

1. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара / Л.А.Залманзон. – М.: Наука, 1989. – 496 с.
2. Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. – М.: Техносфера, 2006. – 855 с.
3. Мохор В.В. Основы теории синтеза вычислительных устройств в базе разрядных функций / В.В. Мохор. – К: Научная мысль, 1997. – 191 с.
4. Максименко Е.В. Повышение продуктивности компьютерных моделей на основе применения разрядных спектров/ Е.В. Максименко // Ежегодная научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов (Киев, 15-16 января 2014 г.): научно-практ. конф.: тез. док. – К., 2014.
5. Максименко Е.В. Особенности реализации теоремы о свертке в базах ортогональных функций/ Е.В. Максименко // Ежегодная научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов (Киев, 15 января 2015 р.): научно-практ. конф.: тез. док. – К., 2015.
6. Смирнов В.И. Курс высшей математики / В.И. Смирнов. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1953. – 626 с.
7. <http://kibia.ru/teachers/kreindelin/pdf/8.pdf>
8. <http://www.dsplib.ru/content/propdft/propdft.html#r4>

Поступила 5.10.2015р.

УДК 681

И.А.Владимирский, г.Киев.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ МЕТОД ПОИСКА УТЕЧЕК ПРИ ОДНОСТОРОННЕМ ДОСТУПЕ К ТРУБОПРОВОДУ

Представлено кореляційний метод пошуку витоків з використанням акустичного шуму течі на трубопроводі і на поверхні ґрунту над трубопроводом. Показано критерій виявлення витоків і приклад його застосування.

Представлен кореляційний метод пошуку утечек с использованием акустического шума течи на трубопроводе и на поверхности грунта над трубопроводом. Показаны критерий выявления утечки и пример его применения.

Correlative method of leaks searching by using acoustic leak noise on the pipeline and on the ground surface above the pipeline is represented. The criterion of leakage detection and example of its use is shown.

Ключові слова: трубопровід, витік, течешукач.

Ключевые слова: трубопровод, утечка, течешукач.

Keywords: pipe, leak, leak detector.

Введение и постановка задачи. Рост сроков эксплуатации подземных трубопроводных сетей водо и теплоснабжения, увеличение их износа сопровождается постоянным повышением их повреждаемости.

Необходимость ежегодного увеличения интенсивности поиска утечек, особенно в разнообразных условиях крупных городов, усиливает внимание к различным затруднительным ситуациям, возникающим в ходе оперативного выполнения полевых работ. Одна из таких ситуаций состоит в следующем.

В настоящее время наибольшее распространение при поиске утечек в напорных подземных трубопроводах получили так называемые корреляционные и акустические течеискатели. Принцип действия корреляционного течеискателя основан на регистрации двух акустических сигналов от утечки на поверхности трубопровода двумя датчиками, устанавливаемыми по обе стороны от повреждения. Как правило, расстояние между датчиками (длина диагностируемого участка трубопровода) составляет 50-300 м. Одним из необходимых условий успешного применения течеискателя является необходимость регистрации ее акустического шума непременно обоими датчиками. По этому затруднения возникают при невозможности по каким-либо причинам зарегистрировать шум течи на трубопроводе с одной из сторон от повреждения. Это происходит при:

- отсутствии физической возможности доступа к поврежденному участку трубопровода с одной из его сторон;
- слишком большом затухании акустического сигнала утечки при его распространении к одному из двух ближайших к повреждению имеющихся мест доступа к трубопроводу;
- поступлении на поврежденный участок трубопровода с одного из его концов мощной акустической помехи, которую не удастся устранить.

В вышеперечисленных случаях, как правило, делается попытка определить местоположение утечки с помощью другого прибора - акустического течеискателя, датчик которого устанавливается на грунт с целью определения места утечки по повышенному над ней уровню акустического шума. Однако из-за мощных уличных акустических помех в городских условиях, при малой мощности акустического шума небольшой течи, при невысоком давлении в трубопроводе, выявить место повреждения с помощью обычного акустического течеискателя, фиксируя лишь уровень акустического шума в грунте над трубопроводом, бывает затруднительно. В связи с этим одной из задач совершенствования средств и методов определения координат утечек является достижение успеха при выполнении диагностических работ в описанных ситуациях.

Предлагаемое решение задачи. Неудачный поиск утечки по уровню акустического шума в грунте чаще всего обусловлен постоянным присутствием в регистрируемом сигнале, кроме шума течи в пределах его основной полосы частот, мощного, статистически не связанного с утечкой, акустического уличного шума (от транспорта, ремонтно-строительных работ, пешеходов, стационарного оборудования и т.п.). Отношение уличной помехи к шуму течи в грунте на уровне 20 дБ можно считать пределом, выше которого определить место течи по уровню ее шума в грунте становится проблематично. В то же время, аналогичный порог для корреляционного

метода составляет около 40 дБ. Данным преимуществом можно воспользоваться, установив корреляционную связь между сигналом утечки в грунте и сигналом от той же утечки, но зарегистрированным на трубопроводе в имеющемся доступном к нему месте. Сигналы на трубопроводе почти всегда надежно защищены слоем грунта от уличных акустических помех. Данный подход особенно перспективен в случаях, когда шум течи отчетливо прослушивается на трубопроводе, а значит доходит по нему с большим отношением сигнал/помеха. Тогда шум трубопровода может быть эффективно использован в качестве опорного сигнала при поиске места утечки по грунту корреляционным методом.

Покажем это на примере.

Поиск утечки проводился в октябре 2015 г. в г. Киеве по адресу ул. Каунасская 3б. Диаметр трубопровода 100 мм. Длина участка 73 м. Схема участка представлена на рис.1. Расстояние от тепловой камеры (ТК) с установленным в ней на поврежденном трубопроводе датчиком опорного сигнала до утечки 48 м.

Измерения проводились с помощью течеискателей корреляционного К-10.3м [1] и акустического А-10Т2 [2] разработки ИПМЭ им. Г.Е.Пухова НАН Украины, применяемых в ПАТ "КИЕВЭНЕРГО" для производственного поиска утечек.

В приведенном примере один из датчиков вибрации течеискателя К-10.3м, подключенный к первому радиоблоку К-10.3м, установлен в тепловой камере (ТК) на поврежденном трубопроводе для получения опорного сигнала. Датчик течеискателя А-10Т2, подключенный ко второму радиоблоку течеискателя К-10.3м, последовательно устанавливался на грунт над тепловой трассой. Для каждого положения датчика вычислялась оценка ВКФ сигналов в грунте и на трубопроводе.

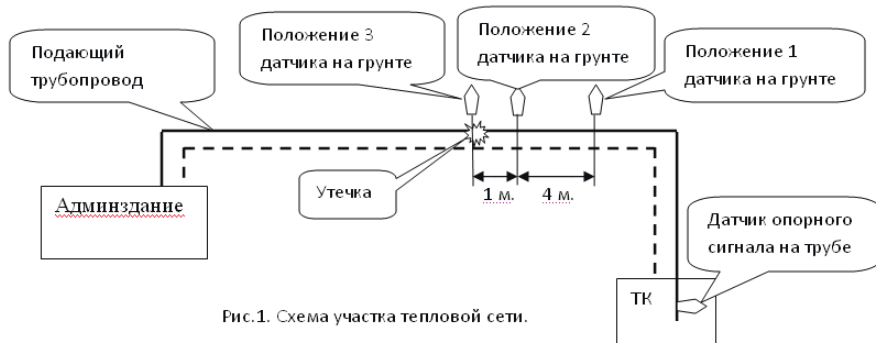


Рис.1. Схема участка тепловой сети.

На рис.2 представлены графики модифицированных взаимных корреляционных функций (ВКФ) опорного акустического сигнала, снятого с трубопровода в ТК с сигналами датчика на грунте в положении 1, 2 и 3, см. рис.1.

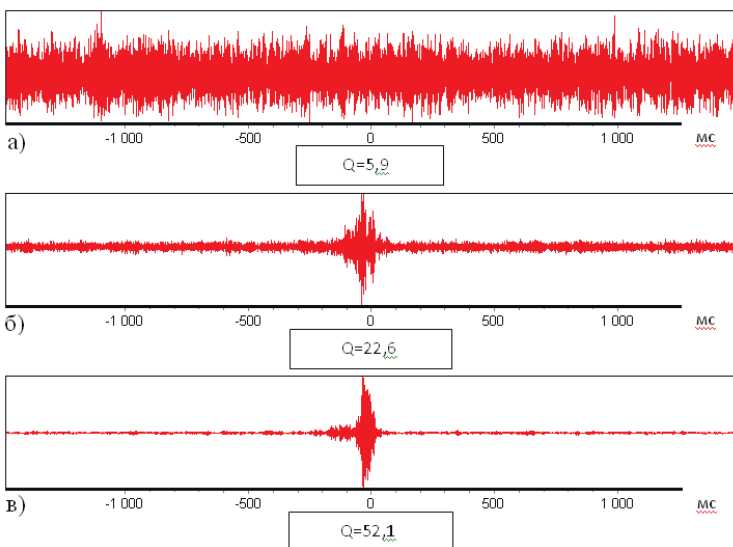


Рис.2. Вид ВКФ опорного сигнала в ТК и сигнала от датчика на грунте в положении 1 (а) в положении 2 (б) и в положении 3 (в), см.рис.1.

В качестве критерия приближения датчика А-10Т2 к месту утечки показательно ведет себя критерий отношения максимума оценки ВКФ к средней величине амплитудных значений осцилляций ВКФ или к ее среднеквадратичному значению (СКЗ) - значение параметра Q , показанное на рис.2.

Выводы.

1. Несмотря на существенное физическое различие каналов распространения акустического шума утечки к датчику на трубопроводе и к датчику на грунте, показана яркая корреляционная связь между регистрируемыми акустическими шумами.
2. Показана чувствительность критерия в виде отношения максимума корреляционной функции к ее СКЗ к расстоянию от датчика на грунте до утечки.
3. Полученные результаты позволили усовершенствовать методику поиска утечек в затруднительных, нестандартных ситуациях.

1. А.А.Владимирский, И.А.Владимирский, Н.П.Савчук, А.А.Криворот, И.П.Криворучко. Разработка корреляционного теческателья К10-3М. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 56, Київ, 2010р.-с.43-46.

2. А.А.Владимирский, И.А.Владимирский, А.И. Дрозденко. Модернизированный термоакустический теческатель А-10Т2. Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України. Вип. 70, Київ, 2014р.-с.93-97.

Поступила 1.10.2015р.