

А.В. Анциферов, В.В. Туманов, А.А. Глухов, А.И. Архипенко

Украинский государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела НАН Украины, Донецк

АВТОНОМНЫЙ АППАРАТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ААК12 ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ МЕТОДАМИ ШАХТНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ



Представлено описание принципов схемотехнических решений автономного аппаратно-аналитического комплекса ААК12 с учетом обеспечения безопасности его использования в шахтных условиях. Рассмотрены функциональные возможности основных узлов и модулей разработанной аппаратуры при аналоговой и цифровой обработке регистрируемых сейсмических сигналов, визуализации и оперативного анализа результатов текущих измерений, сохранения данных для последующей компьютерной обработки. Приведены основные технические характеристики комплекса ААК12.

Ключевые слова: прогноз горно-геологических условий, автономный аппаратно-аналитический комплекс, сейсмические сигналы, взрывозащита, искробезопасная электрическая цепь.

В последние годы в связи с повышением глубины разработки и усложнением горно-геологических условий добычи угля возникла необходимость в серьезном усовершенствовании аппаратурно-методической базы шахтной геофизики и, прежде всего, шахтной сейсморазведки как ведущего метода выявления разнотипных геологических нарушений угольных пластов [1, 2], которые резко снижают эффективность и безопасность ведения горных работ. Кроме того, надежный и оперативный опережающий прогноз горно-геологических условий приобретает особую актуальность в связи с возрастающей ролью механизации добычи угля и применением новых технологий разработки, предъявляющих повышенные требования к полноте и достоверности прогнозной геолого-геофизической информации. Средства комплексной механизации добычных ра-

бот рассчитаны на определенные диапазоны вариации геологических параметров отрабатываемых угольных пластов, изменения которых сверх допустимых норм приводят к снижению эффективности и безопасности работ и даже к их полной остановке. При этом особые затруднения возникают при внезапных, непредвиденных случаях геологических нарушений одиночными горными выработками.

Украинский государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики и маркшейдерского дела НАН Украины (УкрНИМИ НАНУ) является одной из ведущих организаций в области научно-практического изучения горно-геологических условий эксплуатации угольных месторождений методами шахтной сейсморазведки. В институте проводятся полномасштабные научные исследования и опытно-конструкторские работы с привлечением широкого круга высококвалифицированных ученых и специалистов на базе современного

технического оборудования. Так, более шести лет назад в УкрНИМИ были завершены фундаментальные научные исследования по развитию теоретических и методических основ шахтной геофизики, выполненные по заказу Национальной академии наук Украины, и примерно в то же время закончена разработка шахтной сейсмостанции СШ12К. Полученные результаты ориентированы, главным образом, на реализацию методов шахтной сейсморазведки отраженными и проходящими волнами в подготовленном к отработке выемочном столбе, что на тот период представлялось весьма актуальным. Однако недостаточная приспособленность аппаратуры к работе по методу сейсмической локации, где соотношение сигнал/помеха находится в области критических отметок, а также отсутствие специализированного встроенного программного обеспечения для оперативного анализа данных (что особенно важно при прогнозе горно-геологической ситуации впереди забоя одиночной горной выработки) в настоящее время негативно сказывается на результативности и эффективности шахтных геофизических работ и, в конечном итоге, на стабильной и безопасной добыче угля.

В контексте рассматриваемой проблемы следует отметить стремление зарубежных ученых к повышению достоверности шахтной геофизики за счет увеличения разрядности АЦП и регистрации сигналов отдельными модулями без использования традиционных сейсмических кос, что позволяет заметно улучшить качество получаемой информации. Наиболее близким зарубежным аналогом аппаратуры СШ12К является модульная 24-разрядная сейсмостанция «SUMMIT» [3] для пластовой сейсморазведки немецкой фирмы DMT, однако ее широкомасштабное внедрение на угольных шахтах Украины проблематично, т.к. весит аппаратура более 200 кг. Кроме того, ее габаритные размеры исключают возможность доставки в шахту «на себе», в ней используются исключительно взрывные источники упругих колебаний и, на-

конец, невозможен анализ информации в шахтных условиях. Принимая во внимание постоянно возрастающие требования угледобывающей отрасли к качеству и срокам прогнозной информации, ускоряющиеся темпы развития новых технологий приборостроения и соответствующей элементной базы, результаты указанных выше исследований УкрНИМИ можно рассматривать как необходимые базовые разработки для усовершенствования методических и технических средств шахтной геофизики и адаптации их к современным условиям. На их основе в рамках научно-технического проекта «Разработка автономного аппаратно-аналитического комплекса выявления геологических нарушений угольных пластов сейсмическими методами из горных выработок» в 2012 г. был разработан и изготовлен одноименный аппаратно-аналитический комплекс, получивший название ААК12.

При разработке опытного образца ААК12 особое внимание было уделено обеспечению взрывозащиты, поскольку это должно соответствовать требованиям нормативно-правовых актов Украины по охране труда и промышленной безопасности для возможности проведения исследований в угольных шахтах всех категорий, в том числе и сверхкатегорийных, опасных по газу и/или угольной пыли [4–7].

Уровень взрывозащиты ААК12 «Рудничное особо взрывозащищенное электрооборудование» реализован путем применения вида взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» [7]. Искробезопасность электрических цепей комплекса обеспечивается применением специальных модулей искрозащиты, ограничивающих токи и напряжения цепей в искробезопасных значениях согласно с требованиями п. 1.5 ГОСТ 22782.5. Блоки, имеющие повышенное напряжение питания, оснащены дополнительными цепями гальванической развязки. Такое решение требует применения нескольких микроконтроллеров для функционирования отдельных узлов. Обмен командами и данными между различными узлами ААК12 про-

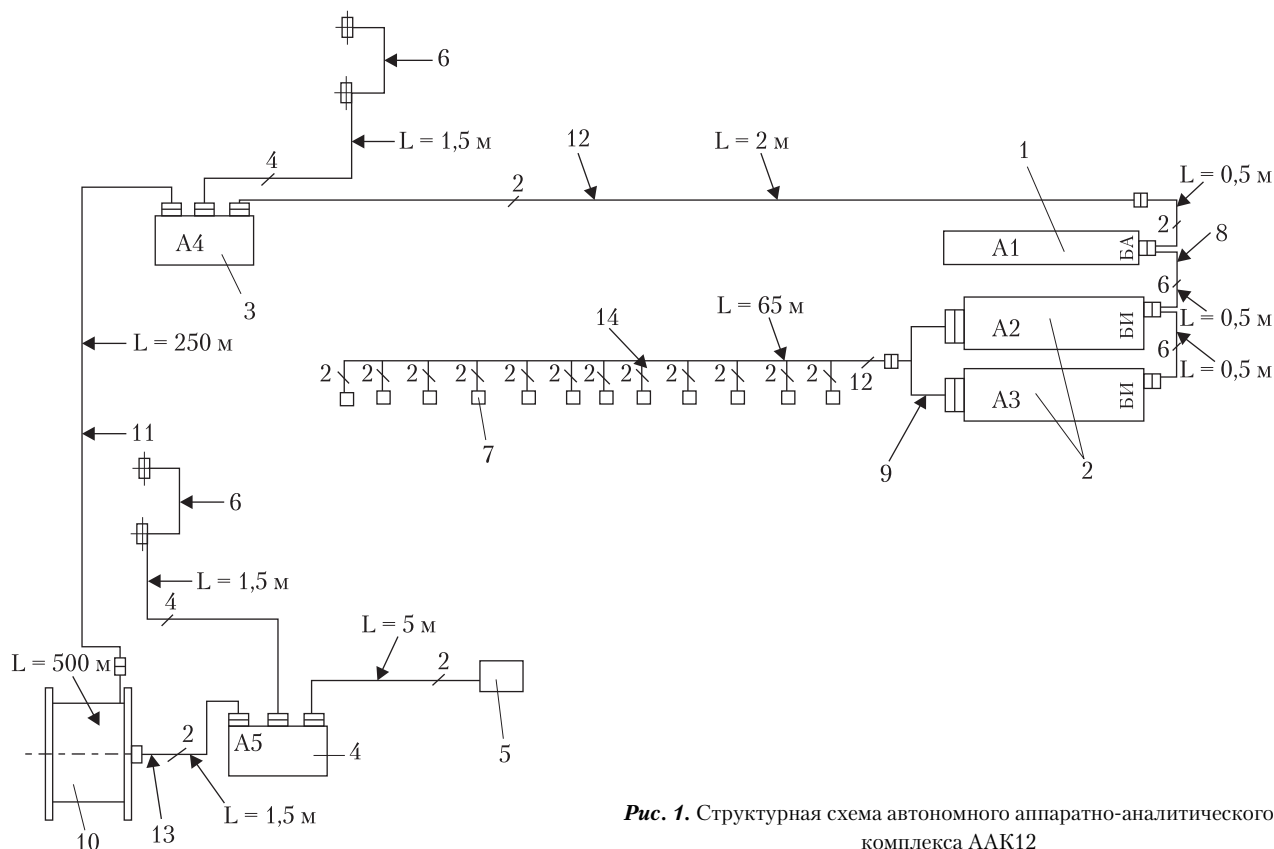


Рис. 1. Структурная схема автономного аппаратно-аналитического комплекса ААК12

изводится также через цепи, имеющие гальваническую развязку.

В состав ААК12 (рис. 1) входят следующие блоки и модули:

1 – А1 – блок анализа (предназначен для управления оператором режимов работы комплекса, сохранения накопленных сигналов в энергонезависимой памяти, визуализации принимаемых сигналов и их заключительного анализа);

2 – А2, А3 – блоки измерительные (по командам с блока анализа выполняют проведение усиления, фильтрацию сигналов и их аналого-цифровое преобразование, первичную обработку и анализ принимаемых сигналов);

3 – А4 – блок связи центральный;

4 – А5 – блок связи удаленный;

5 – отметчик момента;

6 – гарнитуры микротелефонные;

7 – геофоны (предназначенные для преобразования сейсмических сигналов в электрические);

8 – соединитель межблочный;

9 – переходник;

10 – катушка;

11–13 – соединители;

14 – коса сейсмическая.

Блок связи центральный (3), блок связи удаленный (4), отметчик момента (5) и катушка (10) предназначены для организации синхронной работы между блоками комплекса, а также для связи между оператором и пунктом возбуждения.

Специфические требования к взрывобезопасности аппаратуры накладывают ограничения на аппаратную реализацию межблочного интерфейса. В ААК12 применен межблочный интерфейс по стандарту EIA 422/V.11 с гальванически развязанными приемопередатчиками.

Конструктивно блок анализа представляет собой разъемный профиль фирмы VOPLA, закрытый на торцах крышками на винтах. Блок содержит: аккумуляторный блок, модуль взрывозащиты, модуль стабилизации, процессорный модуль, модуль оперативной памяти, модуль FLASH SDCARD, модуль часов реального времени, контроллер LCD размерностью 320 × 240 пикселей, контроллер 18-клавишной мембранной клавиатуры, модуль интерфейса RS-422, модуль интерфейса блока связи. На блоке анализа есть один девятиконтактный соединитель для коммутации с блоками измерительными и блоком связи. Внешний вид блока анализа показано на рис. 2.

В состав автономного аппаратно-аналитического комплекса входят два идентичных блока измерительных, каждый из которых содержит по шесть сейсмических каналов.

Блоки измерительные выполняют следующие функции:

- ✦ усиление и фильтрацию выходных сигналов геофонов;
 - ✦ преобразование усиленных и отфильтрованных сигналов в цифровую форму представления;
 - ✦ первичную обработку и анализ принимаемых сигналов;
 - ✦ выдачу в блок анализа результатов преобразования;
 - ✦ установку после команд из блока анализа параметров усиления, фильтрации и преобразования сигналов;
 - ✦ выдачу в блок анализа значения параметров и состояния блоков измерительных;
 - ✦ автономную проверку блоков измерительных и компенсации аппаратурных погрешностей.
- Структурно блок измерительный содержит:
- ✦ плату измерительную, которая является несущей платой и предназначена для преобразования усиленных и отфильтрованных сигналов в цифровую форму представления, контроля состояния аккумуляторов;
 - ✦ шесть плат усилителей, предназначенных для усиления и фильтрации выходных сигналов



Рис. 2. Внешний вид блока анализа автономного

геофонов, компенсации смещения «0» каналов;

- ✦ плату процессорную, предназначенную для управления ресурсами блока измерительного, управления картой FLASH SD и для передачи в блок анализа накопленных сигналов для дальнейшей визуализации и анализа;
- ✦ плату искрозащиты, предназначенную для обеспечения питания и взрывозащиты блока измерительного.

Плата измерительная является кросс-платой, к которой с помощью соединителей подключены платы шести усилителей. Кроме того, на плате расположены буферные регистры для связи с платой процессорной, АЦП, линейные стабилизаторы.

В состав платы усилителя входят следующие узлы: предварительный усилитель, активные фильтры питания предварительного усилителя, управляемый аттенюатор, каналный усилитель, перестраиваемый фильтр низких частот на переключаемых конденсаторах, компенсатор смещения «0», линейный стабилизатор питания.

Плата процессорная состоит из следующих модулей: интерфейса, процессора, оперативной памяти и FLASH SD. В состав платы искрозащиты блока измерительного входят токоизмерительные резисторы, два токовых зер-



Рис. 3. Внешний вид блока измерительного автономного



Рис. 4. Внешний вид блока связи удаленного

кала, защитный силовой транзистор, защитные модули выходного напряжения, модуль стабилизации.

Корпус блока измерительного представляет собой разъемный профиль фирмы ВОРЛА АВРН 1040 и закрыт крышками на винтах. Торцевые крышки имеют выход разъемов для подключения к блоку анализа и косы, которые входят в состав автономно-аппаратного комплекса. Одна из крышек имеет табличку с предупредительной надписью «ОТКРЫВАТЬ В ШАХТЕ ЗАПРЕЩЕНО», уровень и вид взрывозащиты РО Иа Х; IP54. Внешний вид блока измерительного изображен на рис. 3.

Блоки связи предназначены для обеспечения синхронного взаимодействия импульса сейсмических колебаний и процесса его регистрации, а также ведения голосовой связи между пунктами возбуждения и регистрации сейсмических колебаний.

Блок связи удаленный предназначен для фиксации момента сигнала с отметчика момента формирования импульса синхронизации и передачи его в линию связи. Блок связи центральный предназначен для приема с линии связи импульса синхронизации и формирования импульса для начала процесса регистрации сейсмосигнала. Оба блока связи предназначены также для обеспечения голосовой связи.

Внешний вид блока связи удаленного показан на рис. 4.

Основные технические характеристики ААК 12:

Число сейсмических каналов	12;
Разрядность АЦП, бит	12;
Диапазон регистрируемых частот, Гц	от 5 до 4000;
Уровень шумов, мкВ, не более	0,5;
Поканальная аттенюация сигнала, дБ	+112;
Длина выборки в отсчетах	256; 512; 1024; 2048; 4096; 8192;
Количество накоплений	от 1 до 255;
Частота среза ФНЧ, Гц	125; 250; 500; 1000; 2000; 4000;
Частота дискретизации, Гц.	250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16000;
Емкость энергонезависимой памяти, Гбайт, не менее	2;
Идентичность каналов по усилению, %, не менее	98;
Взаимные влияния между каналами, %, не более	0,05;
Уровень и вид взрывозащиты блока анализа, блока измерительного, блока связи центрального, блока связи удаленного	РО Иа Х;

Масса составных частей комплекса, кг:

Блок анализа	1,2;
Блок измерительный, кг	1,1;
Блок связи центральный, кг.	0,4;
Блока связи удаленный, кг.	0,4;

Габариты составных частей комплекса, мм:

Блок анализа	211 × 140 × 36;
Блок измерительный	183 × 110 × 45;
Блок связи центральный	113 × 108 × 35;
Блок связи удаленный	113 × 108 × 35.

ВЫВОДЫ

Аппаратно-аналитический комплекс ААК12 сконструирован и изготовлен для получения детальной, надежной и оперативной информации о наличии и характере геологических нарушений в массиве горных пород, которые резко снижают эффективность и безопасность ведения горных работ в сложных горно-геологических условиях добычи угля.

При стоимости проведения шахтных исследований с использованием аппаратуры ААК12 около 20 000 грн. (приблизительные расчеты по существующим государственным расценкам выполнены авторами для метода сейсмической локации) ожидаемый экономический эффект от ее внедрения может составлять несколько сотен тысяч грн. на один забой горной выработки за счет минимизации ущерба от возможного возникновения аварийных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анциферов А.В. Теория и практика шахтной сейсморазведки. — Донецк: ООО «Алан», 2002. — 312 с.
2. Schott W., Uhl O. Flozwellen seismische Untersuchungen auf dem Bergwerk Enseldorf der Saarbergwerke // Gluckauf 133. — 1997. — Nr. 7/8. — P. 480—490.
3. Summit systems. — Режим доступа : <http://www.summit-system.de/>.
4. Правила безпеки у вугільних шахтах // НПАОП 10.0-1.01-10.
5. Система стандартов безопасности труда. Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка // ГОСТ 12.2.020.
6. Электрооборудование взрывозащищенное. Общие технические требования и методы испытаний // ГОСТ 22782.0.

7. Электрооборудование взрывозащищенное с видом взрывозащиты «Искробезопасная электрическая цепь». Технические требования и методы испытаний // ГОСТ 22782.5.

*А.В. Анциферов, В.В. Туманов,
О.О. Глухов, О.І. Архипенко*

АВТОНОМНИЙ АПАРАТНО-АНАЛІТИЧНИЙ КОМПЛЕКС ААК12 ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ГЕОЛОГІЧНИХ ПОРУШЕНЬ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ МЕТОДАМИ ШАХТНОЇ СЕЙСМОРОЗВІДКИ

Представлено опис принципів схемотехнічних рішень автономного апаратно-аналітичного комплексу ААК12 з урахуванням забезпечення безпеки його використання в шахтних умовах. Розглянуто функціональні можливості основних вузлів і модулів розробленої апаратури щодо аналогової і цифрової обробки реєстрованих сейсмічних сигналів, візуалізації і оперативного аналізу результатів поточних вимірювань, збереження даних для подальшої комп'ютерної обробки. Приведені основні технічні характеристики комплексу ААК12.

Ключові слова: прогноз гірничо-геологічних умов, автономний апаратно-аналітичний комплекс, сейсмічні сигнали, вибухозахист, іскробезпечний електричний ланцюг.

*A.V. Antsiferov, V.V. Tumanov,
A.A. Glukhov, A.I. Arkhipenko*

STAND-ALONE HARDWARE ANALYTICAL SYSTEM AAK12 FOR DETECTION OF GEOLOGIC FAULTS IN COAL BEDS USING SEISMIC EXPLORATION IN MINES

General-circuit solutions for stand-alone hardware analytical system AAK12 taking into account safety measures for its employment in mines are described. Functional capabilities of the main units and modules of the equipment for analogue and numerical processing of recorded seismic signals, visualization and on-line analysis of the current measurements, data storage for further computer processing are considered. AAK12 basic technical specifications are given.

Key words: prediction of mining-geological conditions, stand-alone hardware analytical system, seismic signals, explosion protection, spark-safe electric circuit.

Стаття надійшла до редакції 12.06.13