

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ АКУСТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКОЙ МАШИНЫ В ПОРОДНОМ МАССИВЕ

Е.В. Денисова, А.И. Конурич. Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, Россия

Рассмотрены проблемы отслеживания местоположения пневмоударной машины в грунтовом массиве при сооружении подземных переходов, по уровню создаваемого ею акустического сигнала, представлены результаты экспериментальных исследований акустического определителя местоположения пневмоударной машины.

Задача отслеживания местоположения ударных машин в грунтовом массиве при сооружении подземных переходов последние годы становится актуальной по причине развития и создания управляемых машин. В настоящее время для решения этой проблемы используют только низкочастотные электромагнитные навигационные системы иностранного производства, которые интегрированы в рабочий орган пневмоударной машины [1, 2]. Недостаточное внимание уделено созданию акустических систем навигации для бестраншейных технологий прокладки подземных коммуникаций, существуют всего две заявки на получение патента РФ на изобретение [3, 4], принцип работы которых основан на использовании акустического поля, создаваемого движением в грунтовом массиве бурового рабочего органа. К сожалению, данные устройства не нашли своего практического применения при решении поставленной задачи.

Дальнейшее развитие бестраншейных технологий в России невозможно без создания технических средств навигации предназначенных для отечественных пневмопробойников, обеспечивающих минимальные вмешательства в конструкцию машины, надежность, информативность и точность при определении ее местоположения. Для этих целей необходимо выполнить большой объем исследований по прохождению электромагнитных и акустических сигналов в грунтовом массиве, определить оптимальный частотный диапазон системы для обеспечения требуемой разрешающей способности по углу отклонения машины и по дальности до нее, выявить влияние уже проложенных коммуникаций на точность работы системы навигации.

В связи с этим были выполнены экспериментальные исследования в натуральных условиях, цель которых заключалась в следующем – на поверхности земли измерить акустические сигналы, создаваемые движущимся в грунте пневмопробойником, на заданных расстояниях относительно источника удара. По данным экспериментальных исследований получить информацию о характере распределения акустического поля и о взаимосвязях его параметров с положением источника удара в грунтовом массиве. Получить выводы о возможности использования самой машины в качестве источника ударных импульсов при реализации акустической системы навигации.

Для проведения экспериментальных исследований использовалось следующее оборудование: пневмопробойник с энергией удара 22 Дж, длиной рабочего органа 55 см; акселерометр КД29, USB-осциллограф АСК-3106, ноутбук Acer 150, влагомер (рис. 1).

Методика проведения экспериментальных исследований заключалась в следующем: пневмопробойник запускался в грунтовый массив (суглинок, плотность – 2,7 г/см³, влажность 10%) на глубину 50 см от поверхности земли, после заглубления машины на всю длину акселерометр устанавливался в точку над местом удара (т.е. над носовой частью машины, что соответствует отметке 0 на рисунке 2), далее измерялся сигнал в точке 0, работу пневмопробойника останавливали в момент передвижения акселерометра в точку 20 (что соответствует отклонению машины на 20 см), после установки акселерометра движение пневмопробойника возобновлялось и осуществлялась запись сигнала, таким образом, были осуществлены измерения в точках 40, 60 и 80 влево относительно оси движения машины и вправо от нее (что соответствует отклонению машины на 40, 60 и 80 см).

Амплитудные ошибки контролировались с помощью постоянных замеров дальности до машины и установкой акселерометра строго вдоль оси, проходящей над носовой частью пневмопробойника.

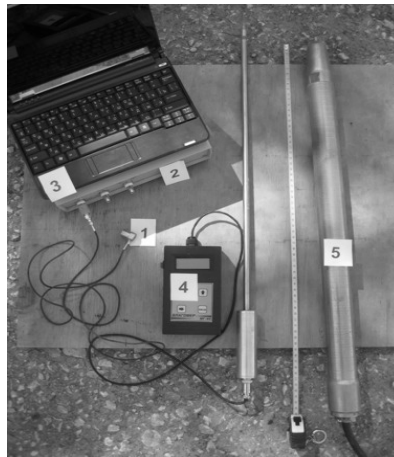


Рис. 1. Оборудование для исследования параметров нелинейных упругих волн, создаваемых движущейся в грунте пневмоударной машиной: 1 – акселерометр КД29; 2 – USB-осциллограф АСК-3601; 3 – ноутбук Асер 150; 4 – влагомер; 5 – пневмопробойник

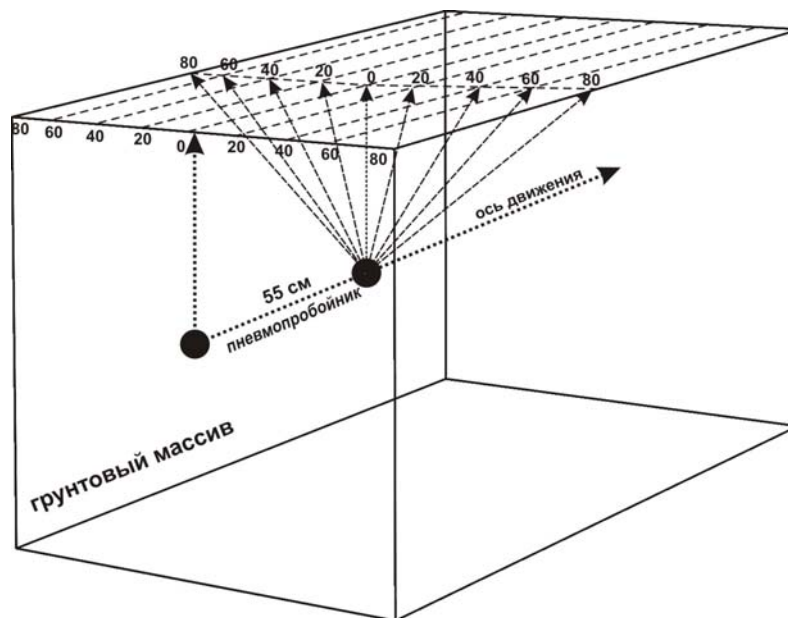


Рис. 2. Схема проведения экспериментального исследования параметров акустического поля, создаваемого движущимся пневмопробойником в грунтовом массиве

Данные с акселерометра поступали на осциллограф АСК-3106 и далее на ноутбук. Файлы с данными из программы для осциллографа экспортировались в программу Excel 2007, а затем в программу Mathcad 14 для анализа принятых сигналов.

Ниже на рис. 3 представлены зависимости амплитуды одиночного импульса, индуцированного движущейся в грунте пневмоударной машиной, от ее отклонения вправо или влево на 20, 40, 60 и 80 см. При этом измерения производились непосредственно над машиной и на расстоянии до 1 м от нее. По данным зависимостям можно отметить снижение разрешающей способности по углу отклонения машины от заданного курса при увеличении дальности до машины. Также с увеличением дальности между приемным устройством (акселерометром) и пневмопробойником возникает вероятность ложных выбросов амплитуды, которые по всей видимости связаны с наличием в грунтовом массиве искусственных неоднородностей [5].

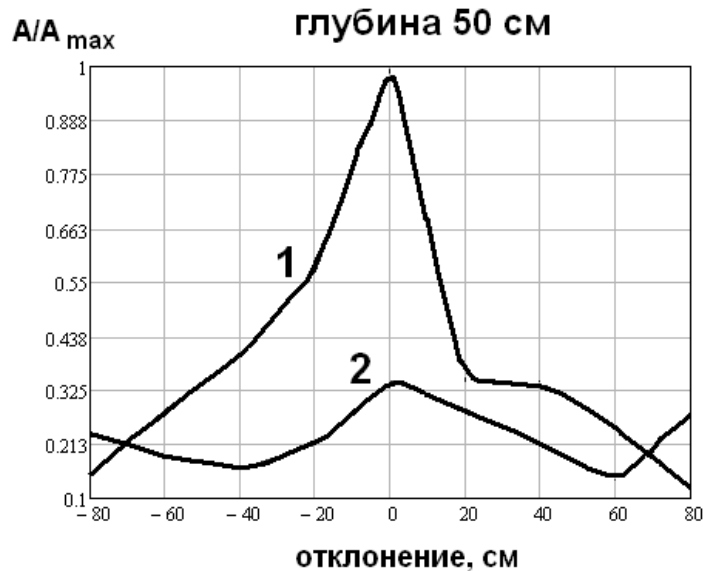


Рис. 3. Распределение акустической мощности (в относительных единицах) от угла или величины отклонения (в сантиметрах) пневмопробойника от заданного курса

Повысить точность определения местоположения пневмоударной машины возможно при использовании операции умножения сигналов с выхода двух приемных каналов. Данный метод реализован в двухканальном акустическом определителе местоположения пневмоударной машины [6]. Структурная схема определителя представлена на рисунке 4.

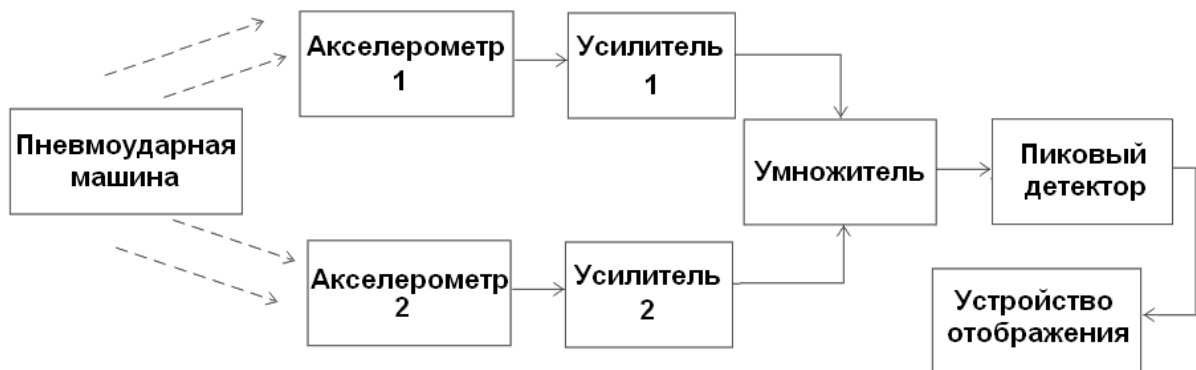


Рис. 4. Структурная схема двухканального акустического определителя местоположения пневмоударной машины, движущейся в грунте.

Принцип действия устройства заключается в следующем. С помощью акселерометров, акустический сигнал преобразуется в электрический и подается в каналы обработки, где усиливается до рабочей амплитуды, и подается на умножитель, выполненный на основе балансного смесителя. После этого максимальный уровень сигнала фиксируется при помощи пикового детектора и отображается на стрелочном индикаторе. Оператор пневмоударной машины визуально контролирует показания индикатора. При движении машины по заданной траектории амплитуда напряжения на выходе умножителя будет максимальной. Уменьшение амплитуды сигнала характеризует отклонение машины от траектории.

Был изготовлен экспериментальный образец двухканального акустического определителя. Исследования его работоспособности проводились на полигоне ИГД СО РАН (Рис. 5). Пневмопробойник длиной 55 см, диаметром 5 см и энергией удара 22 Дж запускался в однородный грунтовый массив (суглинок, плотность – 2,7 г/см³, влажность 10%) на глубине 50 см. Акустические колебания, создаваемые движением пневмопробойника фиксировались

двухканальным акустическим определителем, в качестве приемных датчиков использовались акселерометры КД29, с выхода устройства сигнал поступал на USB осциллограф АСК-3601 и далее на ноутбук (Рис. 6). Измерения выполнялись при расстояниях между акселерометрами (базой) 40 и 80 см.

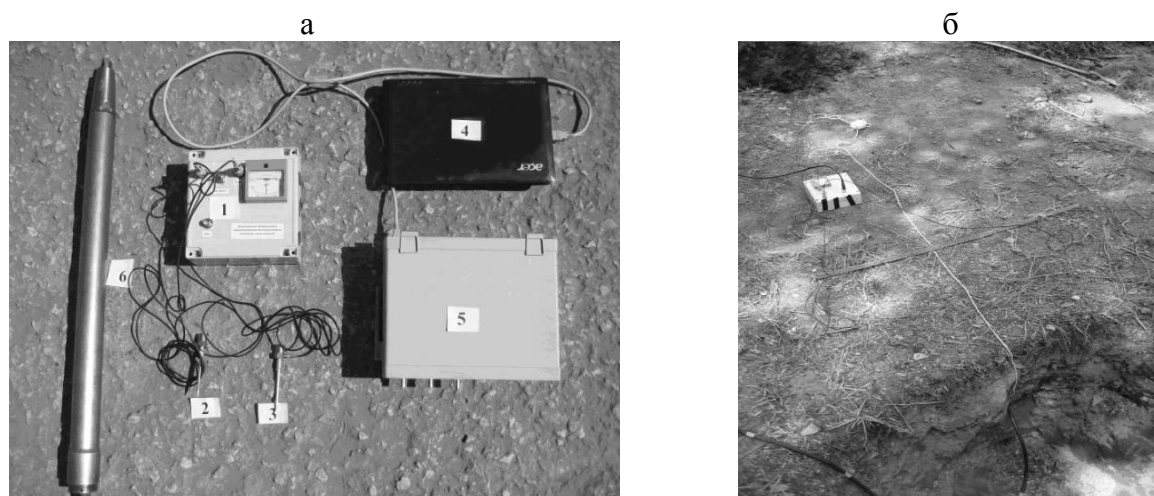


Рис. 5. Оборудование для исследования параметров акустического определителя местоположения пневмоударной машины (а): 1 – акустический определитель местоположения пневмоударной машины; 2,3 – акселерометр КД29; 4 – ноутбук Acer150; 5 – USB-осциллограф АСК-3601; 6 – пневмопробойник с энергией удара 22 Дж; фотография размещения устройства на поверхности земли (б).

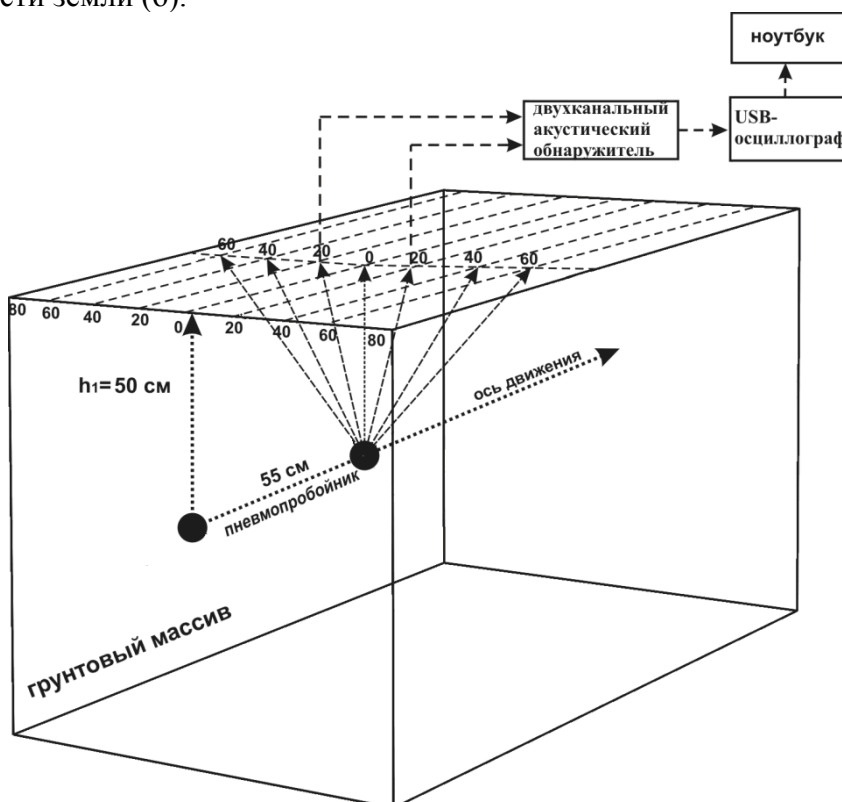


Рис. 6. Схема проведения экспериментального исследования работоспособности двухканального акустического определителя в натуральных условиях

По полученным данным построена зависимость относительного распределения амплитуды сигнала, создаваемого движением машины в грунте, от ее отклонения от заданного курса (Рис. 7).

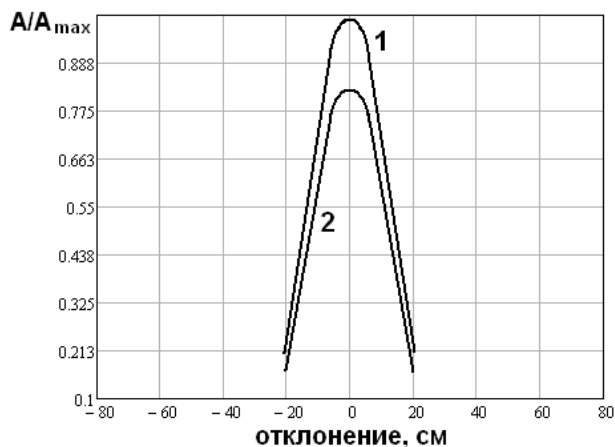


Рис. 7. Зависимость относительных значений амплитуды сигнала на выходе акустического определителя от местоположения пневмоударной машины: 1 - база 40 см, 2 – база 80 см.

Выводы. Таким образом, экспериментально установлено, что применение акустического метода обеспечивает достаточную точность и дальность при определении положения пневмоударной машины в грунтовой массе, что существенно повысит качество прокладки подземных коммуникаций. Использование двухканального акустического обнаружителя с умножением принятых сигналов позволяет повысить точность определения местоположения машины на 40 – 60 %.

Список литературы

1. Опарин В.Н., Денисова Е.В. Принципы построения радиочастотных систем навигации для бестраншейных технологий прокладки подземных коммуникаций. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2011. – 132 с.
2. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий (теория и практика). – М.: ПрессБюро №1, 2005. – 304 с.
3. Заявка на получения патента РФ на изобретение №93027051. Устройство для непрерывного определения местоположения бурового инструмента / Иванов Ю.В. // Оpubл. 10.02.1996.
4. Заявка на получения патента РФ на изобретение №93021187. Устройство для непрерывного определения местоположения бурового инструмента / Иванов Ю.В. // Оpubл. 27.01.1996.
5. Денисова Е.В., Неверов А.А., Гаврилов С.Ю., Конурин А.И. Геомеханическое обоснование результатов экспериментальных исследований параметров акустического поля, индуцированного движущейся в грунте пневмоударной машиной // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – Кемерово: КузГТУ, 2011. – №5. – С. 36-39
6. Патент на полезную модель №116573. Акустический обнаружитель горизонтального местоположения источника звука в грунте / Опарин В.Н., Денисова Е.В., Гаврилов С.Ю., Конурин А.И. // Оpubл. Бюл. – 2012. – №15.