

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 550.812.14

Гапоненко Сергей Олегович, Кондратьев Александр Евгеньевич**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПОИСКА СКРЫТЫХ КАНАЛОВ, ПОЛОСТЕЙ И ТРУБОПРОВОДОВ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

Необходимость разработки новых методов и методик поиска скрытых каналов, полостей и трубопроводов, из которых наиболее перспективным, по мнению авторов, является акустический метод с использованием резонансных явлений. Для реализации предлагаемого метода разработан и изготовлен измерительно-диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов с программным обеспечением.

Ключевые слова: диагностика, трубопровод, резонансные явления, акустический метод, анализ полезного сигнала.

Sergey Gaponenko, Alexander Kondratiev**ADVANCED METHODS AND PROCEDURES FOR DISCOVERING COVERT CHANNELS, CAVITIES AND PIPELINES WITH VIBRO-ACOUSTIC TECHNIQUE**

There is an urgent need for developing newer methods and techniques for discovering hidden channels, cavities and pipes, of which the most promising, according to the authors, is the acoustic method using resonance. To implement the method proposed there has been designed and manufactured a specific measurement and diagnostics set of equipment to locate hidden pipelines employing respective software.

Key words: diagnostics, pipeline, resonance phenomena, acoustic method, analysis of wanted signal.

ОАО «Казанская теплосетевая компания» («КТК») совместно с ОАО «Генерирующая компания» начала масштабную инвентаризацию многоквартирных домов столицы Республики Татарстан. Для этого была создана рабочая группа, которой до марта 2014 года предстояло выяснить технические возможности установки в многоквартирных домах автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (АИТП) и оценить экономический эффект от реализации проекта перевода жилых объектов от централизованных тепловых пунктов (ЦТП) к АИТП. В ходе реализации программы планировалось ликвидировать 125 централизованных тепловых пункта и одновременно установить в 1,7 тыс. домов автоматизированные индивидуальные тепловые пункты.

По словам заместителя генерального директора по реализации тепловой энергии «КТК» Рима Музаффаровича Галиахметова, проблема заключается в том, что содержать ЦТП и особенно линии горячего водоснабжения (ГВС) до домов довольно накладно: внутриквартальные сети вместе с ЦТП были переданы «КТК» в крайне изношенном состоянии. «И самое главное, деаэраторы (устройства удаления кислорода из воды) на тот момент уже были выведены из строя. А насыщенная кислородом вода действует на трубы, как наждак, – рассказал Р. М. Галиахметов. – И даже новые трубы при нормативе службы в 20 лет выходят из строя уже через 3–5 лет».

С увеличением времени эксплуатации тепловых сетей увеличивается скрытая коррозия, что приводит к увеличению количества остановок оборудования и к серьезным авариям, которые наносят непоправимый ущерб окружающей среде, экономике и нередко бывают причиной гибели людей. Поэтому надежная работа тепловых сетей – проблема не только техническая, но и социальная, по-

скольку напрямую затрагивает интересы населения. И для обеспечения безопасной эксплуатации тепловых сетей требуется постоянно увеличивать объемы и качество комплексного диагностирования, материального и финансового обеспечения работ по ремонту и реконструкции объектов.

В настоящее время для обнаружения подземных инженерных коммуникаций наибольшее распространение получил индукционный метод поиска. В основе метода лежит наличие электромагнитного поля вдоль проводника с током. Для проведения обследования местности перед проведением работ, трассировки инженерных коммуникаций и поиска неисправностей кабельных линий необходим комплект поискового оборудования, состоящий из генератора и универсального приемника. Источником тока специальной частоты является генератор, подключенный к искомой инженерной коммуникации. Однако этот метод не обеспечивает высокой достоверности и избирательности определения расположения трубопроводов. Кроме того, применение данного метода невозможно для поиска неметаллических объектов.

Для решения указанных недостатков разработан способ определения расположения трубопроводов. Проведены теоретические и экспериментальные исследования, подтверждающие эффективность применения предлагаемого технического решения.

Способ реализуется следующим образом (рис. 1).

На персональном компьютере 1 производят поиск резонансной частоты трубопровода 6 в диапазоне от 800 до 3100 Гц. Преобразование выходного сигнала персонального компьютера 1 в аналоговую форму производится ЦАП 2, а усиление сигнала, поступающего на динамический излучатель 4, усилителем 3. После регистрации резонансной частоты трубопровода 6 чувствительный элемент 7 перемещают над грунтом в сторону сохранения максимальной амплитуды колебаний грунта на заданной частоте. Регистрация сигнала персональным компьютером 1 производится АЦП 8. Для повышения достоверности определения расположения трубопровода поиск повторяют на других резонансных частотах, находящихся в диапазоне от 800 до 3100 Гц.

Предлагаемый способ обеспечивает высокую достоверность обнаружения как неметаллических, так и металлических трубопроводов [1].

На рис. 1 изображено устройство, реализующее предлагаемый способ определения расположения трубопровода.

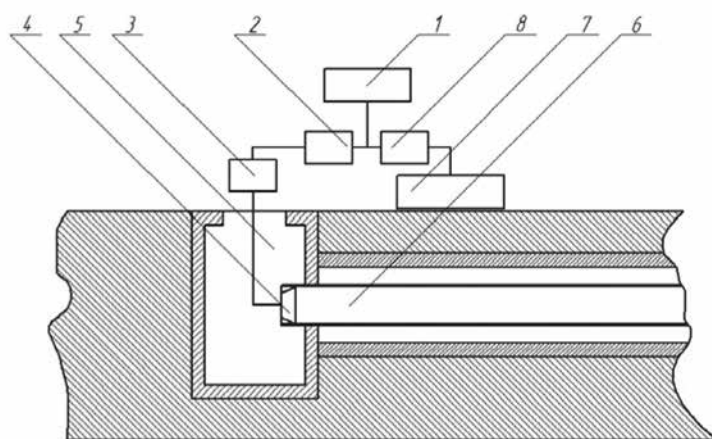
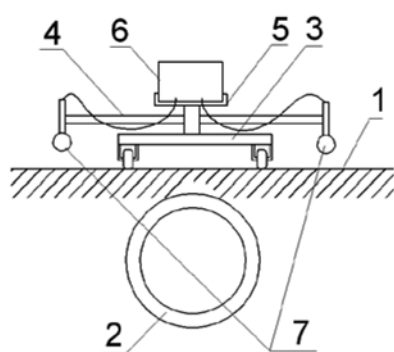


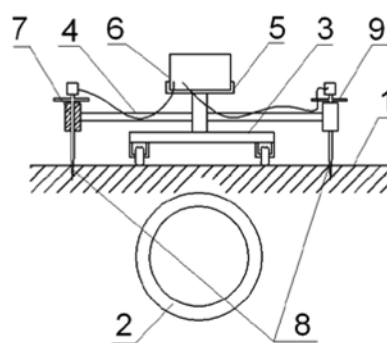
Рис. 1. Устройство, реализующее предлагаемый способ определения расположения трубопровода:

- 1 – персональный компьютер, 2 – цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), 3 – усилитель сигнала, 4 – динамический излучатель, 5 – колодец, 6 – трубопровод, 7 – чувствительный элемент, 8 – аналогово-цифровой преобразователь (АЦП)

Задачей предлагаемого способа и реализующего его устройства (рис. 2) является создание устройства для определения расположения трубопроводов и поиска мест утечек рабочей среды, позволяющего упростить процесс сканирования поверхности грунта, а также обеспечить достоверное обнаружение трубопроводов различных диаметров и материалов [2, 3].



- 1 – поверхность грунта;
- 2 – трубопровод;
- 3 – тележка;
- 4 – телескопическая штанга;
- 5 – люлька;
- 6 – вычислитель разности акустических сигналов;
- 7 – микрофон.



- 1 – поверхность грунта;
- 2 – трубопровод;
- 3 – тележка;
- 4 – телескопическая штанга;
- 5 – люлька;
- 6 – вычислитель разности вибросигналов;
- 7 – фиксирующее кольцо;
- 8 – штырь с пьезоэлектрическим датчиком;
- 9 – рукоять.

Рис. 2. Устройство для определения расположения трубопроводов и поиска мест утечек рабочей среды

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Внешний вид экспериментальной установки представлен на рис. 3.

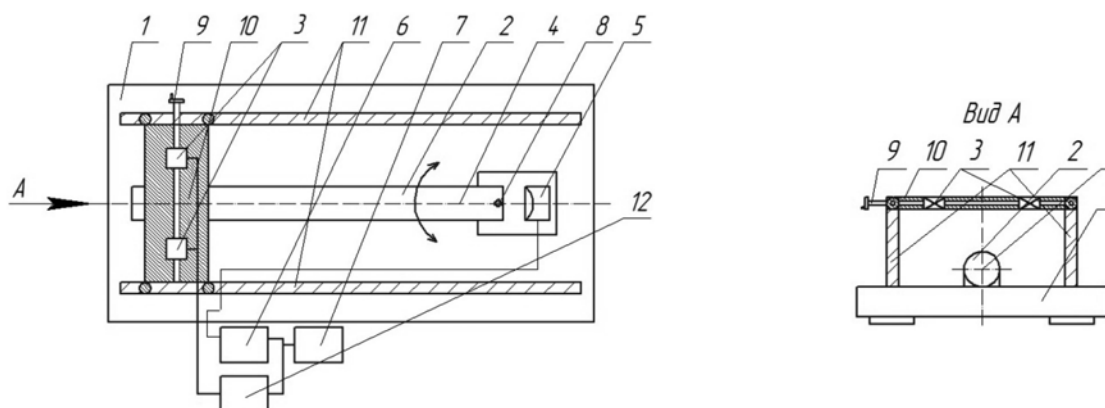


Рис. 3. Экспериментальная установка:

- 1 – основание; 2 – исследуемый трубопровод; 3 – чувствительный элемент (микрофон); 4 – продольная ось исследуемого трубопровода; 5 – акустический излучатель; 6 – цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП); 7 – персональный компьютер (ПК); 8 – шарнирное крепление исследуемого трубопровода к основанию; 9 – устройство перемещения чувствительных элементов; 10 – каретка; 11 – направляющая каретки; 12 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП)

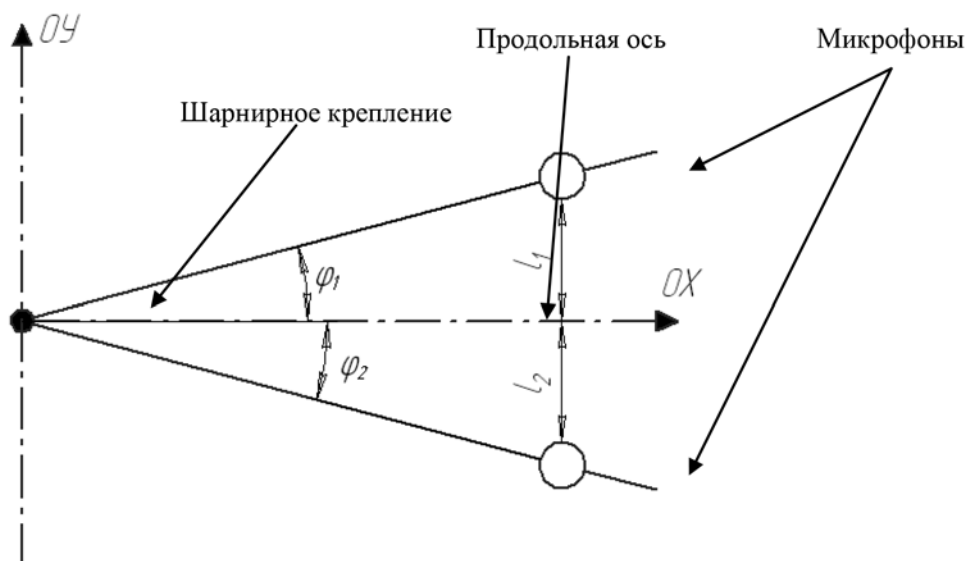


Рис. 4. Схема проведения экспериментальных исследований

Принцип работы устройства заключается в регистрации микрофонами 3 акустических сигналов, которые возбуждаются в исследуемом трубопроводе 2 акустическим излучателем 5 [4].

Установка имеет массивное виброустойчивое основание 1, на котором шарнирно закреплен конец исследуемого трубопровода 2. На этом же конце трубопровода 2 устанавливают акустический излучатель 5.

Микрофоны 3, расположенные на каретке 10, устанавливают над трубопроводом 2. С помощью персонального компьютера 7 производят поиск резонансных частот колебаний трубопровода 2. Преобразование выходного сигнала персонального компьютера 7 в аналоговую форму производится ЦАП 6. Каретка 10 имеет возможность перемещения по направляющим 11 вдоль исследуемого трубопровода 2, ось которого можно отклонить от направляющих при помощи шарнирного крепления 8. Таким образом, можно варьировать расстояние от трубопровода 2 до микрофонов 3.

Экспериментальные исследования для отработки предлагаемого способа и программного обеспечения проводились в соответствии со следующим алгоритмом.

АЛГОРИТМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Перед началом эксперимента обязательным условием является калибровка измерительной системы экспериментальной установки.

Экспериментальные исследования выполнялись в следующей последовательности:

1. Микрофоны устанавливались на равные расстояния от продольной оси исследуемого трубопровода. На рис. 4 изображено исходное положение трубопровода, из которого видно, что соблюдается равенство углов φ_1 и φ_2 , а также расстояний l_1 и l_2 .
2. На акустический излучатель подавался гармонический сигнал качающейся частоты в диапазоне от 500 до 4000 Гц. Производился поиск резонансной частоты трубопровода по наличию максимума амплитуд принимаемых микрофонами сигналов.
3. Акустическим излучателем в трубопроводе возбуждался сигнал резонансной частоты, который регистрировался микрофонами. Сигнал с микрофонов поступал в персональный компьютер, где производилась его оцифровка для последующего сравнения. Измерения проводились при различных углах φ_1 и φ_2 отклонения трубопровода от продольной оси (OX) установки, при которых изменялись расстояния до микрофонов l_1 и l_2 .

4. Сравнивались амплитуды принятых двумя микрофонами сигналов. В случае несовпадения положения исследуемого трубопровода с осью ОХ разница амплитуд сигналов, принимаемых микрофонами, должна быть пропорциональна расстояниям l_1 и l_2 .
5. Для повышения достоверности результатов при каждом положении исследуемого трубопровода проводилось не менее трех измерений.

Предварительные результаты, проведенные с помощью предложенного способа и разработанного в КГЭУ программного обеспечения на экспериментальной установке, показали возможность получения достоверной информации об изменении расстояния от оси трубопровода до чувствительных элементов. В перспективе дальнейших исследований планируется отработка способа на натурных объектах.

Литература

1. Кондратьев А. Е., Загретдинов А. Р., Гапоненко С. О. Способ определения расположения трубопроводов: пат. Рос. Федерация, заявитель и патентообладатель КГЭУ. № 2482515; заявл. 15.12.2011; опубл. 20.05.2013.
2. Кондратьев А. Е., Загретдинов А. Р., Гапоненко С. О. Устройство для определения расположения трубопроводов и поиска мест утечек рабочей среды: пат. 120784, Рос. Федерация. № 2012115909/28; заявл. 19.04.12; опубл. 27.09.12. Бюл. № 27. 2 с.
3. Кондратьев А. Е., Загретдинов А. Р., Гапоненко С. О. Устройство для определения расположения трубопроводов и поиска мест утечек рабочей среды: пат. 120785, Рос. Федерация. № 2012115910/28; заявл. 19.04.12; опубл. 27.09.12. Бюл. № 27. 2 с.
4. Кондратьев А. Е., Загретдинов А. Р., Гапоненко С. О., Мутигуллин Р. З. Измерительно-диагностический комплекс для определения расположения скрытых трубопроводов: пат. Рос. Федерация: заявитель и патентообладатель КГЭУ. № 127203; заявл. 06.12.2012; опубл. 20.04.13.