитным держателем 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, 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 многоуровневая 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 выяснить 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, многоуровневую цифровую индикацию уровней вибрации, позволяющую быстро составить карту уровней шумов и по ней выявить поврежденный участок.

Распространение вибросигналов, особенно на трубах более 400 мм, 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.

В ходе продолжительной работы по поиску утечек акустическим течеискателем оператор обычно испытывает сильную акустическую нагрузку на слуховой аппарат. Для снижения этой нагрузки акустический течеискатель А-10 имеет постоянно включенную функцию защиты слуха оператора.

В заключение можно сказать, что упомянутые методические и приборные средства учета особенностей теплосетей позволили в АК “Киевэнерго” резко поднять достоверность поиска утечек в магистральных теплосетях, о чем свидетельствует пятилетний опыт применения данных средств.