

- 4 случая, вызванных эндогенным огнем;
- 1 случай – вспышка между проводами внешней (кабельной) электрической тяги.

Скрытые факторы, инициирующие возгорание, стали причиной 2 случаев воспламенения метана. В двух других случаях посчитали, что эта причина столь же вероятна, как и эндогенный огонь. В одном случае один из следующих четырех факторов, инициирующих возгорание, рассматривался как самый вероятный: эндогенный огонь, электрическая дуга, внутреннее искрообразование в породе или электростатические нагрузки.

4. Заключение

Воспламенения метана и пагубные последствия таких событий в большинстве случаев вызваны очевидными факторами, несмотря на то, что их легче предсказать и предотвратить, чем скрытые.

Нужно помнить, что только непрерывный контроль взаимосвязанных и существующих опасностей и оперативный анализ инициирующих факторов возможного воспламенения представляют весомую составляющую в мероприятиях по борьбе с опасностью воспламенения метана и взрыва.

УДК 622.411.33: 622.812.002.56

Канд. техн. наук Станислав Тренчек,
директор Центра Пиотр Войтас
(Центр электрификации и автоматизации
горнодобывающей промышленности)

ВАЖНОСТЬ ИЗМЕРЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В АСПЕКТЕ ПРИЧИН ВОСПЛАМЕНЕНИЯ МЕТАНА

У статті описані ефекти взаємних зв'язків і існуючої небезпеки на загальному рівні безпеки з акцентом до обставин, сприяючих займанню метану. У таблицях представлені зв'язок між температурою займання і тривалістю потенційно вибухових умов при певній концентрації метану щодо динамічних явищ, викликаних займанням метану. Вибухи метану, які відбулися раніше раніше, класифіковані як очевидні і приховані. У загальних рисах змальовані причини, контролюючі умови, які роблять просте вимірювання з концентрації метану недостатньою мірою, щоб контролювати небезпеку, пов'язану із займанням метану, і відмічена необхідність обліку небезпеки ендогенних пожеж і гірських ударів. Розглянуто новий метод для систематичного і всестороннього контролю чинників, що впливають на пожежонебезпеку, гірські удари і вугільні вибухи пилу, який включає нові функціональні можливості.

IMPORTANCE OF MEASURING INSTRUMENTATION IN THE ASPECT OF THE METHANE IGNITION INITIALIZERS

1. Introduction

As occurrence of evident initializers is much more predictable and they can be easier tracked and preventive actions against consequences thereof are also facilitated.

However, actual hazards that occur during mining operations may differ from the predicted ones, thus permanent risk monitoring is a matter of crucial importance.

Permanent progress in science and experience accumulated as a result of disasters caused by specific reasons enable continuous expansion of knowledge on the possible hazards and lead to tuning of adequate regulations that govern mining operations. Mining equipment and machinery is constantly upgraded in terms of occupational safety whilst secure mining technologies are being implemented for underground operations in conjunction with better organization of work, use of advanced control and measurement instrumentation for both one-shot measurements and permanent monitoring.

2. Importance of monitoring for associated hazards

Metrology is the branch of science that has been played and is permanently playing an important role in the process of hazard control [4, 6, 7]. Dynamical progress in that branch is closely associated with progress of science and technology, in particular in electrical engineering, electronics and computer science [5]. Increasing level of hazards gave also a spur to speed up designing of new metering and control instruments [2].

During the period from 1945 to 1960 the most hazard in Polish coal mines was from fires, therefore studies on remote detection of fires were launched. Consequently, the analyzer of carbon oxide SATW-1 was developed and later on (in mid eighties) the systematic metering of CO was implemented with use of the fire detector and alarm raiser SP-24.

In early 60s of the previous century, when construction of coal mines in the Rybnik Coal Basin (ROW) was launched and coal extraction therein started, fire hazards were supplemented with hazards of methane explosions. It is why use of fixed methane gauges was set compulsory and appropriate control systems were designed to cut off electric power supply to endangered regions. Automatic measurement of methane concentration was initially used only in coal seams with the highest category of methane hazard and based on domestic solutions (methane gauges “Barbara-ROW”). Later on, in 70 s, due to permanently increasing hazards, central control systems were imported from France with subsequent purchasing of a license to manufacture them in Poland and to extend their application area to regions with lower level of methane hazards.

In turn, the break of 70s and 80 s of the previous century witnessed an increasing hazard from rock bumps, which was associated with deeper and deeper levels of coal extraction. Early measurement instruments (of the SSA1 type) based on tracking signals from geophones installed in underground excavations with use of self-writing recorders with slow transfer of a paper tape. The first automatic system based on seismic and acoustic method (SAK) was developed in early 80s whilst the micro seismology was harnessed some later to develop the system SYLOK. Owing to fast progress in microprocessor technology, these systems could be subsisted in early 90 s with the systems for rock bump control called ARES and ARAMIS [1].

Starting from the early 90 s the problem of combined hazards (coincidence of methane, fire, rock bump and coal dust explosion risks) proved to be more and more

significant. It increased the probability that emergency and critical states might happen in mining enterprises. Therefore, adequate handling the information on hazard levels combined with monitoring of technological processes became the problem of crucial importance, essential for safety of the personnel. It gave spur to central control and supervising over safety of mining staff in order to visually present variations of parameters attributable to pre-programmed and monitored processes with use of dynamic synoptic tables. Due to simultaneously increased importance of monitoring and supervising over associated hazards it was not only the engineer-in-chief who was in charge of all the control systems but also the supervisors of methane metering system and the rock bumping warning network started to play important roles. It proved to be necessary to integrate all the alerting and messaging subsystems into a unified control and supervising network with a logical hierarchy and a multi-level structure for monitoring the process of coal extraction and mining safety issues (SD2000). It is an open system that enables to connect and integrate new, subsequent subsystems and modules [8].

3. Systematic and comprehensive monitoring of hazards

The new system SMP-NT/A that was developed and put in operation in 2006 represents a comprehensive and turnkey solution for problems related to monitoring of safety and performance parameters in mining enterprises in accordance to relevant Polish regulations in force [3, 1]. The entire system (Fig. 1) encompasses equipment of the central control room (on a mine surface), field equipment (in underground areas), data sources (analog and binary sensors and gauges) along the entire IT structure, necessary for supervision of safety and performance of mining enterprises.

The underground equipment makes it possible to perform continuous monitoring of the underground environment, including the following particular activities:

- measurements of physical parameters and chemical composition of air – tracking for aerological hazards,
- permanent checking of operability and performance of ventilating devices,
- seismic and acoustic monitoring of stress and strain in rock mass,
- seismic monitoring of quakes in the rock mass,
- monitoring of dust content in the coal mine air and assessment of the dust deposition rates,
- monitoring of technical condition and performance of machinery and technological lines,
- execution of ON/OFF control algorithms for underground machinery and equipment, including automatic shutdown of equipment under threat of explosion.

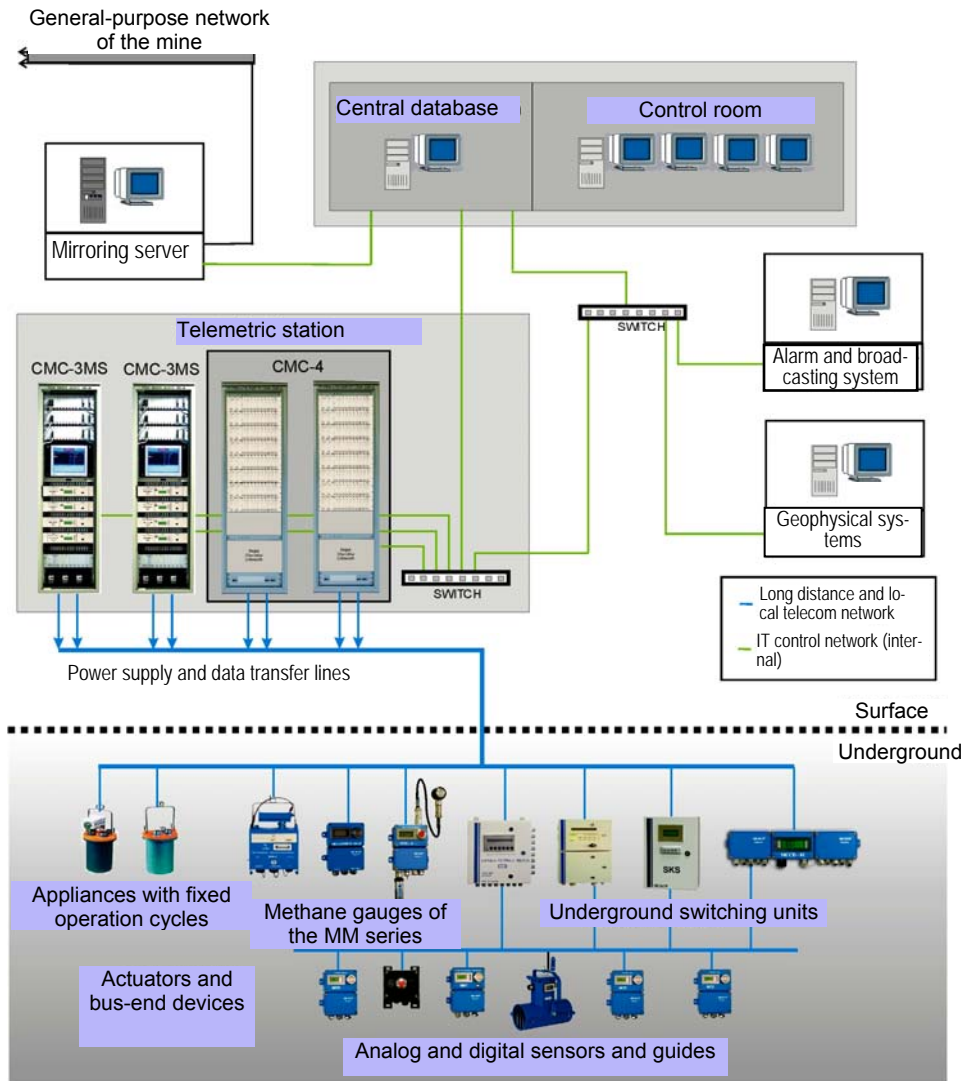


Fig.1 – Overview of the SMP-NT/A system

The underground part of the system is made up exclusively of explosion-proof (intrinsically safe) appliances that can be remotely supplied from line contours of telemetric stations. It is the feature that is particularly important for coal mines with very high level of natural hazards and it enables to maintain continuous monitoring of the environment under any conditions, independently on the temporary status of the underground electric power grid. Both the measurement and actuator subsystem as well as the IP infrastructure (data transfer and control) represent the modular design that means that the system is scaleable and can be adjusted to match the monitored facilities and perform functions that are desired by users at any moment of time.

The mines that extract coal beds with very high risk of rock bump hazards or methane and rock outbursts are particularly interested in monitoring by means of seismic and combined seismic and acoustic methods. These objectives are achieved by means of the ARES-5/E seismic and acoustic system that is capable to convert, with use of geophone measuring probes placed on anchors in side walls of development roadways, speed and acceleration values of the rock mass into electric signals.

The signals are amplified and filtered in circuits of the measuring units and then transmitted to the Geophysical Control Station of the mine via the telecom cable network and receiving modules of the station. In turn, the ARAMIS M/E seismic system (with digital transmission of measurement signals) makes it possible to locate quakes that could have occurred on the mine area, calculate the quake energy and assess hazard from rock bumps by means of seismological methods. High dynamics of recorded signals (110 dB) and bandwidth of recorded frequencies (0 – 150 Hz) as well as insensitivity of digital transmission to interferences enable fault-free recording of both weak seismic phenomena from 10^2 J and the ones with very high energy with simultaneous identification of characteristic timing phases of seismic processes. Depending on the size of monitored facilities the system uses various sensors and gauges, i.e. seismic meters or low frequency geophones. That field equipment makes it possible to record seismic signals on the control server in the on-line mode.

Monitoring of dust content in the mine air is a unique solution as it enables to determine rates of coal dust deposition within a specific region in longwall-adjacent excavation, where the pattern model of deposition distribution is used as a reference. The monitoring process makes it possible to evaluate level of coal dust explosion hazard and adjust suitable protective measures.

The systematic and comprehensive monitoring of associated hazards enables digital processing of signals and computer-aided interpretation of underlying phenomena, which is carried by the surface part of the system. The system structure adherently matches the related requirements imposed by relevant regulations and directives. In particular:

- guarantees execution of the hierarchical model for extraction and safety management that is mandatory for the mining industry,
- enables electric supply from both the underground equipment and the mine surface that guarantees reliable operation under any conditions,
- provides the facilities to perform tasks that are required by relevant regulations, including visualization in the central control room, keeping records and development of reports based on measured data and events with execution of control functions for underground power supplying and signalling devices.

In addition, the system incorporates the following functionalities:

- automatic warning of working staff in hazardous zones about possible threats,
- integration with geophysical systems to enable automatic preventive cut-offs of electric power in regions where the occurred quakes may lead to rapid build-up of methane concentration,
- collaboration, via IT systems and networks, with other data acquisition and visualization systems operated by mining enterprises.

4. Conclusions

Reconnaissance of actual hazard levels due to methane inflow to no extent can be merely limited to monitoring of its parameters and protection of endangered regions by automatic methane metering systems, as such systems can be considered only as an auxiliary tool.

The presented functionalities and capabilities of systematic and comprehensive systems dedicated to monitoring of associated and combined hazards serve as a background to state that it is possible to be vigilant and undertake appropriate protective measures against consequences of hidden initializers as well as evident ones, such as endogenous fires, sparking caused by hits of rocks against other materials, sparking caused by mechanical friction of various parts in the equipment, electric arcs or open fire in extracted excavations.

REFERENCES

1. Isakow Z., Krzystanek Z., Trenczek S., Wojtas P.: Environmental Hazards Monitoring in Polish Mining. Referat zgłoszony na XXI Światowy Kongres Górniczy, Kraków 7-12 września 2008 (The paper submitted to the 21st World Mining Congress, Cracow, 7-12 September, 2008).
2. Kabiesz J., Konopko W.: Problemy skojarzonych zagrożeń górniczych w polskich kopalniach węgla kamiennego. *Bezpieczeństwo i Ochrona Środowiska w Górnictwie* 1995, nr 5 (Problems of associated mining hazards in Polish coal mines, *Safety and Environment Protection in Mining*, 1995, № 5).
3. Krzystanek Z., Mirek G., Wojtas P. 2000: Integracja systemów alarmowo-rozgłoszeniowych z systemami metanowo-pożarowymi sposobem zwiększenia bezpieczeństwa górniczego. *Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa*, nr 9-10 (Integration of the warning and broadcasting systems with methane and fire prevention systems as a way to increase safety in mining industry. *Mechanization and Automation in Mining*, № 9 – 10).
4. Roszczynialski W., Trutwin W., Waclawik J. 1992: Kopalniane pomiary wentylacyjne. Wyd. „Śląsk”, Katowice (Measurements in mining ventilation systems, “Śląsk” Publishers, Katowice).
5. Trenczek S.: Automatykzna aerometria górnicza dla kontroli zagrożeń aerologicznych. *Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa* 2005, nr 3 (Automatic aerometry in mining industry for monitoring of aerological hazards. *Mechanization and Automation in Mining*, 2005, № 3).
6. Trenczek S., Wojtas P.: Rozwój pomiaroznawstwa stosowanego od pomiarów wskaźnikowych do monitorowania i nadzorowania bezpieczeństwa. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Seria: Studia i Materiały* – nr 32, Wrocław 2006 (Development of the applied measurement techniques from indicative measurements to safety monitoring and surveillance. Scientific output of the Mining Institute of the Technical University in Wrocław, Series: Studies and Materials – No 32, Wrocław 2006).
7. Trutwin W. 1999: Pomiaroznawstwo i monitorowanie wentylacji kopalń. *Materiały 1. Szkoły Aerologii Górniczej*, Wyd. Centrum EMAG, Katowice (Metrology and monitoring of ventilation in underground mines. Proceedings of the 1st School of Mining Aerology, Published by the EMAG Centre, Katowice).
8. Wasilewski S.: Udział Centrum EMAG w rozwoju gazometrii automatycznej. *Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa* 2005, nr 5 (Contribution of the EMAG Centre into development of automatic gas metering technology. *Mechanization and Automation in Mining*, 2005, № 5).

ВАЖНОСТЬ ИЗМЕРЯЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В АСПЕКТЕ ПРИЧИН ВОСПЛАМЕНЕНИЯ МЕТАНА²

1. Введение

Возникновение очевидных факторов, инициирующих воспламенение метана, предсказуемо, они могут легче прослеживаться и позволяют своевременно принимать меры против последствий. Однако, фактические опасности, которые происходят во время добычи угля, могут отличаться от предсказанных, поэтому контроль постоянного риска, является вопросом первостепенной важности.

Постоянное продвижение науки и опыта, накопленного в результате аварий, вызванных определенными причинами, позволяет непрерывно расширять знания относительно возможных опасностей и приводит к созданию инструкций, которые управляют операциями горной промышленности. Горное оборудование и машины постоянно модернизируются в отношении профессиональной

² Перевод асп. А. Приходченко

безопасности. Безопасные технологии горной промышленности осуществляются для подземных операций в соединении с лучшей организацией работы, использованием передового оборудования для постоянного контроля мгновенных измерений.

2. Важность контроля опасности горных работ

Метрология - ветвь науки, которая играла и играет важную роль в процессе контроля опасности [4, 7, 6]. Динамическое продвижение этой науки близко связано с продвижением науки и техники, особенно в электротехнике, электронике и информатике [5]. Увеличение уровня опасностей также дало толчок, ускорению проектирования новых инструментов измерения и контроля [2].

В период с 1945 до 1960 гг. основной опасностью в польских угольных шахтах были пожары, поэтому были начаты исследования по дистанционному обнаружению пожаров. Анализатор углеродистой окиси SATW-1 был создан и внедрен (в середине восьмидесятых). Систематическое измерение СО было осуществлено с использованием датчика температуры и сигнального прибора SP 24.

В начале 60-ых годов предыдущего столетия, когда строительство угольных шахт в Рыбникском угольном бассейне было начато и там началась добыча угля, к пожароопасности была добавлена опасность взрывов метана. Поэтому было установлено применение закрепленных измерителей уровня метана, были разработаны обязательные и соответствующие системы управления, чтобы отключать поставку электроэнергии к подвергаемым опасности зонам. Автоматическое измерение концентрации метана первоначально использовалось только в угольных пластах с самой высокой категорией опасности метана, и основывалось на внутренних концентрациях (измеритель уровня метана "Barbara-ROW"). Позже, в 70-ых годах, из-за резко увеличивающейся опасности, центральные системы управления были импортированы из Франции с последующей покупкой лицензии, чтобы производить их в Польше и расширить их область применения на области с более низким уровнем опасностей метана.

В свою очередь, в период 70-ых и 80-ых годов предыдущего столетия была отмечена увеличивающаяся опасность от горных ударов, связанная с увеличением глубины извлечения угля. Ранее применялись приборы измерения (типа SSA1), основанные на прослеживании сигналов от геофонов, установленных в подземных выработках, с использованием самопишущих регистраторов с медленной передачей бумажной ленты. Первая автоматическая система, основанная на сейсмическом и акустическом методе (SAK), была разработана в начале 80-ых годов. Использовалась микросейсмология немного позже, до разработки системы SYLOK. Вследствие быстрого развития микропроцессорных технологий эти системы существовали в начале 90-ых с системами для контроля за горным ударом, названными ARES и ARAMIS [1].

С начала 90-ых годов проблема комплексной опасности (выбросы метана, пожары, горные удары и взрывы угольной пыли) оказалась более существен-

ной. Это увеличило вероятность того, что чрезвычайная ситуация и критические ситуации могли происходить на добывающих предприятиях. Поэтому обработка информации об уровнях опасности, объединенных с контролем технологических процессов, стала проблемой первостепенной важности, существенной для безопасности персонала. Это дало толчок развитию центрального контроля и контролю безопасности горнорабочих, что позволило визуально представить изменения параметров, относящихся к предопределенным и проверенным процессам с использованием динамических синоптических таблиц. Из-за одновременно увеличенной важности контроля и наблюдения сеть начала играть основную роль, это был не только инженер-руководитель, который отвечал за все системы управления, но и наблюдатель системы измерения метана и предупреждения горных ударов. Было необходимо объединить все подсистемы приведения в готовность и передачи сообщений в объединенный контрольный центр и наблюдение сети с логической иерархией и многоуровневой структурой для того, чтобы контролировать процесс добычи угля и решать проблемы безопасности (SD2000). Это - открытая система, которая позволяет соединить и объединить новые, последующие подсистемы и модули [8].

3. Систематический и всесторонний контроль опасности

Новая система SMP-NT/A, которая была разработана и начала использоваться в операциях в 2006 году, представляет всестороннее решение проблем, связанных с контролем безопасности и параметров работы на добывающих предприятиях в соответствии с соответствующими польскими инструкциями [1, 3]. Вся система (рис. 1) охватывает оборудование центральной диспетчерской (на поверхности), полевое оборудование (в подземных выработках), источники данных (аналоговые, двойные датчики и шаблоны) вдоль всего IT-структурирования, необходимы для наблюдения за безопасностью работы добывающих предприятий.

Подземное оборудование позволяет выполнять непрерывный контроль подземной окружающей среды, включая следующие специфические действия:

- измерения физических параметров и химического состава воздуха – отслеживающих аэрологические опасности;
- постоянная проверка удобства использования и работа проветривающих устройств;
- сейсмический и акустический контроль напряжения в горном массиве,
- сейсмический контроль землетрясений в горном массиве;
- контроль содержания пыли в воздухе угольной шахты и оценке норм перемещения пыли;
- контроль технического условия и работы машин и технологических линий;
- выполнение ВКЛ\ВЫКЛ контроля алгоритмами для подземных машин и оборудования, включая автоматическое закрытие оборудования перед угрозой взрыва.

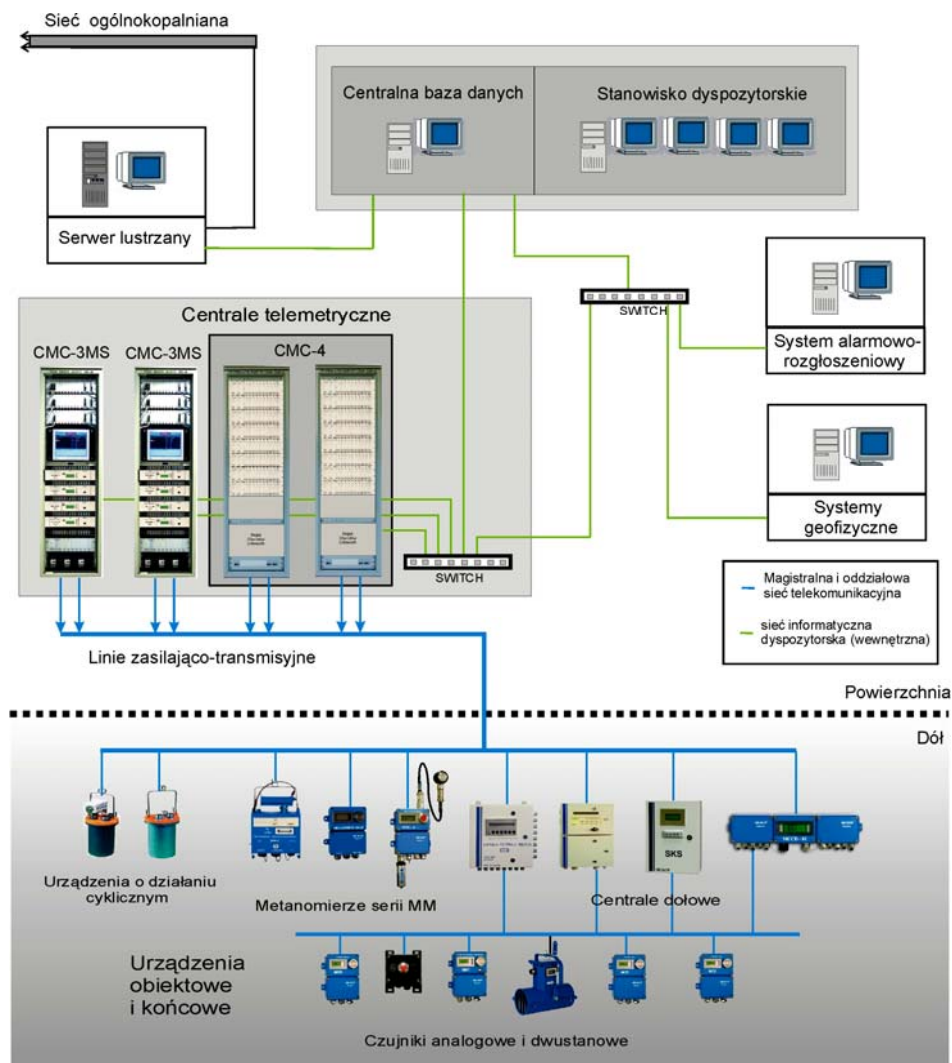


Рис. 1. Краткий обзор системы SMP-NT/A

Подземная часть системы составлена исключительно из взрывобезопасных приборов, которые могут поставляться отдельно от контуров линии телеметрических станций. Это - особенность, которая важна для угольных шахт с очень высоким уровнем естественных опасностей, и это позволяет, поддерживать непрерывный контроль окружающей среды при любых условиях, независимо на временном статусе подземной сетки электроэнергии. И измерение и подсистема привода головок так же как IP инфраструктура (передача данных и контроль) представляют модульный проект, который означает, что система может быть приспособлена, в соответствии с необходимыми запросами и выполнять функции, которые необходимы пользователям в любой момент времени.

Для шахт, которые ведут добычу из угольных пластов с очень высоким риском горных ударов или выбросов горных пород и метана, особенно интересен Контроль, осуществляемый средствами сейсмических, объединенных сейсмических и акустических методов. Эти цели достигнуты посредством ARES-5/E

сейсмической и акустической системы, которая способна преобразовать, с использованием геофонов помещенных в якоря в стенах горных выработок, скорость и силу ускорения движения горного массива в электрические сигналы. Сигналы усиливаются и фильтруются в числовые выражения и затем передаются геофизической станции контроля через сеть кабелей телекоммуникации и модулей. В свою очередь, ARAMIS M/E сейсмическая система (с цифровой передачей сигналов измерения) позволяет определить местонахождение землетрясений, которые, возможно произошли, вычисляют энергию землетрясения и опасность от горных ударов посредством сейсмологических методов. Высокие величины зарегистрированных сигналов (110 децибелов) и полосы пропускания зарегистрированных частот (0 – 150 гц) так же как нечувствительность цифровой передачи к посторонним вмешательствам позволяют регистрировать без ошибок как слабые сейсмические явления (от 10^2 J), так и сильных, с очень высокой энергией, с одновременной идентификацией характерных фаз выбора времени сейсмических процессов. В зависимости от условий система использует различные датчики и шаблоны, то есть сейсмические параметры или низкую частоту геофонов. Полевое оборудование позволяет выполнить запись сейсмических сигналов на сервере контроля в способе онлайн.

Контроль содержания пыли в горном воздухе - уникальное решение, поскольку это позволяет определять нормы перемещения угольной пыли в пределах определенной области в смежных с забоем выработках, где модель образца распределения смещения используется как пример. Контрольный процесс позволяет оценить уровень опасности взрыва угольной пыли и применить необходимые защитные меры.

Систематический и всесторонний контроль связанных опасностей выполняет цифровую обработку сигналов и автоматизированную интерпретацию основных явлений, которую получает поверхностная часть системы. Структура системы соответствует основным требованиям, указанным соответствующими инструкциями и директивами. В особенности:

- выполнение гарантий иерархической модели для извлечения и управления безопасностью, обязательное для горнодобывающей промышленности;
- позволяет выполнять поставку электроэнергии и от подземного оборудования и с поверхности, что гарантирует надежную операцию при любых условиях;
- обеспечивает функции, позволяющие выполнить задачи, которые требуются соответствующими инструкциями, включая визуализацию в центральной диспетчерской, ведение учета и интерпретации сообщений, основанных на взвешенных данных и событиях с выполнением функций управления для подземного управления и сигнальные устройства.

Кроме того, система включает следующие функциональные возможности:

- автоматическое предупреждение рабочего штата в опасных зонах о возможных угрозах;
- интеграция с геофизическими системами, что позволит производить автоматические профилактические сокращения электроэнергии в областях, где

произошедшие землетрясения могут привести к быстрому наращиванию концентрации метана;

- сотрудничество, через IT-системы и сети, с другим получением и накоплением данных и системами визуализации.

4. Заключение

Разведка фактических уровней опасности из-за притока метана может быть просто ограничена контролем ее параметров и защитой подвергаемых опасности областей автоматическими системами измерения метана, эти системы можно рассматривать только как вспомогательный инструмент.

Представленные функциональные возможности и способности систематических и всесторонних систем, посвящены контролю связанных и объединенных опасностей, служат, чтобы предупредить, о необходимости быть бдительным и предпринять соответствующие защитные меры против последствий как скрытых так и очевидных, таких как эндогенные пожары, возгорания, вызванные трением обломков горных пород о другие материалы, возгорания, вызванные механическим трением различных частей в оборудовании, электрических дугах или открытом огне при добыче.

УДК 622.411.33

Академик НАН Украины В.Е. Сторишко
(Институт прикладной физики НАН Украины),
канд. физ.-мат. наук Г.В. Кирик (концерн «Укрросметалл»),
канд. физ.-мат. наук А.Д. Стадник (МИКЭМ)

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ МЕТАНООТДАЧИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Розглянуті нові технології підвищення метановіддачі вугільних пластів з використанням інертних газів та їх сумішей з іншими, а також устаткування для реалізації запропонованих технологій.

NEW TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT USED FOR INCREASING METHANE RECOVERY IN THE COAL SEAMS

New technologies are considered for increasing methane recovery in the coal seams with the help of inertia gases and their mixing with other gases as well as equipment used for these technologies.

Известно, что запасы метана угольных пластов превышают запасы природного газа и оцениваются в 260 трлн. м³. На долю Украины приходится примерно 12 - 25 трлн. м³.

Общие ресурсы метана в угольных пластах России составляют, по различным источникам, 48 - 65 трлн. м³. Около 80 % угольных шахт России классифицируются как газовые, из них 50 % имеют относительную метанообильность свыше 10 м³/т. По прогнозам российских ученых, в Кузнецком угольном бассейне сосредоточено порядка 13 триллионов кубометров извлекаемого из