

Press, 2002. – 471 p.

6. Добровольский, И. П. Теория подготовки тектонического землетрясения [Текст] / И. П. Добровольский. – М.: ИФЗ АН СССР, 1991. – 217 с.

7. Bak, P. Self-organized criticality: An explanation of $1/f$ noise [Text] / P. Bak, C. Tang, K. Wiesenfeld // Phys. Rev. Lett. 1987 № 59, – pp. 381 – 384.

8. Иванов, В. В. Кинетика разрушения и усталостная прочность полимерных соединений / В. В. Иванов, В. И. Климов, Т. М. Черникова. – Кемерово, КузГТУ, 2003, – 235 с.

9. Егоров, П. В. Исследование разрушения твердых тел методом регистрации импульсного электромагнитного излучения / П. В. Егоров [и др.]. – Кемерово, Кузбассвуиздат, – 201 с.

10. Иванов В.В. Статистическая теория эмиссионных процессов в нагруженных структурно-неоднородных горных породах и задача прогнозирования динамических явлений / В. В. Иванов, П. В. Егоров А. Г. Пимонов // ФТПРПИ – 1990. – Вып. 187/34. – с. 32 –35.

□ Авторы статьи

Иванов
Вадим Васильевич,
докт. техн. наук, проф.
каф. теоретической и геотехнической механики
КузГТУ,
email: yvi@kuzstu.ru

Белина
Любовь Александровна,
канд. техн. наук, доцент
каф. теоретической и геотехнической механики
КузГТУ
email: bla.rmpip@kuzstu.ru

Сирота
Дмитрий Юрьевич,
канд. техн. наук доцент каф.
теоретической и геотехнической механики КузГТУ,
email: sirotadm@gmail.com

Черникова
Татьяна Макаровна,
канд. техн. наук доцент каф.
теоретической и геотехнической механики КузГТУ,
email: chtn.oe@kuzstu.ru

УДК 534.6.08

Е.В. Денисова, И.В. Тищенко, А.И. Конурин

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИСПЫТАНИЙ МНОГОКАНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Многоканальные системы геомеханического мониторинга состояния породного массива широко используются для выявления координат динамического воздействия на массив естественного или искусственного происхождения (это может быть, например, любое сейсмосообщение, горный удар или же воздействие на массив породоразрушающим инструментом). Контроль за координатами этих событий крайне важен для безопасности ведения горных работ и возможности своевременного предсказания динамического события. Существующие многоканальные системы для решения этих задач не всегда обеспечивают высокую точность измерения координат, и по этой причине их невозможно использовать для контроля положения в массиве ударной машины. В связи с этим в работе предложена к реализации система, решающая задачу измерения координат машины с точностью до нескольких сантиметров.

Современные системы контроля строятся, как правило, многоканальными [1, 2]. Данные системы имеют взаимозависимые и независимые каналы приема с пространственно разнесенными или локально установленными приемными преобразователями, число которых меняется от 4 (минимально допустимое для решения триангуляционной пространственной задачи локации) до 24 и более.

На рис. 1 изображены сигналы одного источника акустического сигнала, принятые по нескольким каналам измерения. Эти сигналы назы-

вают локационной серией и позволяют рассчитать координаты источника [1].

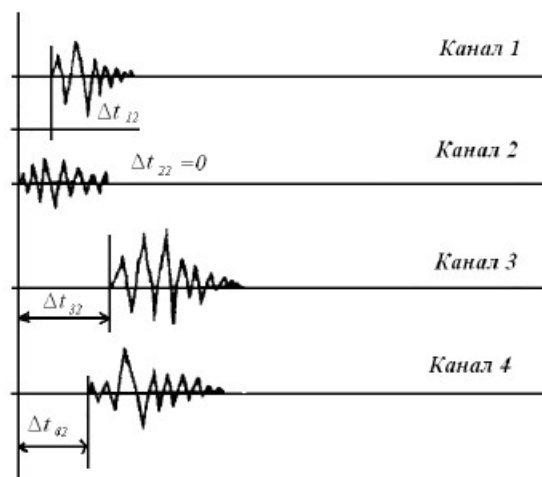


Рис. 1. Сигналы на выходе приемных преобразователей

Пусть x_i, y_i, z_i – известные координаты приемников акустических сигналов для i -го датчика (рис. 2). Координаты источника неизвестны x, y, z и их нужно определить.

Для расчета времени прихода сигнала на i -ый приемник, если первым приходит сигнал на датчик с номером k , можно оценить разности времен (известные величины – см. рис. 2): $\Delta t_{ik}=0$;

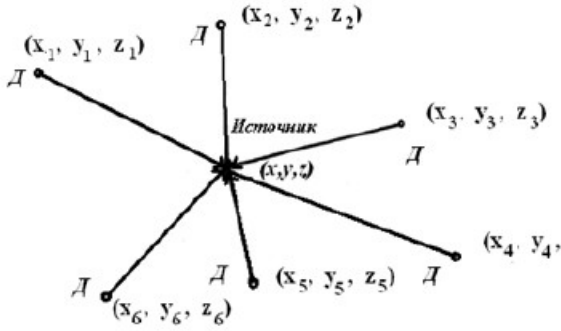


Рис. 2. Определение координат источника акустического сигнала в породном массиве, где Д – приемные преобразователи

$$\Delta t_{jk} = \frac{1}{c} \left[\sqrt{(x_k - x)^2 + (y_k - y)^2 + (z_k - z)^2} - \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2} \right]$$

где c – скорость распространения акустической волны в геосреде.

Для n -приемников акустического сигнала имеем $n-1$ уравнение. Если решается задача на плоскости, то теоретический минимум равен $n_{min}=3$; для пространственной задачи $n_{min}=4$. Координаты x, y, z находятся после решения системы уравнений [2].

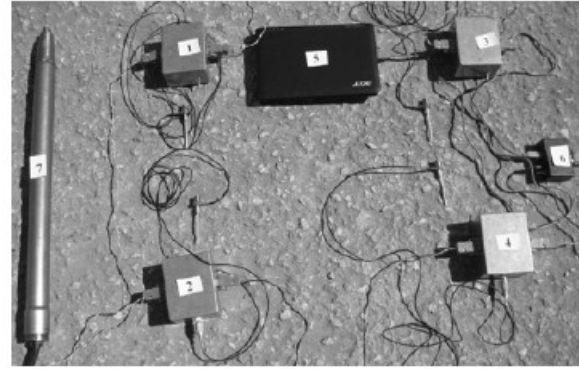


Рис. 3. Фотография оборудования для проведения эксперимента: 1, 2, 3, 4 – приемные каналы с акселерометрами; 5 – ноутбук, 6 – приемопередающее устройство для передачи данных в ноутбук

На практике, однако, требуется большее количество уравнений.

Это вызвано погрешностями измерений скоростей распространения упругих волн в геосреде, которые в анизотропном массиве пород различны в различных направлениях и могут меняться во времени, а также погрешностями измерений Δt_{jk} . Точность измерений зависит также от расстояния между датчиками, принимающими акустический сигнал.

На практике их удается весьма широко расставить по координатам x, y в горизонтальной

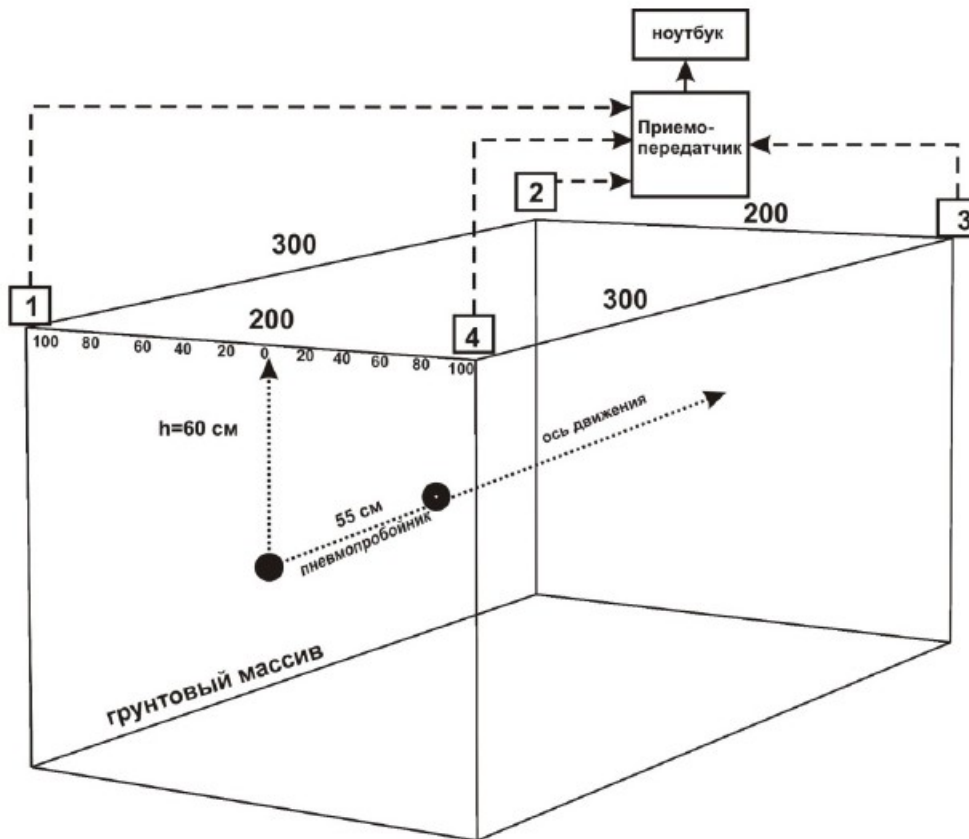
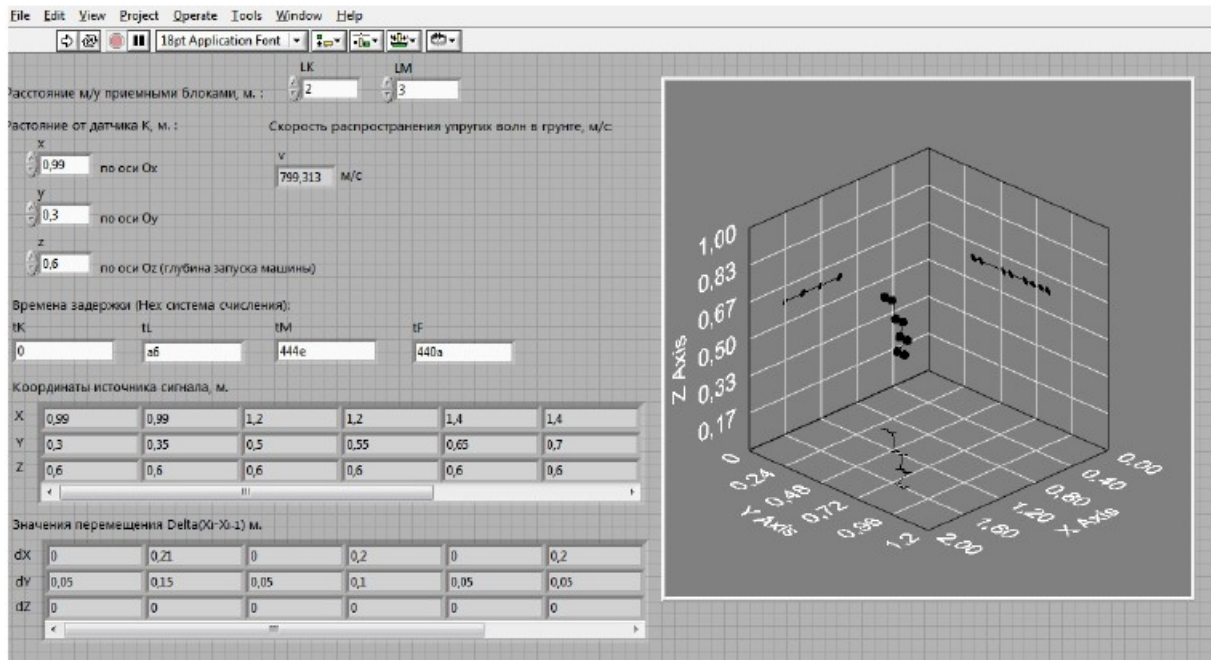
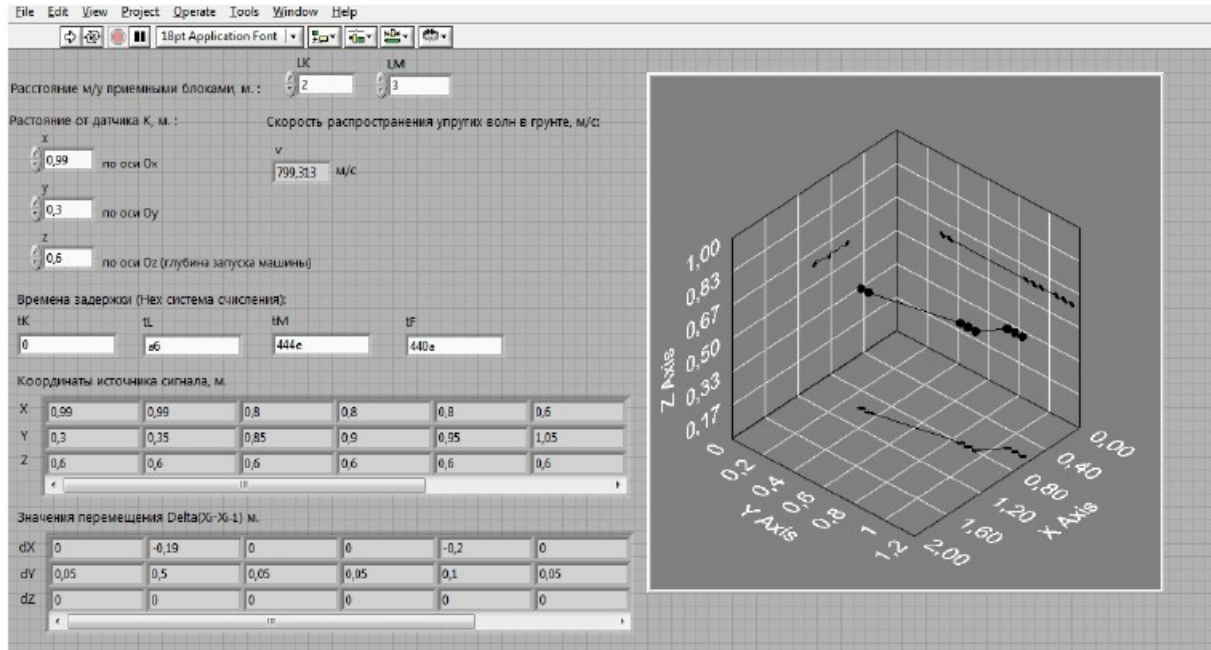


Рис. 4. Схема постановки эксперимента

плоскости, и в меньших пределах – по глубине по координате Z . Этим обусловлена погрешность измерения координат источника. Большую погрешность вносят неоднородность, зоны повышенного горного давления, вызывающие искривление пути распространения упругих колебаний.

При реализации системы геомеханического контроля для решения задачи определения координат пневмоударной машины в грунте необхо-

димо обеспечить работу системы на дальностях до нескольких десятков метров, что снижает вероятность возникновения упомянутых выше явлений влияющих на погрешность измерений. Инструментально повысить точность измерений можно за счет использования в качестве приемных датчиков с узконаправленными диаграммами направленности.



В ИГД СО РАН разработан и испытан 4-канальный комплекс для контроля геомеханических процессов возникающих при движении в грунтовом массиве пневмоударной машины.

Принцип работы и структурная схема разработанного комплекса представлены в работах [3, 4].

В качестве источника импульсного сигнала использовалась пневмоударная машина с энергией удара 22 Дж, частотой ударов 5 Гц, длиной рабочего органа 55 см. Машина помещалась в грунтовый массив типа суглинок на глубину 60 см.

Для проведения эксперимента использовалось оборудование, представленное на рис. 3.

На рис. 4 представлена структурная схема эксперимента, показано расположение приемных каналов относительно оси движения машины. Расстояние между 1-2 и 3-4 каналами составляет 300 см, а расстояние между 1-4 и 2-3 каналами составляет 200 см.

Отклонение пневмопробойника от заданной траектории движения имитировалось перемещением всех каналов относительно оси движения машины вправо или влево на одинаковое расстояние (20 или 40 см).

Всего было поставлено 12 экспериментов (таблица) для следующих координат машины (при этом координата u изменялась в процессе движе-

ния машины).

Обработка экспериментальных данных была выполнена по алгоритму, предложенному в [3]. Средняя скорость распространения упругих волн в грунтовом массиве принята 800 м/с. Результаты графической обработки представлены на рис. 5-6 [5].

Таблица

№	x, см	y, см	z, см	№	x, см	y, см	z, см
1	100	30-35	60	7	40	75-80	60
2	100	35-50	60	8	40	80-85	60
3	100	50-55	60	9	120	85-90	60
4	80	55-65	60	10	120	90-95	60
5	60	65-70	60	11	140	105-110	60
6	60	70-75	60	12	140	110-115	60

Выводы

Экспериментальные исследования и их математическая обработка показали, что разработанный многоканальный комплекс способен решать поставленную перед ним задачу – определение трехмерных координат источника импульсного акустического сигнала в грунтовом массиве, точность комплекса будет определяться однородностью массива, его физико-механическими свойствами и количеством приемных каналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вознесенский А.С. Системы контроля геомеханических процессов: Учебное пособие. – М.: Издательство МГТУ, 2002. – 152 с.
2. Рассказов И.Ю. Контроль и управление горным давлением на рудниках дальневосточного региона. – М.: Издательство «Горная книга», 2008. – 329 с.
3. Денисова Е.В., Конурич А.И., Полотнянко Н.С. Геомеханический контроль местоположения источника ударных импульсов в массиве горных пород // 2-я Российско-Китайская научная конференция «Нелинейные геомеханико-геодинамические процессы при отработке месторождений полезных ископаемых на больших глубинах». Сборник трудов. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2012. – С. 327-332.
4. Заявка на получение патента на полезную модель № 2012113237/28(019964)). Измеритель координат импульсного акустического сигнала в среде / Е.В. Денисова, В.Н. Опарин, С.Ю. Гаврилов, А.И. Конурич, Н.С. Полотнянко, приоритет от 20.04.2012 г.
5. Загидуллин Р.Ш. LabView в исследованиях и разработках. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 352 с.: ил. 1.

□ Авторы статьи

Денисова
Екатерина Вячеславовна,
канд техн наук, старший
научный сотрудник
Института горного дела
СО РАН,
e-mail: slimthing@mail.ru

Тищенко
Игорь Владимирович,
канд техн наук, научный
сотрудник Института
горного дела СО РАН,
телефон (383)217-05-13

Конурич
Антон Игоревич,
аспирант Института
горного дела СО РАН,
телефон (383) 217-09-52