

## НОВЫЙ ПОДХОД К ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ СРЕДСТВАМ КОНТРОЛЯ И ЭКСПРЕСС ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

*Представлена науково обґрунтована методологія побудови портативної комп'ютерної багатозадачної апаратури на основі восьмирічного досвіду досліджень на глибоких шахтах України і Росії . В ІГТМ НАН України виконані постановка задачі й сформульовані принципи побудови такої апаратури з урахуванням її великих можливостей. Основою підходу, що пропонується, є комплексне застосування для статичних і динамічних шахтних вимірів мобільної, портативної, комп'ютерної апаратури при раціональній праці.*

### THE NEW APPROACH TO THE METERING MEANS OF CONTROL AND EXPRESS-DIAGNOSTIC CONDITION OF MINE EXCAVATIONS

*The scientific grounded methodology construction of portable computer multitask apparatuses on the basis of eight-year experience of investigations on deep mines of Ukraine and Russia was bring. By the IGTM of NAS of Ukraine made the staging of task and formulated the construction principles such apparatuses taking into consideration of its big possibilities. In basis of proposed approach lies the complex application for static and dynamic mine's metering mobile, portable and computer-based apparatus at rational work.*

Безопасное и эффективное ведение горных работ на угольных шахтах возможно только при наличии и применении средств контроля состояния массива горных пород, крепи горных выработок, в том числе анкерной крепи, вентиляции, добычного и проходческого оборудования. При этом существенное усложнение оборудования используемого в шахтах, значительное увеличение его стоимости при относительно низкой надежности и высокой цене на техническое обслуживание еще больше повышает актуальность и необходимость такого контроля.

Обзор литературы за последние 20 лет указывает на резкое сокращение количества шахтных экспериментов и измерений не только в СНГ, но и дальнем зарубежье.

Анализ научных публикаций по проблематике шахтного эксперимента и измерения приводит к выводу, что, несмотря на ряд ощутимых результатов полученных отдельно для решения локальных шахтных задач, на сегодняшний день нет работоспособной единой методологии, которая рационально учитывала реальные потребности шахт и технические возможности современной аппаратуры измерения.

В данной работе частично восполнен этот пробел в плане постановки задачи и описания принципов построения такой аппаратуры, а также ее возможностей. Базой предлагаемого подхода является комплексное применение для статических и динамических шахтных экспериментов и измерений мобильной, портативной, компьютерной аппаратуры.

Для регистрации в шахтах до последнего времени используются шлейфовые осциллографы. Это усложняет проблему и процесс точной обработки результатов, технология анализа результатов очень трудоемка. Например, измерения, сделанные за четверо суток на скиповом подъеме № 3/2 в вентиляционном стволе № 3 шахты Чехословацкой армии в Карвине, обрабатывались в течение целого года [1]. Новейшим классом регистрирующих устройств для этих целей являются системы “цифровой осциллограф-процессор” для обработки данных. Такие процессоры преобразуют выходной сигнал в цифровую форму для последующего анализа информации. Регистрация и обработка параметров быстро протекающих динамических процессов в реальном времени позволяет учитывать достаточно большой круг факторов, действующих во времени и их взаимовлияние, которые при традиционной технологии обычно не учитываются. Идея использования компьютера, как базы единого комплекса регистрирующей и обрабатывающей аппаратуры позволяет объединить в единое целое теоретические результаты, данные экспериментальных исследований и промышленных экспресс-диагностических измерений.

В настоящее время в зарубежных странах многие системы такого рода за исключением сугубо специализированных, построенных на основе специализированных процессоров, оснащены персональными компьютерами и платой интерфейса, необходимого для связи и преобразования сигналов формирователя в понятную и унифицированную для ПЭВМ форму, удобную для дальнейшей обработки. Необходимость интерфейса обусловлена тем, что формирователи сигналов в большинстве своем выдают аналоговые электрические сигналы, неприемлемые для ЭВМ. Кроме того, сигналы формирователей не всегда согласуются с ПЭВМ по диапазону входных значений сигналов, скорости поступления информации и другим параметрам. Длительная практика использования доказала необходимость и важность интерфейса как средства, расширяющего возможности обработки сигналов в измерительных экспресс-диагностических системах. На основании этой практики можно выделить ряд общих особенностей, характерных для этапа разработки многозадачной измерительной аппаратуры, работающей в шахтных условиях:

1. Выбор экспериментальной (экспресс-диагностической) задачи. Когда процесс, выбран, то о нем собирают максимально исчерпывающую информацию и устанавливают с какой точностью и в каком диапазоне переменных нужно выполнить измерения, чтобы получить полную ясность картины. Конкретно это означает ответ на вопрос о том, какого типа данные нужно измерить, чтобы их можно было использовать в сочетании с теоретическими моделями, описывающими данный процесс и выявляю-

щими особенности, которые подвергаются анализу. При обосновании применения измерительного преобразователя (датчика) решается задача о погрешности измерения заданного параметра в точке объекта, на который крепится датчик, при условии, что чувствительный элемент датчика не может быть помещен непосредственно в эту точку, а отделен от нее устройством крепления, корпусом датчик и другими промежуточными элементами. Отличием этого случая является лишь то, что погрешности, создаваемые датчиком, не всегда удается оценить экспериментально.

В тех случаях, когда необходимо знать лишь о том, превышает ли регистрируемая физическая величина определенный уровень или нет, достаточно бинарного датчика. Такие датчики называют бинарными, так как их выходной сигнал имеет только одно из двух состояний: “включено” или “выключено”. Бинарные датчики по принципу действия делятся на контактные и бесконтактные.

Когда же требуется получать информацию в некотором непрерывном интервале значений физической величины, необходимо использовать датчики аналогового типа. По виду изменяемого выходного электрического параметра аналоговые датчики делятся на три группы: с изменяемым выходным напряжением, током и сопротивлением. К последней группе относятся реостативные датчики.

Для создания современных экспресс-диагностических систем наиболее перспективны аналоговые реостативные преобразователи с унифицированным выходным сигналом постоянного тока. Достоинством реостативных датчиков является отработанность и надежность в экстремальных условиях, высокая стабильность и точность преобразования, простота конструкции, малый вес и габариты, возможность применения электропитания постоянным током. Применение постоянного тока позволяет исключить влияние индуктивности линии связи (переходного устройства) повышает помехостойкость фидера и обеспечивает его достаточную протяженность.

Понятно, что датчики появились задолго до появления вычислительных машин и были предназначены для выполнения функции чувствительного элемента в измерительных приборах. Следствием этого является, как правило, несогласованность датчиков с ПЭВМ, связанная с различием во времени их создания. Одним из основных преимуществ современных измерительных преобразователей Государственной системы приборов (ГСП) по сравнению с подобными средствами прежних разработок является унификация их выходных сигналов. Современные датчики ГСП намного превосходят своих старших собратьев по надежности, имея при этом, значительно меньшую стоимость, но, к сожалению, обладают и целым рядом существенных недостатков, при этом развитие ПЭВМ настолько стремительно, что датчики по неволе все больше отстают от них.

На основании всего вышеизложенного можно сформулировать следующие требования к современным датчикам для компьютеризированной системы измерений, которые заключаются в необходимости обеспечения:

1. Высоких качественных характеристик (чувствительности, точности, линейности, воспроизводимости или повторяемости показаний, скорости отклика, взаимозаменяемости, отсутствием гистерезиса и большого отношения сигнал/шум;

2. Высокой надежности (длительного срока службы, устойчивости к внешней среде шахты, безотказности в работе);

3. Технологичности (малых габаритов и массы, простоты конструкции, низкой себестоимости).

Естественно, что изготовление датчиков, удовлетворяющих всем перечисленным требованиям, представляет собой значительные трудности, поэтому, исследования и разработка новых датчиков является предметом концентрации усилий во многих странах.

Ассортимент выпускаемых сейчас ПЭВМ очень высок и при проектировании компьютерной измерительной системы, можно легко выбрать оптимальный вариант и процессора и памяти. При работе с ПЭВМ часть недостатков применяемых датчиков может быть компенсирована за счет возможностей вычислительной машины, в частности:

1. Корректируется чувствительность и точка нуля (обычно меняются при эксплуатации).

2. Линеаризуется нелинейная характеристика датчика.

3. Подавляются шумы датчика.

4. Компенсируется влияние окружающей среды.

5. Производится автоматическая диагностика датчика.

Однако даже при наличии самой совершенной ПЭВМ без надежных отвечающих современным требованиям датчиков система экспресс-диагностики будет малоэффективна. Можно даже утверждать, что уровень датчиков определяет уровень системы. О датчиках, изготовляемых зарубежными фирмами очень мало информации, они - большая редкость на рынках Украины и, поэтому, практически недоступны. Поэтому безусловное внимание должно быть направлено на конверсионные датчики и приборы, которые в силу особенности государственной концепции и специфики проектировались и создавались на грани технической возможности. Здесь, нам кажется, особое внимание заслуживают разработки аэрокосмического направления, наиболее полно отвечающие экстремальным шахтным условиям.

2. Выбор принципа работы и блок-схемы аппаратуры. Почти любая научно-техническая проблема в шахте весьма сложна, при этом точно и числом измеряемых величин можно варьировать в широких пределах. Поэтому аппаратуру следует создавать на технически и экономически предельно доступном уровне развития.

3. Выбор встроенной ЭВМ. В настоящее время рынок предлагает широкий диапазон выбора комплектующих, поэтому для принятия окончательного решения необходимо при этом удовлетворить следующие требования:

- достаточную емкость памяти и быстродействие, наличие соответствующего математического и программного обеспечения;

- мультизадачность программного обеспечения. Это необходимо для проведения таких разных работ, как отладка аппаратуры, совершенствование математического обеспечения, набор статистических данных измерений, частичный программный анализ ранее полученных данных;

- малую чувствительность к динамическим перегрузкам, вибрациям, вариациям температуры и давления, повышенной, агрессивной влажности и другим неблагоприятным факторам в условиях действующей шахты;

- длительную работу без квалифицированной профилактики и ремонта.

4. Оценка помех. Изучаемый процесс всегда сопровождается другими процессами, которые загружают измерительную систему и могут искажать или фальсифицировать исследуемую реакцию. Возникает задача отделения интересующего эффекта от фона. Ее надо тщательно оценить на стадии создания, определить величину помех и предусмотреть пути их снижения. Существуют принципиально неустранимые помехи, когда изучаемый процесс может быть отделен от сопровождающих помех только статистически. В этом случае главным оказывается высокая статистика и достаточная разрешающая способность преобразователя неэлектрического сигнала в электрический. Последнее рассчитывается так, чтобы погрешность вычисления была сравнима или меньше величины отличительного признака.

5. Анализ систематических погрешностей. Полученные результаты включают неопределенности, вызванные плохим знанием и не учетом различных факторов. Поэтому следует планировать различные контрольные опыты, в которых одна и та же величина измеряется различными способами или при различных конфигурациях аппаратуры, например, сочетать акселерометрический и тензометрический метод измерения. Желательно так же заготовить несколько алгоритмов обработки данных.

6. Математическое обеспечение должно составлять значительный пакет программ: расчет по теоретическим моделям работы, программа реального времени, калибровка и тесты измерительной аппаратуры, обработка данных измерений, анализ полученных результатов в рамках теоретических моделей. Реальный ход работы в шахте несет осложнения и неожиданности, поэтому переделка и модификация ранее созданных программ неизбежны. Чтобы минимизировать потери, нужно разделить программу на модули так, что модификации будет подлежать только часть модулей, решающих специальные задачи. Остальные модели должны быть универсальными (в рамках решаемой задачи).

Желательной является программа статистического моделирования измерительной системы. Она вычисляет поправки на эффективность и разрешение аппаратуры, которые, вообще говоря, довольно сложным образом влияют на результат. Алгоритм поиска может путать сигнал от разных преобразователей и помех, в результате часть информации теряется и воз-

никает возможность появления ложной. Ясно, что измерение в итоге зависит от многих аппаратурных факторов и обработки данных. Соответствующие поправки можно вычислить, например, методом Монте-Карло. Используя случайные числа, разыгрывают искусственные события. Затем воспроизводят полную картину регистрации событий в измерительной системе с учетом всех факторов. В качестве распределения используют измеренную в данном цикле функцию  $f_0(\theta, P)$ . Искусственные события обрабатывают по той же программе, что и натурные измерения и получают функцию  $f_{0,m}(\theta, P)$ . Статистическая точность искусственного эксперимента должна быть несколько выше, чем реального натурального измерения. Теперь можно вычислить искомую поправку  $c_1 = f_0 / f_{0,m}$  и поправочную функцию  $f_1 = c_1 f_0$ .

Однако  $f_1$  нельзя рассматривать как окончательный ответ, так как для моделирования была вначале взята заведомо приближенная характеристика  $f_{0,m}(\theta, P)$ , которая искажена аппаратурными факторами. После второго шага получена более точная характеристика  $f_{0,m}(\theta, P)$ . Следовательно, процесс Монте-Карло нужно повторить с функцией  $f_1$ . В результате получим вторую интерпретацию поправки  $c_2 = f_1 / f_{1,m}$  и искомой функции  $f_2 = c_2 f_0$  и т.д. Если поправка  $f_{0,m}(\theta, P)$  не слишком отличается от единицы, то метод последовательного приближения быстро сходится, то есть  $|f_i - f_{i+1}| < \varepsilon$  для  $i=2,3$ , где  $\varepsilon$  - статистическая ошибка  $f_i$ .

7. В аппаратуре должна быть некоторая избыточность, так как в ходе работ возникает необходимость корректировки первоначального плана или даже конечной цели. Избыточность аппаратуры дает возможность с минимальными потерями времени адаптировать измерительную систему к новым условиям шахтного измерения.

Ввод в ПЭВМ электрического сигнала требует учета всей специфики аппаратуры и представляет собой наиболее трудоемкую и ответственную часть работы. Стесненные рамки статьи не позволяют рассмотреть этот принципиальный и емкий вопрос.

Выводы:

1. Применение предлагаемого подхода обеспечит переход процессов оценки состояния и диагностики горных выработок на качественно новый уровень путем использования современных компьютеризованных систем сбора и обработки информации.

2. Накопленный опыт по шахтным измерительным средствам контроля и экспресс диагностики свидетельствует о том, что предлагаемый подход является необходимым и достаточным условием состояния надежного геомониторинга горных выработок и разрушения горных пород.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Šebella Z. Tenzometrikě mězení dynamiky vicelanovych těžních zařízení Uhli № 29. Ostrava, 1981. – P. 453-461.