

**ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ШАХТ И РУДНИКОВ**

Розглянуто особливості побудови мікропроцесорних систем автоматизованого технологічного контролю надійності роботи шахт та рудників.

**SINGULARITIES OF CONSTRUCTING OF MICROSUSTEM OF AN
AUTOMIZED CONTROL TECHNOLOGI OF RELIABILITY OF
OPERATION OF MINES**

The singularities of constructing of microsustem of an automized control technologi of reliabilitu of operation of mines and ore mines are reviewed.

Надежность автоматизированного технологического контроля, например, электроэнергетических систем (ЭЭС), как и любой технической системы, зависит от условий их функционирования, в частности: отклонения фактического электропотребления от расчетного, задержки ввода или вывода вспомогательного электрооборудования; снижения ресурсообеспеченности электростанций, отказов элементов самой системы и ошибок эксплуатационного персонала. Действие этих факторов компенсируется за счет: выбора структуры (конфигурации электрической сети, структуры генерирующих мощностей, системы управления и т. д.); повышения надежности и улучшения технических показателей оборудования; резервирования во всех звеньях системы (производства, преобразования, передачи и распределения электрической энергии, управления), включая обеспечение запасов энергоресурсов; выбора средств автоматического управления системой; улучшения организации эксплуатации, включая совершенствование системы планово-предупредительных ремонтов и повышение качества работы персонала [1].

При выборе управляющих воздействий для реализации указанных путей повышения надежности учитывают следующие особенности ЭЭС: связь с другими отраслями народного хозяйства, прежде всего, с системами газо-, нефте- и углеснабжения, обеспечивающими снабжение тепловых электростанций, а также с отраслями, обеспечивающими производство оборудования (электротехнической промышленностью, приборостроением); территориально-временную иерархию построения ЭЭС и управления их режимами; сезонную и суточную неравномерности режимов электропотребления, приводящие к необходимости планирования графика производства электроэнергии и величины резервных мощностей с учетом распределения объемов плановых ремонтов оборудования; жесткие требования к качеству электроэнергии; неполноту или недостаточную достоверность информации о параметрах и режимах системы в целом [2, 3].

Показатели надежности для системы со слабыми связями (шахтной или заводской локальной энергетической системы, геомеханического или геофизиче-

ского мониторинга) для конкретной реализации определяют методами линейного программирования [1]. Такие физические процессы еще имеют причинно-следственный характер. До сих пор предполагалось, что моделируются постепенные отказы, когда персонал, реагируя на определенные внешние проявления, имеет возможность подготовить вывод элемента из работы. В этих случаях, как правило, возможность нарушения устойчивости системы практически исключается. При внезапных же отказах, например, случайных аварийных коротких замыканиях на линиях электропередачи, возможны нарушения устойчивости, а при неблагоприятных условиях – и дальнейшее (каскадное) развитие аварии. Определение показателей надежности при этом осуществляется принципиально так же, как описано выше. Но, здесь при подготовке статистических данных должны учитываться как прогнозируемые, так и внезапные отказы элементов, однако при этом важен не просто факт отказа, но и вид повреждения его вызывающий. Причем, если изначально переходные процессы носят причинно-следственный характер, то при наложении случайных аномальных явлений вступают в работу синергетические процессы (закономерности хаоса), связанные с самоорганизацией явлений [4-8].

Критерием перехода от регулярной, сложно организованной структуры к хаосу служит ее устойчивость по отношению к малым возмущениям [9]. Снижение устойчивости структур к случайным возмущениям приводит к необходимости перехода от их детерминированного описания к вероятностному, учету синергетических аспектов, особенностей хаотизации явлений и процессов. Исследовать их возможно с помощью компьютерного моделирования, вызывая возмущения генераторами случайных чисел или хаоса [10]. При этом, для сохранения устойчивости системы необходимо использование многопараметрового многоканального контроля самой системы, который хотя и не всегда сможет исключить аварийное стечение обстоятельств, но будет автоматически повышать порог ее устойчивости к малым возмущениям, то есть, в идеале, учитывать как все причинно-следственные связи, так и предупреждать о тенденции накопления случайных повреждений и динамических возмущений в локальной системе.

Для шахтного контроля технологических процессов отечественной промышленностью, как правило, выпускаются специализированные автоматизированные системы, предназначенные для решения конкретных технологических задач горного производства. К таким системам относятся, например, разработки института «Автоматуглерудпром» (НПО «Красный металлист», Украина), ОАО «Автоматгормаш им. В.А. Антипова», НГУ и др.: устройство группового контроля и индикации температуры УКИТ; комплекс телемеханики поверхности шахт ТПШ; система телемеханики объектов туликовых выработок СТТВ; аппаратура дистанционного управления канатными дорогами АДУКД; стойка приема информации СПИ-1М; аппаратура автоматизации шахтных калориферных установок АКУ-3.1.1М, АКУ-3.2.1М; аппаратура автоматизации механизированных комплексов КМ-138А; цифровые системы управления конвейерным транспортом и т. д. Каждая из этих систем предназначена для выполнения определенных функций, например: контроля порогового и индикации текущего значения температуры под-

шипников стационарных установок; масла в редукторах компрессоров, дробилок и других горных машин; приема непрерывных сигналов о содержании метана и дискретных сигналов о достижении предельно допустимой его объемной доли в местах установки анализаторов; регистрации величины, выдачи звуковой и световой сигнализации и т. п. [11 - 13].

Основным недостатком специализированных систем является отсутствие их функциональной гибкости, что обуславливает трудности по перенастройке и наращиванию. Для передачи информации чаще всего используются каналы связи шахтной телефонной сети, радиоканал, линии электроснабжения или отдельный кабель.

Для автоматизации поверхностного комплекса шахт предложено использовать модульные системы на основе программируемых логических контроллеров (ПЛК). К наиболее известным из них относятся контроллеры линеек Twido, Nano, Micro, Modicon, Premium, Quantum фирмы Schneider Electric, ПЛК «Пролог», а также продукция фирм Siemens, Allen Bradley и др. Для контроля и управления удаленным оборудованием целесообразно использовать системы распределенного ввода/вывода Advantis.

В настоящее время в развитии систем автоматизации наблюдаются следующие тенденции: быстрое освоение новых компьютерных технологий; повышение степени детализации систем сбора информации и управления; возрастание роли открытых систем; ориентация систем на прикладные области применения; использование персональной ЭВМ в качестве платформы для автоматизации. Системы сбора и обработки информации на базе персональной ЭВМ – самый экономичный и быстрорастущий сегмент в сфере автоматического мониторинга технологических процессов и управления ими.

К преимуществам таких систем можно отнести наличие встроенных видеосредств, большой объем внутренней, внешней памяти и наработанного программного обеспечения, более широкие возможности операционных систем по сравнению с ОС программируемых логических контроллеров, наличие широкого спектра средств разработки и систем автоматизированного проектирования, сетевые возможности. Возможность интеграции бизнес-систем, баз данных, систем делопроизводства и управления предприятием непосредственно с системами мониторинга и управления технологическими процессами позволяет сократить затраты на оборудование на 45%. Применение персональной ЭВМ для автоматизированной системы дополняет ее архитектуру теми функциями, которые плохо реализуются программируемыми логическими контроллерами и микроконтроллерами. К ним относятся встроенный эргономичный человеко-машинный интерфейс (HMI), сетевые возможности и доступ в Internet, управление сбором данных (SCADA), менеджмент и управление производством (MES), подготовка технической документации, производственной отчетности и статистический контроль (SPC).

При проектировании автоматизированной системы необходимо опираться на следующие принципы: многоуровневость системы мониторинга и управления в реальном времени; открытость и совместимость с имеющимся программным

обеспечением и аппаратными средствами ведущих мировых производителей через промышленные стандарты; масштабность и модульность в широком спектре приложений; интеграцию в высокоуровневые бизнес-системы.

Многоуровневость системы должна проявляться в ее программно-аппаратной структуре, а масштабность и модульность - в возможности ее поэтапного внедрения и наращивания от оперативного контроля до максимально автоматизированного контроля и управления. Использование в подсистеме нижнего уровня программируемых контроллеров позволяет обеспечить такие их преимущества, как возможность перепрограммирования под конкретные задачи измерений и управления, малое время начальной загрузки, большая длительность безотказной работы, наличие средств дискретного и аналогового ввода/вывода, таймеров и др.

Что касается программного обеспечения для микроконтроллеров подсистемы нижнего уровня в приложении к горному делу, то оно либо вообще отсутствует, либо недоступно разработчикам в Украине. При этом программы на языках математического моделирования с использованием их встроенных функций позволяют эффективно и быстро дополнить существующее программное обеспечение, что подтверждает доминирующую на рынке автоматизации концепцию построения систем на платформе IBM-совместимых персональных ЭВМ.

Построение систем контроля и управления технологическими процессами на основе персональных ЭВМ стало возможным благодаря тому, что в последние годы значительно повысились надежность, точность, быстродействие и функциональные возможности устройств ввода/вывода и сопряжения. Обмен информацией между центральным процессором персональной ЭВМ и устройством ввода/вывода может быть осуществлен с помощью программного обеспечения на трех уровнях: нижнем уровне машинного программирования, уровне драйверов и уровне специализированных программных пакетов.

Одним из перспективных направлений автоматизации является создание управляющих экспертных систем – программ, основанных на человеческих экспертных знаниях, объем которых автоматически постоянно повышается благодаря анализу и накоплению информации об успешно выполненных заданиях. Такая система выдает пользователю возможные решения в критических ситуациях, отделяет не связанные с данной конкретной ситуацией факторы, а среди оставшихся устанавливает связи и зависимости.

Современные системы автоматизации могут включать элементы нейронных сетей, обеспечивающие определенные преимущества в выполнении оценок, представлении характеристик и выводов. В результате синтеза элементов нейронных сетей и экспертных систем возможно создание эффективной автоматизированной системы, в которой нейронная сеть анализирует данные, а экспертная система выбирает некоторые дискретные решения, которые будут применены в конкретных ситуациях. Таким образом, в перспективе возможно создание полностью автоматической системы контроля и управления технологическими процессами горного производства.

К автоматизированным системам контроля и управления технологическими процессами предъявляются общие и специальные (обусловленные спецификой

горного производства) требования: общие - высокое отношение «функциональные возможности / стоимость», надежность (безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость), гибкость (перестраиваемость, наращиваемость), метрологическая обеспеченность, соответствие действующим стандартам; специальные - взрывобезопасность, искробезопасность, пылевлагозащищенность и другие.

Автоматизированные системы могут быть специализированными (предназначенными для решения конкретных задач горнотехнического производства) и универсальными (способными решать множество разнообразных задач). Применение микропроцессорных средств в системах автоматизации контроля процессов горного производства позволяет осуществить принцип универсальности на основе разделения структуры системы на аппаратную и программную части. При этом перенастройка системы производится программно, а ее наращивание упрощается применением стандартизированных интерфейсов обмена информацией и предельной унификацией отдельных модулей.

Автоматизированные микропроцессорные системы могут быть децентрализованные и централизованные. Децентрализованные системы представляют собой сеть однотипных контроллеров, каждый из которых, как правило, обладает одинаковыми возможностями доступа к коммуникационным линиям обмена информацией по горизонтали. Такие системы чаще всего имеют одноуровневую структуру. В настоящее время получила развитие теория децентрализованных систем управления технологическими процессами горного производства с использованием принципов коллективного управления. Разработаны и исследованы математические модели, алгоритмы и программное обеспечение. Для централизованных систем характерны иерархические многоуровневые системы, в которых центральная ЭВМ (объект нулевого ранга) непосредственно связан с рядом подчиненных ему контроллеров (объектов первого ранга), каждый из которых, в свою очередь может взаимодействовать с объектами второго ранга и т. д. В настоящее время все более широкое применение находят централизованные системы автоматизации процессов горного производства на основе IBM-совместимого центрального компьютера и сети удаленных контроллеров.

В значительной степени характер применения и функциональные возможности автоматизированных систем сбора и обработки информации определяются их программным обеспечением. Под программным обеспечением (ПО) понимается организованный комплекс программ, описаний и инструкций, обеспечивающих решение задач, обусловленных назначением системы, ее структурой и конкретной инженерной реализацией ее аппаратной части.

Можно выделить четыре основных класса программного обеспечения компьютерной автоматизированной системы контроля и сигнализации и программных инструментов для ее создания: 1) операционная система; 2) инструментальные средства (инструментальные языки и системы программирования); 3) пакеты прикладных программ (прикладные системы); 4) программные средства подсистемы нижнего уровня.

Первые два класса программного обеспечения относятся к базовым. Некото-

рые компоненты этих классов (операционная система, трансляторы языков, отладчики и др.) являются универсальными для автоматизированных систем различного назначения и поэтому целесообразно использовать готовые программные продукты ведущих фирм-разработчиков программного обеспечения. Остальные компоненты, а также программы третьего и четвертого классов являются объектно-ориентированными и разрабатываются для конкретной информационно-управляющей системы отдельно. Они тесно взаимосвязаны с ее структурой и назначением, физической сущностью и математическим описанием контролируемого технологического объекта. Разнообразие и специфика применений таких систем препятствует созданию стандартизованных программных модулей указанных классов. В частности автоматизированные системы сбора и обработки информации могут осуществлять контроль электрических сетей, всех транспортных работ, устойчивости горных выработок, сдвижений и обрушений кровли, горных ударов, оползневых явлений, выбросов пород, угля и газа, геофильтрации и прорыва пульпы и шахтных вод. Комплексные системы совмещают функции контроля некоторых или всех перечисленных параметров с функциями автоматизированного управления шахтными механизмами и машинами.

Предложена следующая структура программного обеспечения шахтной автоматизированной системы сбора и обработки информации (рис. 1). Классификационными признаками, на основе которых производится выбор ОС для конкретной автоматизированной информационно-управляющей системы, могут служить следующие характеристики: назначение (ОС общего назначения или специализированные); ориентация на тип микропроцессора используемых ПЭВМ; способ организации вычислительного процесса; способ организации управления памятью; способ организации взаимодействия пользователя с вычислительными ресурсами; набор инструментальных языков, поддерживаемых данной операционной системой; диапазон возможностей использования и изменения конфигурации технических средств, в том числе и сетевых средств. Для компьютерной автоматизированной системы контроля и сигнализации рационально применить стандартную многопользовательскую, многозадачную операционную систему реального времени ориентированную на IBM-совместимую модель центральной ПЭВМ, поддерживающую протоколы обмена данными по наиболее распространенным промышленным шинам и современные средства коммуникации.

Инструментальные средства относятся к программному обеспечению 2-го класса и предоставляют в распоряжение пользователя возможности, связанные с реализацией решения конкретных проблем автоматизации сбора и обработки информации. Для разработки программного обеспечения автоматизированной информационно-управляющей системы предложено применять стандартные инструментальные средства.

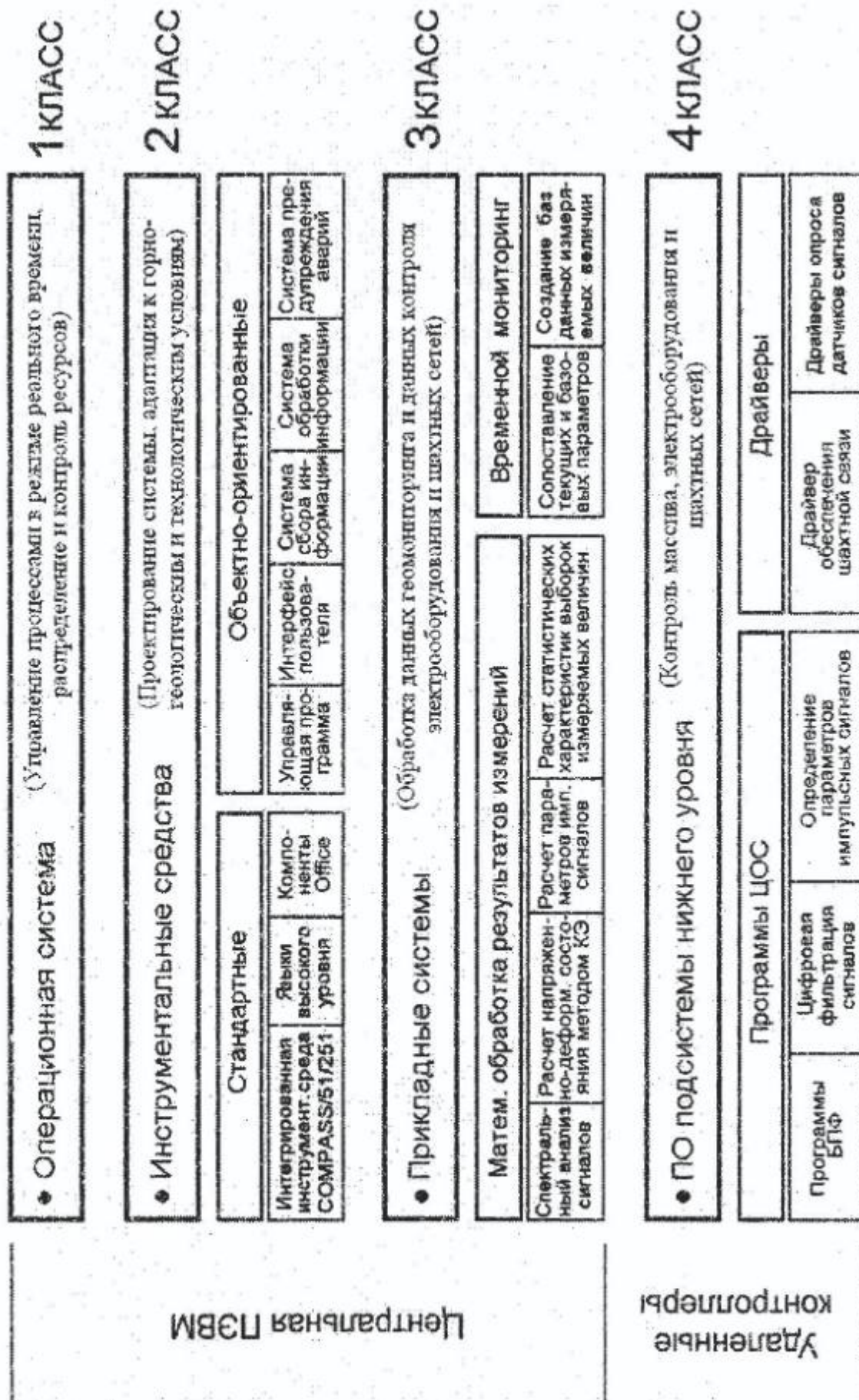


Рис. 1 – Структура программного обеспечения автоматизированной системы

В состав стандартных инструментальных средств входят языки программирования, интегральные инструментальные оболочки и другие программные оболочки, позволяющие программировать и обеспечивать выполнение тех или иных действий (например, задавать алгоритмы и функциональные зависимости вычисления величин). Наиболее подходящими языками программирования высокого уровня для автоматизированных информационно-управляющих систем являются Visual Basic.net, Delphi и C/C++. Для программирования систем автоматизации, построенных на основе программируемых логических контроллеров использованы языки лестничных диаграмм (Ladder Diagram, LD), функциональных блоков (Function Block Diagram, FBD) и списка инструкций (Instruction List, IL). В некоторых случаях для описания переходов между состояниями целесообразно применять язык графов (Grafset). К программным оболочкам, позволяющим реализовать вычисление сложных математических и статистических функций, относятся пакеты Mathcad, Mathematica, MatLab, Statistica и другие.

Одним из основных преимуществ систем автоматизированного сбора и обработки информации на базе микропроцессорных средств является их функциональная гибкость, заключающаяся в возможности настройки таких систем на новые задачи измерений и контроля программным путем, без изменения аппаратной части системы. Это, с одной стороны, позволяет уменьшить затраты в случае необходимости перенастройки системы, а с другой – обеспечивает ее “моральную” долговечность. В связи с этим в состав программного обеспечения компьютерной системы автоматизированной диагностики и контроля состояния технологического объекта рационально включить программные средства, позволяющие в случае необходимости выполнять разработку и отладку соответствующих программ. Одним из таких средств является интегрированная инструментальная среда ИИС (Integrated Development Environment, IDE) для микроконтроллеров COMPASS/51/251 IDE фирмы Production Languages Corporation [14]. Также все более широкое применение находит ИИС uVision 2 от Keil Software.

Такие инструментальные средства как языки программирования (процедурно-ориентированные) и интегрированные инструментальные оболочки (машинно-ориентированные) используются квалифицированными пользователями (а не операторами) для перепрограммирования системы на новые задачи измерений и контроля. При этом в состав программного обеспечения желательно включить библиотеки подпрограмм, потребность в которых может возникнуть в будущем с учетом назначения автоматизированной системы и профиля предприятия-заказчика системы (например, для системы автоматизированного контроля состояния горного массива это могут быть подпрограммы, реализующие различные передаточные функции цифровых фильтров, написанные на мнемоническом языке контроллеров подсистемы нижнего уровня). В состав стандартных инструментальных средств могут быть включены также компоненты MS Office или Open Office, необходимые для оформления отчетной документации. Благодаря многозадачности операционной системы процесс автоматизированного контроля технологического объекта при достаточном быстродействии системы для заданной скорости мониторинга не прерывается.

К объектно-ориентированным инструментальным средствам относится управляющая программа, обеспечивающая через операционную систему диалог с оператором автоматизированного информационно-управляющего компьютерного комплекса (т. е. объектно-ориентированный интерфейс пользователя), а также программы систем предупреждения аварий, сбора и промежуточной обработки информации. Они позволяют задавать (программировать) режимы работы всей системы. Объектно-ориентированные инструментальные средства разрабатываются отдельно для конкретных автоматизированных систем.

К классу прикладных систем отнесены программные продукты, работа которых возможна только в оболочке программ-инструментальных средств (функциональная подчиненность) и программные продукты, являющиеся выделенными по некоторым признакам подпрограммами инструментальных средств (структурная подчиненность). Эти программы обеспечивают математическую обработку результатов измерений и мониторинг измеряемых параметров. Математическая обработка включает вычисление статистических характеристик выборок и построение регрессионных моделей, спектральный анализ сигналов, расчет параметров импульсных сигналов, расчет технологических параметров, напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов и другими методами. Мониторинг подразумевает сопоставление контролируемых параметров с их граничными допустимыми значениями. Весь пакет программ этого класса должен разрабатываться для конкретной информационно-управляющей системы [15, 16].

К классу программного обеспечения подсистем нижнего уровня относятся все программы, хранящиеся в постоянной памяти удаленных контроллеров, в частности драйверы обмена с центральной ПЭВМ, подпрограммы инициализации внешних устройств и первичной цифровой обработки сигналов датчиков. Первичная цифровая обработка необходима для преобразования и выделения существенной информации для дальнейшей ее передачи на центральную ПЭВМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надежность технических систем: Справочник / Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др. - Под ред. И.А. Ушакова. - М.: Радио и связь, 1985. - 608 с.
2. Рухлов А.В. Энергозабезпечення вугільних шахт у контексті проблем енергетики України // Гірнича електромеханіка та автоматика, 2006. - № 77. - С. 19-25.
3. Кожевніков А.В. Аналіз спільної роботи декількох підстанційних пристроїв системи частотної захисту // Гірнича електромеханіка та автоматика, 2006. - № 77. - С. 25-31.
4. Долбилін Н. Ігра "Хаос" і фрактали. // Квант, 1997. - № 4. - С. 2 - 8.
5. Булат А.Ф., Дирда В.І. Фрактали в геомеханіці. - К.: Наук. думка, 2005. - 358 с.
6. Усаченко Б.М., Паламарчук Т.А., Слащева Е.А. Исследование синергетических и волновых процессов в массиве горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. - М.: МГТУ, 2000. - № 8. - С. 182-184.
7. Яланский А.А. (ст.), Паламарчук Т.А., Розумный С.Н. Особенности и диагностика процессов самоорганизации породного массива в окрестности горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. - М.: МГТУ, 2003. - № 3. - С. 151-154.
8. Швець О.Ю. Детермінований хаос при коливаннях фізичного маятника // Наукові вісті НТУУ "КПІ", 2006. - № 4. - С. 85 - 91.
9. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику. - М.: Наука, 1990. - 270 с.
10. Дмитриев А.С., Ефремова Е.В. Транзисторные генераторы хаоса с заданной формой спектра мощности колебаний // Радиотехника, 2005, №8, С. 67-72.
11. Голинко В.И., Котляров А.К., Белоножко В.В. Контроль взрывоопасности горных выработок шахт: Монография. - Днепропетровск: Наука и образование, 2004. - 208 с.
12. Черный С.И., Довгань А.С., Яланская Н.А. Некоторые вопросы контроля температуры электрооборудования

13. Силаев В.И., Синенко В.В., Красик Я.Л. Результаты и перспективы научно-исследовательской деятельности института Автоматгормаш // Уголь Украины, 2006.-№ 9. – С. 13 – 18.

14 Воробьев А.А., Яланский А.А. Подготовка методического обеспечения учебного курса «Микроконтроллеры» для студентов электротехнических специальностей: интегрированные инструментальные средства// Компьютерные технологии в обучении, научных исследованиях и промышленности. – Днепропетровск: РИК НГА Украины. – 1998. – С. 12-18.

15. Ткачев В.В., Яланский А.А. Реализация быстрого преобразования Фурье методом двенадцати ординат с помощью однокристальных микроконтроллеров // Гірничя електромеханіка та автоматика. – Дніпропетровськ: РВК НГА України. – 1999. - №3 (62). – С. 61-67.

16. Корсун В.И., Иконникова Н.А. Оперативный контроль частотных параметров электрических сигналов методом двадцати четырех ординат в режиме реального времени // Гірничя електромеханіка та автоматика, 2006.- № 77.- С. 98-102.

УДК 622.831.312

И.Н. Слащев

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРЕПЛЕНИЯ ШТРЕКОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ НАКЛОННЫХ И КРУТЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Приведено результати експериментальних і аналітичних досліджень зміщень контуру штреків, обґрунтування оптимальної конфігурації поперечного перерізу, параметрів способів та засобів кріплення при відпрацюванні похилих і крутих вугільних пластів Донбасу.

THE SUBSTANTIATION ARGUMENTS ATTACHMENT OF GATES AT MINING SLANT AND STEEPLY DIPPING OF BENCH COALS

The results experimental and analytical investigations offsets of gates, substantiation of the optimum configuration of a cross-section, arguments of modes and facilities modes of attachment are reduced at mining slant and steeply of bench coals of Donbass.

Применение рациональных способов крепления и охраны откаточных штреков необходимо для повышения их устойчивости, производительности труда, безопасности горных работ и, в конечном итоге, для снижения затрат на добычу ценных коксующихся и энергетических углей на шахтах Донбасса. Исследованиями [1, 2] установлено, что в условиях наклонных и крутозалегающих угольных пластов, неравнокомпонентного исходного поля напряжений асимметричная форма выработки может быть элементом управления горным давлением с формированием асимметричной, относительно контура выработки, зоны опорного давления. При этом возрастает роль крепи, параметров применяемых способов охраны и расположения выработок как элементов управления горным давлением в системе «крепь-массив» [3].

Определение оптимальной формы поперечного сечения штреков при отработке глубоких горизонтов шахт в зависимости от параметров напряженного состояния породного массива проведено путем оптимизации затрат на проведение и поддержание выработок, транспорт и проветривание. Целевая функция оптимизации затрат по горной выработке имеет вид: