

## МЕТОДЫ ПОИСКА ПОДЗЕМНЫХ ПЛАСТМАССОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ГАЗОМ

*Д. С. СИВАЦКИЙ, канд. техн. наук, доц. В. Ф. ЯНУШКЕВИЧ*

*(Полоцкий государственный университет  
имени Евфросинии Полоцкой)*

*В статье проведено исследование методов поиска местоположений подземных коммуникаций на основе радиоволновой подповерхностной локации. Проведен обзор существующих способов определения местоположения подземных полимерных трубопроводов, исследование современных приборов, использующихся для этих целей, изучение их параметров и физических характеристик. Так же разработана структурная схема прибора подповерхностной локации.*

**Введение.** Трубопроводы из полимерных материалов сравнительно недавно получили массовое распространение. Поначалу они использовались исключительно для устройства водопроводов, но сегодня они распространились практически на все инженерные сети, включая газопроводы. Популярность полимерных труб связана с их невысокой стоимостью, хорошими прочностными и эксплуатационными характеристиками, а главное – с простотой и высокой скоростью монтажа. Но есть у них и несколько минусов – из-за чувствительности к низким температурам их монтаж должен проводиться в строгом соответствии с действующим техническим регламентом, так как даже незначительное нарушение технологического процесса может привести к скорой аварии. Также пластиковые трубы при отсутствии проектной документации достаточно сложно обнаружить, поскольку некоторые аппаратные способы оказываются неэффективными.

Рассмотрим основные виды специализированного оборудования и методы поиска трасс подземных газопроводов.

**Обзор методов поиска полимерных трубопроводов с газом.** В настоящее время при картографировании подземных пластиковых трубопроводов в основном применяются рассмотренные ниже методы поиска, удовлетворяющие условиям трассировки газовых труб [1–3].

*Зонд трассоискатель.*

Проводка зонда внутри трубы и локация его перемещения является, видимо, единственным наиболее простым методом трассировки пластиковых газовых труб, не отмеченных маркерами при прокладке.

Чтобы найти пластиковую трубу в грунте требуется генератор сигналов, внутритрубный зонд или просто жесткий кабель. Пассивный или активный зонд-

генератор излучает сигнал, принимаемый датчиком, что позволяет определить местоположение трубопровода. К особенностям работы можно отнести:

- необходимость доступа внутрь магистрали;
- глубина обнаружения до 5 метров;
- возможное расстояние такого способа не превышает 100 метров.

*Акустический локатор – трассоискатель.*

Позволяет находить полимерные трубы с помощью генератора звуковых волн или с применением генератора ударных импульсов.

Прибор посылает в землю или внутрь трубы аудио сигнал, который резонирует в среде газа, и чувствительные датчики звука улавливают колебания трубопровода на поверхности. Требуется доступ внутрь трубы, или к её наружной поверхности. Рабочее расстояние зоны поиска может достигать 500 метров.

*Радиоволновой локатор – георадар.*

Георадар посылает короткие электромагнитные высокочастотные импульсы под поверхность и улавливает их после отражения от различных поверхностей и слоев грунта. Благодаря высокой чувствительности антенного блока, такой прибор может зондировать грунт на значительную глубину – десятки метров. Георадар является самым быстрым способом поиска коммуникаций, если труба ищется в условиях невысокой концентрации смежных трубопроводов и допустимой электропроводности и влажности почвы. Однако для расшифровки полученной радарограммы необходим опытный специалист высокой квалификации.

Таким образом мы имеем три основных метода поиска газовых пластмассовых трубопроводов в грунте. При этом первый метод – механический зонд-трассоискатель, хотя и является более простым и надежным, возможно применять только в режиме открытого доступа, то есть при отключенной прокачке газа. Поэтому далее будем рассматривать остальные два метода:

- акустической геолокации;
- радиоволновой геолокации.

Они наиболее полно отвечают поставленной задаче, позволяют вести поиск более современными методами, с наименьшими временными и трудовыми затратами. При этом являются высокомобильными, универсальными и экономически наиболее эффективны.

**Обзор приборов поиска полимерных трубопроводов.** *Акустический локатор Klocker Combiphon* фирмы Sewerin. Ударный блок Klocker – "молоток" закрепляется на внешней стороне неметаллической трубы. Посылаемые передатчиком звуковые импульсы по трубе управляются с помощью пульта ДУ по частоте и амплитуде. Местоположение трубы определяется с помощью наземного акустического сенсора Stethophon 04 или аналогичными: T10, A50, A200. Приемник фильтрует шумы и помехи, регулирует чувствительность канала.

Локатор Ultra-Trac фирмы SENSIT Technologies посылает звуковые сигналы в грунт с помощью мощного излучателя. Акустический датчик передает сигнал колебаний трубы в приемный блок, где производится необходимая обработка и отображение глубинного портрета на дисплее.

Локатор GasTracker фирмы Made-SA при работе создает мощную звуковую волну внутри трубы газопровода. При подключении к отводу трубы блока резонатора, с помощью рупорного излучателя передатчик возбуждает в трубе интенсивные колебания. Наземный сенсорный датчик улавливает акустический сигнал от трубы и по блютуз каналу передает данные приемнику (планшету).

Георадар Easy Locator HDR марки MALA. Локатор подземных коммуникаций Easy Locator является совершенным прибором, позволяющим получать полную высококачественную картину залегания объектов. Данные с антенного блока передаются на монитор управления. Он имеет простую и удобную систему позиционирования, высококачественный дисплей отображения, понятный программный интерфейс.

Георадар CrossOver (PinPointR) из серии OKO-3+ фирмы GEODEVICE. Этот современный прибор построен на двухканальной системе, что позволяет вести одновременный сбор данных на двух частотах зондирования. Такое построение позволяет повысить качество результатов сканирования при поиске подземных коммуникаций. Данные из сдвоенного антенного блока передаются в блок управления. Он связан по каналу Wi-Fi с управляющим ноутбуком(планшетом), на котором программа GeoScan32 осуществляет управление параметрами сканирования георадара.

**Разработка устройства для поиска подземных пластмассовых трубопроводов с газом.** Классическая структура радиолокатора подповерхностного зондирования не позволяет сформировать однозначно интерпретируемый глубинный портрет объекта по причине недостаточной разрешающей способности системы. Перспективным путем решения этой проблемы является использование адаптивных алгоритмов "сверхразрешения", которые могут повысить разрешающую способность по радиолокационному портрету до пяти раз в зависимости от отношения сигнал-шум на входе системы. Для практической реализации, необходимо синхронизировать работ приемно-передающего тракта и анализатора спектра для обеспечения возможности анализа одного периода принятого сигнала, как оцифрованной реализации, строго привязанной во временной области к зондирующему сигналу (ЗС).

Структура радиолокатора подповерхностного зондирования, позволяющая формировать одиночные линейно-частотно модулированные (ЛЧМ) радиоимпульсы и обрабатывать их как квазинепрерывное колебание, представлена на рисунке 1. Здесь на выходе смесителя образуются частоты биений, содержащие информацию об объекте зондирования, а отличительной особенностью является наличие генератора пилообразного импульса синхронизированного с блоком оцифровки. Управляющий модуль (Блок Управления) задает период и формирует сигналы запуска

генератора пилообразного импульса и блока оцифровки. Это позволяет изменять временное положение окна анализа относительно начала зондирующего импульса.



**Рисунок 1. – Структура радиолокатора подповерхностного зондирования с формированием и обработкой сверхширокополосных квазинепрерывных ЛЧМ-сигналов**

За счет синхронизации блока оцифровки с передающим трактом, полученные реализации разностных колебаний жестко привязаны к развертке частоты, что позволяет анализировать один период сигнала, содержащий полную информацию о глубинном портрете. Таким образом, появляется возможность применения алгоритмов "сверхразрешения", работающих в реальном масштабе времени.

С учетом рассмотренных принципов построения и системных параметров структура ЛЧМ радара принимает вид, показанный на рисунке 2. Радар включает следующие подсистемы: радиолокационный блок, блок вычислителя, индикаторное устройство, источник питания и органы управления. Устройство управления задает режим работы локатора, формируя с требуемым периодом синхроимпульсы запуска генератора пилообразного импульса и блока оцифровки, включающего: АЦП, тактовый генератор, управляющий контроллер и буферное оперативное запоминающее устройство (ОЗУ). Такое решение позволяет задать временное положение окна анализа относительно момента начала генерации зондирующего импульса.

По приходу синхроимпульса генератор пилообразного импульса формирует один период линейно изменяющегося напряжения, являющегося модулирующим импульсом для ГУН. Генератор, управляемый напряжением, обеспечивает формирование широкополосного ЛЧМ сигнала, который после деления на опорную и зондирующую составляющие подводится к усилителю мощности, обеспечивающему доведение ЗС до заданного уровня и подачу в антенный блок.

Отраженный сигнал регистрируется приемной антенной АБ и поступает через маломощный усилитель на сигнальный вход смесителя, где перемножается с опорным сигналом.

ФНЧ выделяет область спектра, содержащую разностные частоты, соответствующие диапазону зондируемых глубин.

Полученный сигнал биений оцифровывается АЦП.

Тактирование АЦП осуществляется высокостабильным генератором, обеспечивающим фиксированную длительность окна анализа.



**Рисунок 2. – Функциональная схема ЛЧМ-радиолокатора подповерхностного зондирования с высокой разрешающей способностью**

В ОЗУ записывается заданное количество отсчетов его реализации. После заполнения буфера памяти блок оцифровки передает полученную реализацию сигнала на спецвычислитель, где происходит ее цифровая обработка с целью вычисления глубинного портрета зондируемой среды. Обнаружение объекта выполняется по глубинному портрету, вычисляемому по классическому корреляционному алгоритму (ДПФ) в режиме реального времени.

При обнаружении объекта и уточнении его размеров при обработке данных по адаптивному алгоритму: методу максимального правдоподобия (ММП), возможно произвести его классификацию, опираясь на полученные значения толщины и протяженности.

**Заключение.** В статье проанализированы существующие методы поиска подземных полимерных трубопроводов, определены их достоинства и недостатки. Разработана функциональная схема георадара в режиме линейно-частотно модулированных сигналов. Прибор может быть применен в организациях, связанных с обслуживанием и эксплуатации газовых трубопроводов, для эффективного определения местоположения подземных полимерных коммуникаций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Филькенштейн, М. И. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии / М. И. Филькенштейн. – М. : Недра, 1986. – 128 с.

2. Вопросы подповерхностной радиолокации. А. Ю. Гринев [и др.] М. : Радиотехника, 2005. – 416 с.
3. Лопатченко А. С., Малевич И. Ю., Савенко С. А. ЛЧМ-радиолокатор подповерхностного зондирования с повышенной разрешающей способностью. Докл. БГУИР. – 2015. – № 3 (89). – С. 43–48.
4. Владов М. Л. Введение в георадиолокацию: учебное пособие / М. Л. Владов, А. В. Старовойтов. – М. : Издательство МГУ, 2004. – 153 с.
5. Савенко, С. А. Наука и военная безопасность / С. А. Савенко [и др.]. – 2013. – № 3. – С. 20–27.