

В.А.Колесников, Т.С.Намазбаев, В.К.Муравлев

Институт «Акционерное общество «Казчерметавтоматика», Караганда

## СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ВЗРЫВА МЕТАНА В УДАРНЫХ ТРУБАХ СДВ-7721

*Мақалада соққылық құбырлардағы метанның жарылысын тіркеп зерделеу үшін СДВ-7721 бағдарламалы-аспаптық кешені әзірленген. Кешенде тензорезисторлар мен фотодиод негізінде мамандандырылған қысым мен жарық қабылдағыштар қолданылды. Дабылды жарылысты жүргізушінің автоматтандырылған жұмыс орнына енгізу үшін дайындалған бағдарламалы-аспаптық бөлігі сипатталды. Сезгіштер мен тіркегіш аспаптардың шапшаңдығы құбырдағы жарылыс сәтін ғана емес, жарықтың және қуатты толқындардың таралу жылдамдықтарын да зерделеуге мүмкіндік береді. Кешен метанның қауіпті қосылыстарының жасанды жарылысын, оған қоса кен шахтасының төтенше қызметі дайындаған және өндіріске енгізбек жабдықтарын зерттеу үшін пайдаланылады.*

*This article is devoted to development of a hardware-software complex for explosion studying of methane SDV-7721. Specialized gauges of pressure and light exposure are applied to registration of explosion in a complex on the basis of tensoresistors and photo diodes. The development hardware-software part is described to input signal on the automated workplace of the explosion operator. Speed of gauges and data-acquisition equipment allows to investigate not only the moment of explosion, but also speed of light and shock wave distribution in a pipe. The complex is applied to imitate explosions of dangerous methane concentration and also for research of the development and introduced equipment of mountain-mine services of extreme reaction.*

В Карагандинской области в 2008 г. построен уникальный специализированный полигон для проведения взрыва метана. Проведение взрывов метана позволяет имитировать взрыв опасной концентрации метана в выработках шахт. Наряду с исследованием взрывов полигон позволяет производить исследования существующего, разрабатываемого и внедряемого оборудования горношахтных служб чрезвычайного реагирования.

При проведении каждого взрыва встает серьезная задача контролирования скорости распространения взрывной волны, момента взрыва и т.д. Для этого специалистами АО «Казчерметавтоматика» был разработан программно-аппаратный комплекс СДВ-7721.

Разработанный программно-аппаратный комплекс позволяет сопровождать взрыв метана на испытательном полигоне в ударной трубе путем записи информации от восьми тензорезисторных датчиков давления и восьми фотодатчиков на персональном компьютере автоматизированного рабочего места оператора взрыва с помощью специализированного программного обеспечения. Аппаратная часть комплекса разработана на базе универсального внешнего модуля Е14-440, АЦП/ЦАП/ТТЛ — модуля на шине USB 1.1, производства ЗАО «Л-КАРД».

Модуль Е14-440 является современным универсальным программно-аппаратным устройством для использования со стандартной последовательной шиной USB (Rev.1.1, полностью совместим со спецификацией USB 2.0) и предназначен для построения многоканальных измерительных систем ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации в составе персональных IBM-совместимых компьютеров.

Модуль Е14-440 обладает следующими функциональными характеристиками: цифровой сигнальный процессор ADSP-2185M фирмы Analog Devices, Inc. с тактовой частотой работы 48 МГц, 16 дифференциальных каналов или 32 канала с общей землей для аналогового ввода с возможностью автоматической корректировки данных, максимальная частота работы четырнадцатитбитного АЦП — 400 кГц, два входа для внешней цифровой синхронизации ввода аналоговых сигналов, порт цифрового ввода-вывода, имеющий 16 входных и 16 выходных линий, два канала аналогового вывода двенадцатитбитного ЦАП с максимальной суммарной частотой 125 кГц, максимальная пропускная способность по шине USB (Rev. 1.1) не более 500 кСлов/с.

Модуль Е14-440 является малогабаритным многофункциональным измерительным устройством, которое позволяет решать целый ряд типичных базовых задач, таких как непрерывный потоковый многоканальный ввод аналоговой информации с суммарной частотой, вплоть до 400 кГц, непрерывный потоковый двуканальный вывод аналоговой информации с суммарной частотой, вплоть до 125 кГц, одновременный непрерывный потоковый ввод-вывод аналоговой информации с частотами

100 кГц (ввод) и 100 кГц (вывод) для модулей с ревизиями «А»÷«С», 250 кГц (ввод) и 125 кГц (вывод) — для модулей с ревизиями «D» и выше. Однократное асинхронное управление 16 цифровыми входными и 16 цифровыми выходными линиями — эта операция является достаточно медленной, со временем выполнения порядка  $10\div 20$  мс.

Структурная схема аппаратной части комплекса представлена на рисунке 1.

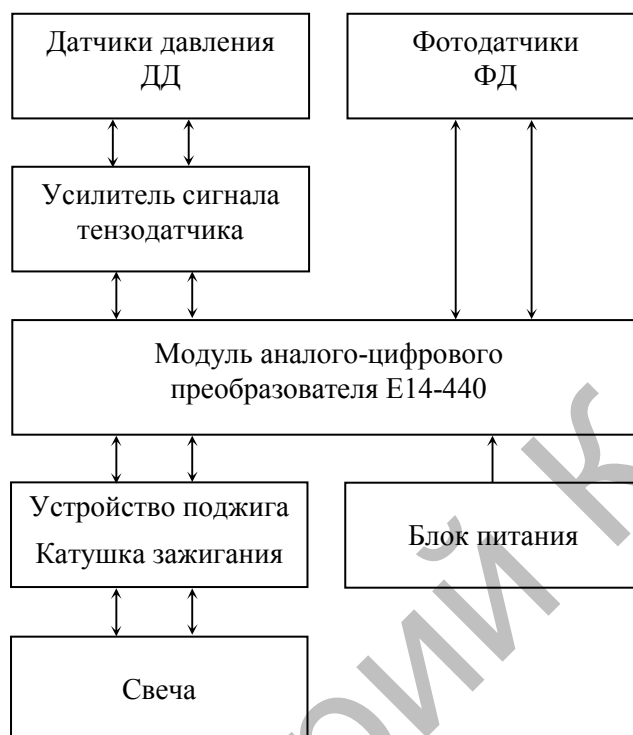


Рис. 1. Структурная схема аппаратной части комплекса диагностики взрыва метана в ударных трубах

Как видно из рисунка, наряду с модулем АЦП к аппаратной части относятся специально разработанные датчики давления и фотодатчики. Электрическая часть датчика давления выполнена на двух электротензорезисторах, включенных мостом, фотодатчики выполнены на базе фотодиодов ФД-263. К каждому датчику давления разработан и изготовлен усилитель сигнала, располагаемый недалеко от датчика на базе микросхемы ТЛ1072, что позволяет располагать основной блок устройства считывания на расстоянии от 60 до 100 м [1]. Вместе с этим непосредственно на внешней панели корпуса, устанавливаемого рядом с персональным компьютером, находится тумблер управления взрывом. Устройство поджига выполнено на базе катушки зажигания 1КНИ-11Б-Т и свечи СПН-4-з.

Конструктивно датчики выполнены из дюралюминия, так как он не имеет остаточной деформации. Собственная частота колебаний датчика находится далеко от возможного резонанса со скоростными динамическими параметрами нарастания волны давления. Это позволяет использовать статический режим калибровки для построения градуировочной характеристики и использовать датчик в импульсных режимах работы. Датчики имеют цилиндрическую форму с плоским широким фланцем в месте крепления датчика к пазу в ударной трубе. Внешний вид корпуса датчиков давления и фотодатчиков представлен на рисунке 2а. В верхней части датчика присутствует съемная крышка на резьбе, к торцу которой приклеены тензорезисторы датчиков давления или выведены фотодиоды фотодатчиков (рис. 2б). На фланце выполнены четыре отверстия для надежного, герметичного крепления корпуса датчика к пазу в ударной трубе. Сигнальные магистрали крепятся к датчику с помощью разъема УНЦРГ-09 (рис. 2в).

В процессе калибровки датчиков давления используется специализированное устройство, позволяющее плавно изменять значение давления на калибруемом датчике [2]. Упрощенная схема устройства калибровки — калибратора с установленным датчиком давления приведена на рисунке 3.

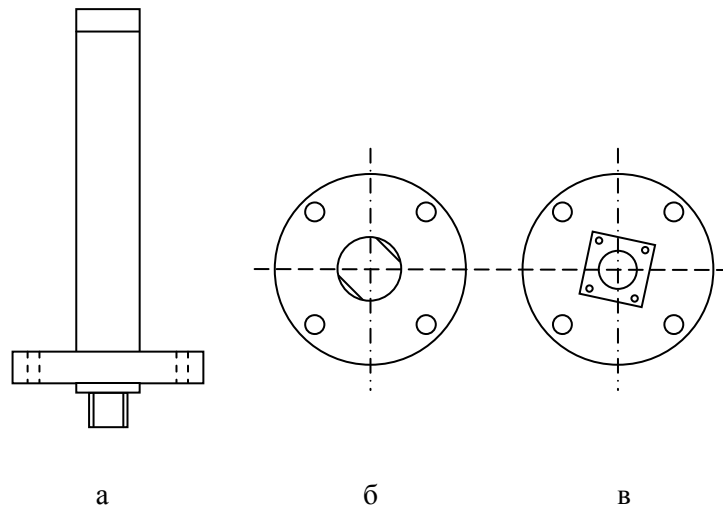


Рис. 2. Внешний вид корпусов датчиков давления и фотодатчиков

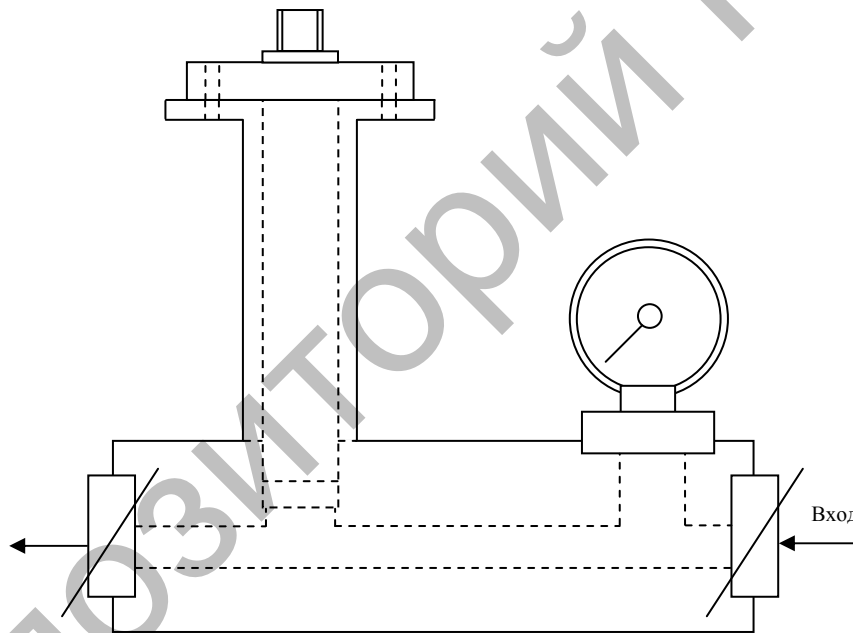


Рис. 3. Упрощенная схема устройства калибровки датчика давления системы СДВ-7721

Давление газа через редуктор поступает на вход устройства калибровки и фиксируется манометром (модель 112–02 или любым другим, подходящим по диаметру входного клапана и максимально измеряемому давлению) [3]. Манометр поверен, класс 0,4 (погрешность измерения 0,4 %).

Часть участка градуировочной характеристики датчика давления представлена на рисунке 4.

На графике приведена часть реальной передаточной характеристики датчика давления и линейная линия тренда, по которой производится вычисление передаточного коэффициента датчика давления. Положительное смещение характеристики — это температурный дрейф усилителя сигнала, который непосредственно перед взрывом подстроечным резистором выводится в ноль, а также программно вычисляется для того, чтобы не влиять на конечные показания датчика давления. Незначительные отклонения от линейности в начале характеристики вызваны переходными процессами стабилизации давления устройства калибровки и не влияют на конечные показания датчика.

Модуль верхнего информационного уровня программно-аппаратного комплекса в виде программы обработки и представления графической информации состоит из нескольких подмодулей, обеспечивающих полноценную работоспособность комплекса.

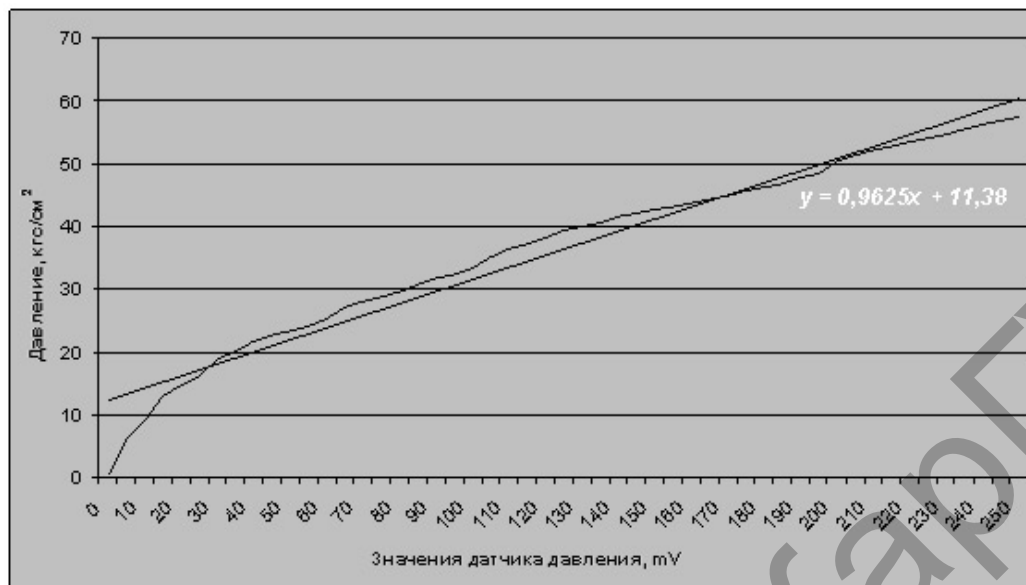


Рис. 4. Часть градуировочной характеристики датчика давления

Окно диалога ввода и расчета настроечных параметров датчиков представлено на рисунке 5.

Диалоговое окно "Ввод настроечных параметров".

Датчик	Цена деления	Давление	Значения нуля
<input type="checkbox"/> Датчик 1	0000.0087	0002.0000	0000.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 2	0000.0076	0002.0000	0010.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 3	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 4	0000.0080	0002.0000	0025.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 5	0000.0065	0002.0000	0039.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 6	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 7	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 8	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input checked="" type="checkbox"/> Датчик 9	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input checked="" type="checkbox"/> Датчик 10	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input checked="" type="checkbox"/> Датчик 11	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 12	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 13	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 14	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 15	0000.0000	0000.0000	0000.0000
<input type="checkbox"/> Датчик 16	0000.0000	0000.0000	0000.0000

Кнопки:

Рис. 5. Диалоговое окно ввода и расчета параметров

Как видно, для каждого датчика системы возможен ввод или динамический расчет основных параметров, таких как коэффициент передачи (цена деления), значение нуля датчика и т.д.

На рисунке 6 представлены графики давления в более наглядном виде, есть возможность точно определить значения времени давления на всем протяжении взрыва. По оси абсцисс откладывается время в секундах, а по оси ординат — полученные от датчиков значения давления.

На графике виден момент взрыва, нарастание волны давления, а также снижение интенсивности давления при его распространении от эпицентра взрыва.

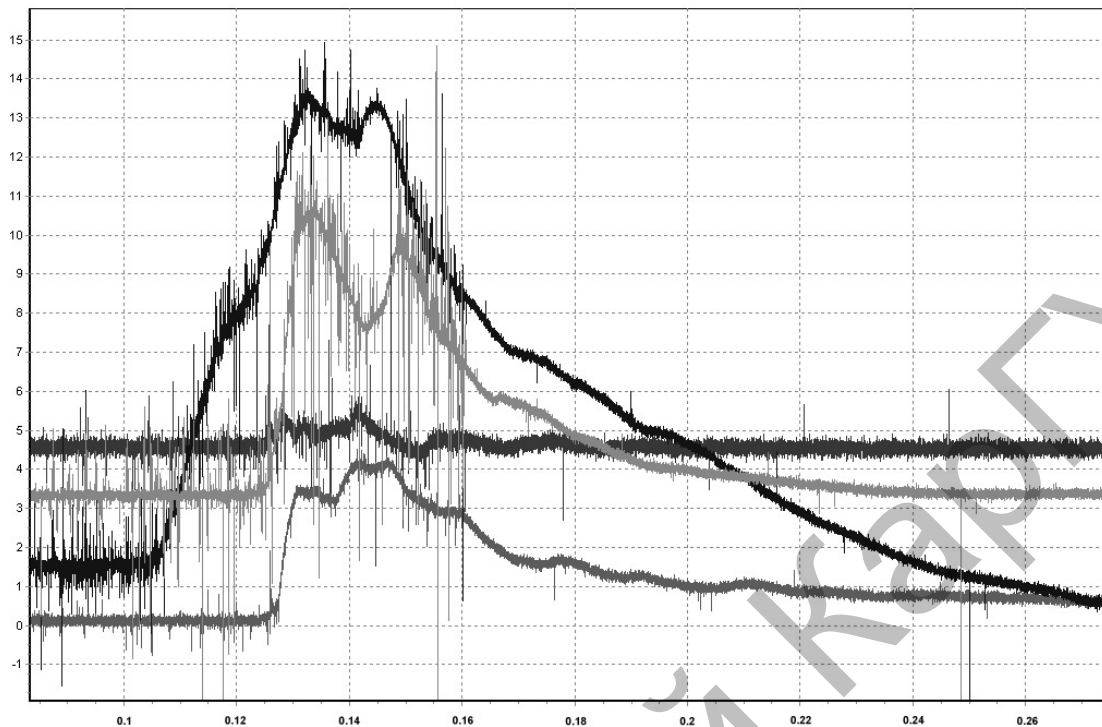


Рис. 6. Графическое представление информации о давлении в ударной трубе во время взрыва

Вместе с этим предусмотрен также просмотр полученных величин в виде отчета.

При проведении испытаний системы были наглядно получены предварительные результаты по распространению фронта взрыва метана в ударных трубах. К сожалению, завершение работы возможно только в следующем сезоне, но уже по предварительным результатам можно сделать вывод о том, что движение пламени в ударных трубах большого диаметра (около 1,4 м) и развитие взрыва имеют особенности, связанные с местом инициализации горения. В зависимости от расстояния точки поджига от «глухого» конца трубы динамика развития взрыва существенно меняется. В следующих сериях эксперимента будут представлены результаты по динамике движения взрывной волны в ударных трубах и по динамике затухания волны взрыва.

#### Список литературы

1. Баженова Т.В., Гвоздева Л.Г. и др. Ударные волны в реальных газах. — М.: Наука, 1968.
2. Майрлс Г. Ударные трубы / Под ред. Х.А.Рахматуллина и С.С.Семенова. — М., 1962.
3. Основные результаты экспериментов на ударных трубах / Под ред. А.Ферри. — М.: Гос. изд. лит-ры по атомной науке и технике, 1963.