



## МОБИЛЬНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

*Бойко В.В., ИГМ НАНУ, Лемешко В. А., ИГФ НАНУ,  
Бойко В.В. (мл.) ИПЧП "СКТБ Геофизик",  
Лемешко А.В., НИИСЭ, Кобасов В.Н., Вихор О.В.,  
НИИОТ, г.Киев*

**Р**егистрация, а еще лучше и обработка, измерительной информации, в "полевых" условиях - задача не из простых. И очевидное ее решение - Notebook + АЦП в формате PCMCIA или внешний АЦП с интерфейсом USB. Микросистемы сбора данных с интерфейсами EPP/ЕСР или RS-232 можно считать вчерашним днем. Уже нет Notebook-ов с такими интерфейсами. Есть, правда, еще интерфейс "firewire", но он не особо распространен. Что же выбрать?

Для начала следовало бы ответить на ряд вопросов: разрядность АЦП, быстродействие, число каналов, входной диапазон. Это как минимум. Сейсмический контроль за промышленными взрывами и регистрация воздействий взрывной волны на модельный образец при работе разных составов взрывчатых веществ - это класс задач, для которых необходимо было создать мобильную регистрирующую аппаратуру. Очень бы хотелось иметь 16 бит и 10 МГц, а еще лучше 100 МГц, но таких устройств пока нет. Пока. Для регистрации очень быстропотекающих процессов можно в ряде случаев довольствоваться АЦП осциллографического типа, т.е. моделями с разрядностью 8..10 бит и частотой выборки 10..20 МГц. А если уж необходим "тонкий" анализ процес-

сов, то разрешение должно быть не менее 12..14 бит. Но быстродействие доступных по цене таких моделей АЦП ограничено частотой 100..1000 кГц. И этого, оказывается, достаточно.

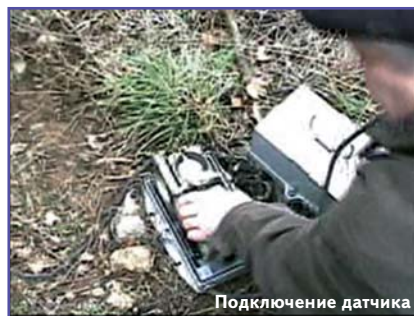


Итак, что же можно подобрать на отечественном рынке средств автоматизации? "На слуху" продукция компаний National Instruments (США) и L-Card (Россия). Естественно, будучи ограниченными в средствах (такова у нас реальность), пришлось немножко "оптимизировать".

Шархинский карьер. Крым. В непосредственной близости от карьера, на оползне, расположен газопровод "Алушта-Ялта". При проведении промышленных взрывов в карьере нагрузки на оползень могут привести к аварии на газопроводе. Отсюда - необходим сейсмический контроль. Что он позволяет? Защитить охраняемый объект от воздействия промышленных взрывов путем изменения режимов взрыва (мощность, время замедления), а также закрыть опасные направления разработки карьера.

Газопровод "Алушта-Ялта" уже частично поврежден. На северном языке оползня был разрыт дефектный участок газопровода и на трубу наложен хомут. Особенность ситуации состояла в том, что, во-первых, ре-

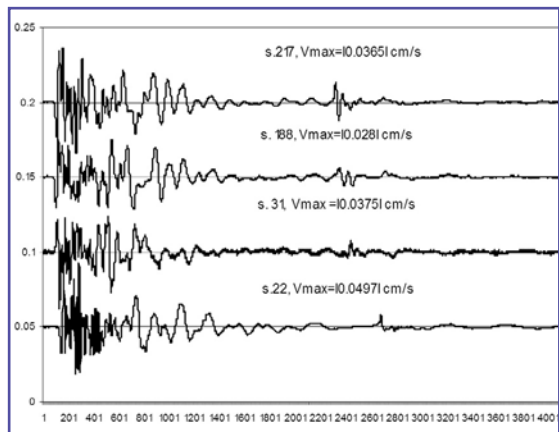
гистрацию процессов взрыва необходимо было производить в непосредственной близости от разрытого места газопровода, т.е. непосредственно у трубы с хомутом, а подвести к этому месту электроэнергию было невозможно. А во-вторых, записывать и отображать необходимо было весь процесс, так как основным критерием недопустимости проведения взрывов было появление низкочастотных колебаний самого оползня. Также контролировалось наличие всех пиков осциллограммы, соответствующих взрывам групп зарядов. Отсутствие



Подключение датчика

электропитания означает невозможность применить "старушку" - светолучевой осциллограф Н-700 или магнитограф НО-41, а также автономные сейсмографы ZEB/SMS-DO. Последние представляют результат в виде чека, на котором распечатаны, кроме даты и времени проведения взрыва, максимальные амплитуды возмущения и частоты, которые соответствуют этим возмущениям. Но этого, конечно, мало.

РС в виде Notebook с АЦП E14-440 - хорошее решение проблемы. Энергонезависимый комплекс. Модуль АЦП подключается к порту USB и питание его - тоже от канала USB. Датчики - пассивные, питания не требуют. Сейсмоприемники типа СМ-З и СМ-ЗВ - это электромагнитные устройства, в которых взаимодействует постоянный магнит, жестко связанный с основанием, и индукционная катушка, установленная на маятнике.



Сейсмограмма взрыва в Шархинском карьере 29-04-05

Вся микросистема помещается в "дипломате" и весит не более 3 кг. А это - существенно, ведь подъем в горах местами довольно крутой.

Датчики устанавливались на теле оползня в непосредственной близости от охраняемого объекта, в 20 метрах, и далее по телу оползня по направлению к взрыву. Фиксировалась скорость перемещения грунта. По максимальному значению определялась бальность сейсмической активности. А по пикам, зафиксированным на осциллограмме, определялось качество взрыва (амплитуды и временные задержки), а спектральный анализ сейсмических колебаний свидетельствовал об опасных частотах. На осциллограмме отчетливо виден переход высокочастотных колебаний вследствие взрыва к низкочастотным колебаниям оползня. После получения таких "картинок" были даны рекомендации к изменению задержек между взрывами групп зарядов, изменено ограничение на величину заряда в группе, и, кроме того, опасные направления разработок карьера были закрыты. При помощи сейсмического контроля удалось все-таки продолжить разработки Шархинского карьера взрывным способом. А газопровод рекомендовано перенести несколько севернее, на твердую породу.

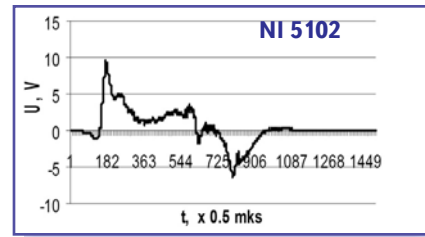
Вторая задача - сравнение рецептур новых взрывчатых веществ посредством измерения и анализа воздействия взрыва на эталонную модель. Условия - тоже "полевые", работы проводились на полигоне института электросварки НАН Украины в поселке Малютинка Киевской области. Модель представляла собой отлитый из пенобетона прямой параллелепипед с установленным на верхней поверхности зарядом (вместе с инициализирующим капсулем). Под нижней поверхностью был закреплен пьезодатчик так, чтобы с его помощью измерялось давление. Действие взрыва

оценивалось путем анализа размеров осколков разрушенной модели и измерения давления на нижнюю поверхность. Осколки разрушенной поверхности (гранулирование) сортировались при помощи четырех рам с фиксированными отверстиями (наподобие сита каждый) с последующим взвешиванием каждой фракции. Для измерения давления на нижнюю плоскость модели используется классическая схема: датчик-усилитель заряда-АЦП-РС. Пьезодатчик соединяется с усилителем заряда антибирационным кабелем типа АВКТ-4.



При регистрации сигнала с помощью E14-440 использовался один канал с максимально возможной частотой дискретизации 400 кГц. Синхронизировать запуск процесса регистрации сложно, можно сказать, практически невозможно. А выход в этой ситуации оказался простым - без синхронизации вообще. Сначала запускалась программа регистрации L-Graph, а затем следовал взрыв. Данные фиксировались в течении 30 сек., и из большой реализации вырезался интересный фрагмент, обрабатывался и анализировался. К сожалению, объем полез-

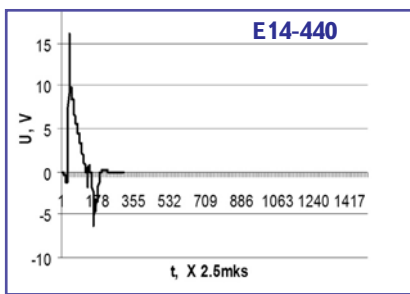
ной информации, зарегистрированный с помощью E14-440, позволил выполнить только "грубый" анализ результатов эксперимента. Увеличить объем



означает увеличить частоту оцифровки. Т.е. необходим АЦП с быстродействием хотя бы на порядок выше чем у E14-440.

И в качестве такого преобразователя была использована карта осциллографа NI-5102 в формате PCMCIA. Это недорогой двухканальный АЦП с максимальной частотой преобразования 20МГц. Его разрядность всего 8 бит, но этого оказалось для решаемой задачи достаточно. Достоинством этой модели является также большое количество диапазонов входных сигналов (от  $\pm 50$  мВ) и наличие буферного ОЗУ емкостью 663000 байт. Ну и, конечно же, супер компактное исполнение и прилагаемое программное обеспечение Virtual Bench. При экспериментах с использованием NI-5102 применялся режим внутреннего запуска при достижении сигналом на выходе усилителя уровня 0.5В. Для последующего анализа достаточно было зафиксировать массивы размером 50000 отсчетов на интервале 0,025 сек. Т.е. частота оцифровки составляла 2 МГц - в пять раз выше чем у E14-440. (На рисунках представлены осциллограммы, полученные при помощи АЦП E14-440 и NI-5102 для разных составов взрывчатых веществ.)

Трудно сказать, как решались бы описанные задачи, не имея исследователи в своем распоряжении этих компактных микросистем сбора данных. Наверное, вообще не решались бы. Но такие аппаратные решения, да еще и поддержанные законченным (включай и работай) программным обеспечением, оказались доступными и на рынке Украины. Это позволило, при минимальных затратах и сроках, на базе компьютеров типа Notebook самостоятельно создать многофункциональные системы сбора и обработки информации для мобильных автономных применений.



#### КОНТАКТЫ:

т. (044) 456-26-69

e-mail: seismic@igm.kiev.ua