

mgr inż. WOJCIECH KORSKI
Instytut Technik Innowacyjnych EMAG

dr inż. JACEK KORSKI
FAMUR S.A.

Możliwości w zakresie poprawy bezpieczeństwa oraz efektywności wydobywania przy zastosowaniu gazowego monitoringu ścianowego

Possibilities of Extraction Safety and Efficiency Improvement Offered by Longwall Gas Monitoring Systems

Wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji węgla oraz rosnącym wydobywaniem z niskich pokładów, stwarzających konkretne problemy wentylacyjne, wzrasta zagrożenie metanowe i pożarowe w ścianach wydobywczych kopalń węgla kamiennego. Wzrost zagrożenia rodzi potrzebę monitoringu gazowego nie tylko w rejonie ściany wydobywczej, ale i w samym wyrobisku ścianowym. Obecne rozwiązania w zakresie systemów gazometrii kopalnianej nie są przystosowane do tego wyzwania. W procesach gospodarczych realizowanych w przedsiębiorstwach wydobywczych zmniejszenie niepewności i ryzyka wchodzi w zakres działań na rzecz poprawy efektywności – elementem takich działań może być rozbudowany monitoring gazowy w wyrobisku ścianowym. Dlatego też systemy gazowego monitoringu ścianowego (LGMS – Longwall Gas Monitoring Systems) stanowią naturalny krok w rozwoju kopalnianych systemów gazometrycznych. W artykule przedstawiono możliwe zalety systemów LGMS w aspekcie poprawy bezpieczeństwa oraz ich unikalne możliwości wpływu na efektywność wydobywania węgla kamiennego. W podsumowaniu wskazano kierunki rozwoju systemów LGMS oraz ich możliwe przyszłe zastosowania.

As coal extraction is reaching deeper and there is more and more excavation from thin coal seams, which causes specific ventilation issues, methane explosion and fire threat at longwalls of coal mines increases. The threat increase brings about the need of gas monitoring not only in the area of the longwall, but also in the longwall complex as such. Current solutions with regard to coalmine gasometry do not address this challenge adequately. In economic processes implemented in mining companies the reduction of the sense of insecurity and risk is an element of activities aiming at efficiency improvement - and one of the elements of such activities might be developed longwall complex gas monitoring. This is why longwall gas monitoring systems (LGMS) are a natural step forward in the development of coal mine gasometry systems. The article features possible advantages of LGMS systems in terms of safety improvement and their unique opportunities of impact upon coal extraction efficiency. In the summary, the direction of LGMS systems development and their possible future applications are indicated.

1. WSTĘP

Wydobycie węgla kamiennego związane jest z szeregiem zagrożeń naturalnych i technicznych. Nasilenie tych zagrożeń zmienia się zarówno z czasem, miejscem, jak i robotami górniczymi, dlatego ich monitorowanie stanowi istotny element działalności podziemnych zakładów górniczych. Na przestrzeni lat sposoby kontrowania i monitorowania zagrożeń naturalnych ewaluowały tak, by jak najlepiej spełniać swoje zadanie. Artykuł przedstawia argumenty za stosowaniem systemów gazometrii ścianowej – kolejnego rozwiązania mającego podnieść bezpieczeństwo w kopalniach węgla kamiennego.

Systemy gazowego monitoringu ścianowego (LGMS – *Longwall Gas Monitoring Systems*) stanowią następny krok w rozwoju systemów gazometrii kopalnianej, zastępując ręczne kontrole stanu zagrożenia gazowego w wyrobisku ścianowym monitoringiem w czasie rzeczywistym. Zaletą tych systemów jest możliwość ich wykorzystania do pomiarów w wyrobisku ścianowym, z uwzględnieniem zrobów zawałowych. Budowa tych systemów znacznie odbiega od najpowszechniej stosowanych w polskim górnictwie systemów gazometrycznych SMP-NT oraz CST. Głównymi różnicami są: topologia magistrali, lokalny sposób zasilania oraz ograniczona funkcjonalność współpracy z systemami blokad metanometrycznych. Systemy gazometrii ścianowej stanowią głównie źródło informacji o stanie zagrożenia gazowego w wyrobisku ścianowym, natomiast ich samodzielna praca w roli systemów bezpieczeństwa wymaga osobnych rozważań. Wynika to między innymi z faktu, że dotychczasowe implementacje idei systemów ścianowego monitoringu gazowego były jedynie opracowaniami badawczymi [4, 5], niewprowadzonymi do obrotu komercyjnego.

Prace w kierunku systemowego monitoringu gazowego w wyrobiskach ścianowych mają dwojakie uzasadnienie. Pierwszym, podstawowym, jest podniesienie poziomu bezpieczeństwa pracy, drugie wiąże się z możliwymi korzyściami płynącymi z zastosowania tego monitoringu w planowaniu i prowadzeniu eksploatacji węgla kamiennego w warunkach zagrożenia metanowego.

2. PRZYCZYNY WZROSTU ZAGROŻENIA METANOWEGO

Za stosowaniem systemów gazowego monitoringu ścianowego, w aspekcie podniesienia bezpieczeństwa, przemawia kilka czynników, mających wpływ na stan zagrożenia metanowego (rys. 1).

1. INTRODUCTION

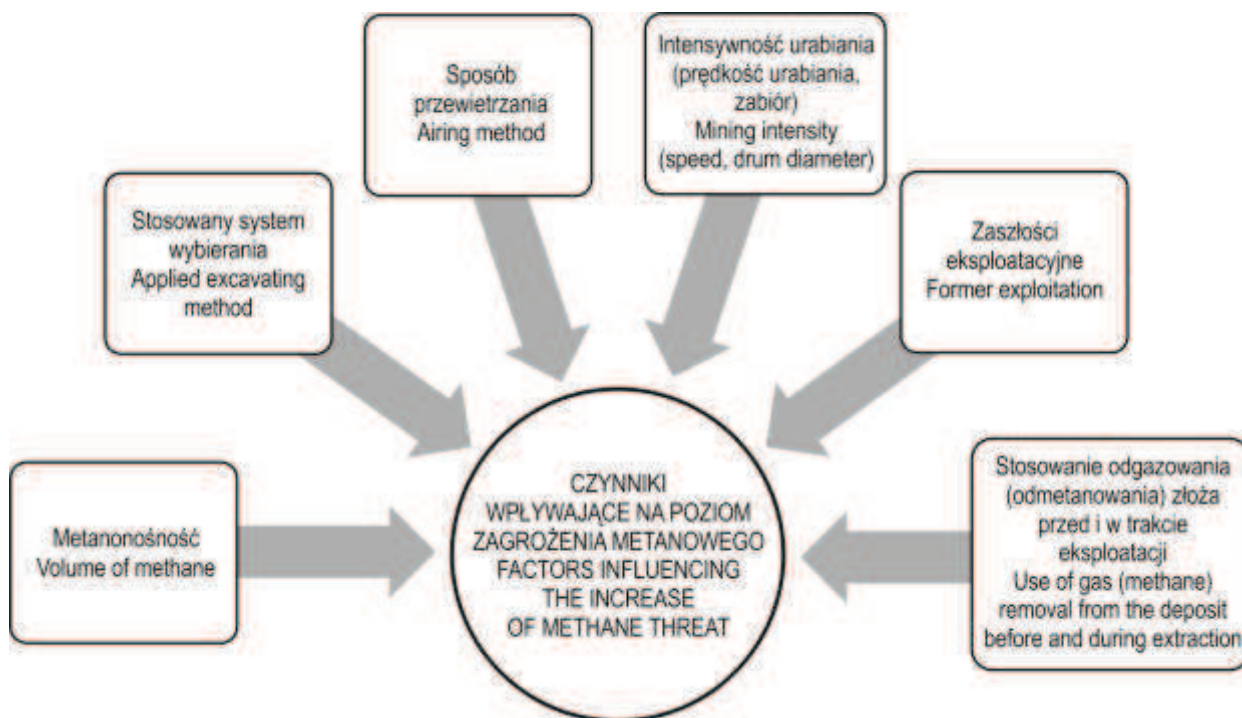
Coal extraction is related to a number of natural and technical threats. Threat intensity changes with time, place as well as mining works, therefore monitoring of these threats constitutes a vital element of business activity of underground mining companies. The ways of control and monitoring of natural threats have been changing over the years in order to fulfill their duties as well as possible. The article presents arguments supporting the use of longwall gasometry systems - another solution which is supposed to increase safety in coal mines.

Longwall gas monitoring systems (LGMS) are a natural step forward in the development of coalmine gasometry systems, replacing manual gas threat level controls in longwall workings by real-time monitoring facilities. Their advantage is their dedication to perform measurements in the longwall working, taking into account goaf of longwalls with cavings. The construction of these systems is significantly different from the most common gasometry systems used in Polish mining industry – SMP-NT and CST. The main differences are topology of communication bus, local method of energy supply and limited functionality of cooperation with methane control facilities. Systems of longwall gasometry are the main source of information about gas threat in the longwall complex, whereas their independent work as a safety system requires further consideration. It is caused by the fact that implementations of longwall gas monitoring systems ideas so far have only been subject to research studies [4, 5], not employed in commercial environment.

Actions towards system gas monitoring in longwall workings have two lines of justification. The first, main, is to increase the level of safety at work; the other - possible advantages caused by the use of this kind of monitoring in planning and performing coal extraction in methane threat conditions.

2. REASONS OF METHANE THREAT INCREASE

There are several factors influencing the level of methane threat which support the use of longwall gas monitoring systems in terms of safety improvement (fig. 1).



Rys. 1. Czynniki wzrostu zagrożenia metanowego [opracowanie własne]
 Fig 1. Factors influencing the increase of methane threat [own study]

Wraz ze wzrostem głębokości zalegania eksploatowanych pokładów węgla najczęściej wzrasta metanonośność węgla – wpływa to istotnie na wzrost metanowości wentylacyjnej podczas urabiania węgla. Dla utrzymania żywotności kopalń schodzi się z wydobywaniem coraz głębiej. W polskim i ukraińskim górnictwie węglowym eksploatowane są pokłady na głębokościach przekraczających 1100 metrów. W poszukiwaniu efektywności ekonomicznej zmierza się do minimalizacji kosztów, także na skutek ograniczenia ilości robót przygotowawczych. Dąży się do stosowania możliwie najprostszyc systemów przewietrzania, w tym poprzez wykorzystanie systemów przewietrzania ścian wydobywczych nie w pełni dostosowanych do prognoz zagrożenia metanowego. Większość ścian (ok. 60%) przewietrzana jest sposobem na „U” od pola [7]. Ten sposób przewietrzania nie jest jednak tak skuteczny w przypadku zagrożenia metanowego, jak sposoby przewietrzania na „Y”, „H” lub „Z”, ale upraszcza wykonanie robót przygotowawczych i związanych z utrzymaniem wyrobisk. Ilość świeżego powietrza, niezależnie od stosowanego sposobu przewietrzania, ograniczona jest także przepisami określającymi maksymalne prędkości prądu powietrza w wyrobisku wybierkowym. Utrzymanie bezpiecznego poziomu (stężenia) metanu wymusza więc ograniczenie postępu ściany i, mimo wszystko, zadziałanie zabezpieczeń metanometrycznych wskutek przekroczenia dozwolonych stężeń metanu.

With the increasing depth of extracted coal reserves, volume of methane in coal also increases - which significantly impacts the volume of methane in the air during the process of coal extraction. In order to maintain the existence of coal mines, the coal is extracted on increasing depths. In Polish and Ukrainian coal mining industry, extracted coal reserves are on depths exceeding 1,100 meters. In order to increase economic efficiency, it is necessary to minimize costs, including the amount of preparation works. There are attempts to use the simplest possible airing systems, including the use of systems of longwalls airing not fully adjusted to forecasts of methane threats. Majority of longwalls (c. 60%) is currently performed in the “U”-shaped systems from the field [7]. This airing system, however, is not as successful in case of methane threat as airing systems type “Y,” “H,” and “Z,” but it makes the preparation works easier and simplifies works related to workings’ maintenance. The amount of fresh air, regardless the airing system, is also limited by regulations defining maximum air current speed in longwall workings. Therefore, the need to keep the safe level (concentration) of methane forces the limitation of longwall progression, and, nonetheless, minimizes the performance of anti-methane security measures as a result of excess concentrations of methane.

Mechanizacja wydobycia, a zwłaszcza urabiania węgla, jest niewątpliwie jednym z elementów zwiększających intensywność urabiania, a więc odprężania i rozdrabniania węgla – jest to jeden z czynników zwiększających intensywność wydzielania metanu [3].

Aby zaistniał zapłon lub wybuch metanu, muszą jednocześnie wystąpić:

- paliwo, w tym przypadku metan,
- utleniacz – tlen zawarty w powietrzu wentylacyjnym,
- inicjał zapalający.

Tlen dochodzi do wyrobiska ścianowego wraz z prądem powietrza. Metan najczęściej dopływa bezpośrednio w ścianie z urobionego urobku, kaliny węglowej, zrobów zawalowych. Źródłem zapłonu w ścianie zmechanizowanej może być tarcie noży organu urabiającego o skały stropowe, które może powodować iskrzenie. Dodatkowym elementem ryzyka może być oberwanie skał stropowych, które uderzając w stalowe elementy maszyn, mogą doprowadzić do iskrzenia. Ponadto w wyrobisku ścianowym oraz jego bezpośrednim pobliżu (skrzyżowania z chodnikami przyścianowymi) znajduje się coraz więcej sprzętu elektrycznego, mogącego stanowić inicjator wybuchu czy zapłonu w przypadku niesprawności. Nie należy także pomijać czynnika ludzkiego. Statystycznie większość sytuacji niebezpiecznych następuje z winy człowieka – czynnik ludzki w wypadkach w górnictwie stanowi ok. 68% [1]. W ostatnich dwudziestu latach wystąpiło w polskim górnictwie węglowym łącznie wiele czynników związanych z zachowaniem ludzi, które mogą wpływać na wzrost ryzyka zapłonu lub wybuchem metanu. Choć dąży się do podnoszenia świadomości i wiedzy górników o ryzyku związanym z zagrożeniem metanowym, to jednocześnie zmiany w systemie kształcenia w zawodach górniczych i intensywna w ostatnich latach wymiana pokoleniowa połączona ze zmianami technologicznymi oraz wzrostem głębokości wybierania powodują, że istniejące kultury organizacyjne w zakładach górniczych nie zawsze wywierają odpowiedni wpływ na eliminowanie lub istotne ograniczenie tego obszaru ryzyka.

Duża część wolnego metanu uwalniana jest do przepływającego ścianą powietrza w czasie urabiania. Metan, związany z węglem, którego nie da się usunąć obecnymi technikami odmetanowania wyprzedzającego, stanowi od 40 do nawet 80% całego metanu zgromadzonego w pokładach węgla. W 2012 roku w polskim górnictwie średnia wartość skuteczności odmetanowania wyniosła ok. 33% [9]. Dodatkowym zagrożeniem jest metan wydzielający się ze zrobów, który może się gromadzić w przestrzeni za obudową zmechanizowaną, a podczas załamywania

Mechanization of extraction, and especially of coal cutting, is undoubtedly one of the elements increasing the intensity of coal mining, so thermal treatment and grinding of coal - is one of the factors increasing the intensity of methane emissions [3].

In order for the methane to ignite and explode, the following must take place simultaneously:

- Fuel, in this case methane
- oxidizing agent - oxygen in ventilation air
- Ignition initial

Oxygen reaches the longwall workings along with the air movement. Methane most commonly reaches the wall directly from the excavated material, unmined coal, and goafs of longwalls with cavings.

The source of ignition in a powered longwall could be in the form of friction of blades of a mining agent against roof rocks, which can produce sparks. An additional element of risk may be the falling of roof rocks, which by means of hitting steel machine elements can lead to sparking. Moreover, in the longwall working and its direct vicinity (where gangways cross longwalls), there is more and more electrical equipment, which can initiate the explosion or ignition in case of failure. Human element should not be neglected either. Statistically, the majority of dangerous situations are caused by man - c. 68% mining accidents are caused by a human element [1]. During the recent 20 years, in Polish coal mining industry there has been a number of human elements which can influence the growth of methane ignition or explosion threat risk. Although there are still attempts to increase the awareness and knowledge concerning methane threat, simultaneous changes in the system of education of future miners and recent intensive generational change connected with technological changes as well as the increase of extraction depth cause the situation in which existing organizational cultures in mining companies do not always have a positive impact upon eliminating or significant limiting of this risk area.

A large part of free methane is released to the air flowing by the longwall during the process of mining. Methane related to the coal which cannot be removed by currently applied techniques of advance methane removal, constitutes from 40% up to even 80% of the total methane gathered in coal reserves. In 2012, in Polish coal mine industry, an average value of successful methane removal amounted to c. 33% [9]. Another danger is methane emitted from goafs, which can be gathered in the area behind the powered support, and while falling of the roof it will be pushed out from this space into the longwall

stropu będzie z tej przestrzeni wypychany do wyrobiska ścianowego. Ważnym czynnikiem mogą być także zmiany ciśnienia atmosferycznego. Do tego należy jeszcze dolożyć zagrożenie wyrzutami gazu oraz wypływami gazów ze szczelin.

Geometryczne wymiary wyrobiska ścianowego także stanowią element mający wpływ na zagrożenie metanowe. Coraz częstsza eksploatacja niskich pokładów oznacza mniejsze przekroje czynne wyrobisk ścianowych (2-3 m²) [10] oraz większy opór aerodynamiczny tych wyrobisk. Podnosi się często argument, że jednym z czynników zwiększających poziom zagrożenia jest eksploatacja podziemowa – 44% węgla, wydobytego z 22 na 31 kopalń, w 2012 roku pochodziło z rejonów poniżej poziomu udostępnienia [9]. Uwzględniając opóźnienia w likwidowaniu chodników przyścianowych za frontem ściany, trzeba zauważyć, że efektywność wentylacji przestrzeni pomiędzy caliną węglową a obudową zmechanizowaną jest ograniczona – szacowana jest na ok. 70% [10]. Ponadto metan dopływający do powietrza przepływającego przez ścianę nie zawsze może być rozrzedzony odpowiednią ilością świeżego powietrza ze względu na przepisy ograniczające dopuszczalną prędkość powietrza w ścianie. Już teraz niektóre zakłady górnicze zmuszone są do składania wniosków o pozwolenie na odstępstwo i dopuszczenie zwiększenia maksymalnej prędkości prądu powietrza w wyrobisku ścianowym [10]. Należy jednak zwrócić uwagę, iż większa prędkość powietrza powoduje zwiększone wnikanie powietrza w zrob, skutkować może także podwyższeniem ryzyka pożarowego i bardziej intensywnym wymywaniem metanu ze zrobów.

Istotne znaczenie ma także długość wyrobiska ścianowego – dłuższa ściana to większy zasięg strefy desorpcji z pokładów podebranych i nadebranych, co skutkuje zwiększeniem ilości metanu w powietrzu wentylacyjnym. Dodatkowo, przyjmując długość przeciętnej ściany na ok. 200 m [2] oraz maksymalną dopuszczalną przepisami prędkość prądu powietrza (5 m/s) [8], całkowite przewietrzenie ściany zajmuje ok. 40 sekund. Przy mniejszych, często spotykanych w praktyce, prędkościach powietrza czas ten ulega wydłużeniu. Może więc zaistnieć sytuacja, że pomiędzy pojawieniem się niebezpiecznej koncentracji metanu w dowolnym miejscu ściany, jego wykryciem przez zgodny z obowiązującymi przepisami system bezpieczeństwa (metanometria automatyczna) i zadziałaniem tego systemu wystąpić może niebezpieczna zwłoka. Przy obecności inicjatora w ścianie zapłon może nastąpić, zanim metanometria automatyczna zareaguje. Oprócz wymienionych wcześniej inicjatorów może także wystąpić iskrzenie wywołane przemieszczaniem się względem siebie elementów

working. Changes of atmospheric pressure could also be an important factor. Threat caused by gas ejection or gas release through fissures should also be added.

Geometrical measurements of a longwall working could also be an element influencing methane threat. More and more common exploitation of lower reserves means smaller cross sections of longwall workings (2-3m²) [10] as well as increasing aerodynamic resistance of these workings. An argument which is commonly raised is that one of the factors increasing the level of threat is sublevel extraction - 44% of coal coming from 22 out of 31 coal mines in 2012 came from regions below the level of access [9]. Taking into account delays in removal of longwalls gangways behind the front of the longwall, the efficiency of airing of the area between the unmined coal and the powered support is limited - it is estimated to be approx. 70% [10]. Moreover, methane reaching the air flowing through the longwall cannot always be rarefied by adequate amount of fresh air due to regulations limiting acceptable speed of air in the longwall. There are already cases of mining companies forced to apply for an exemption and approval of increasing the maximum speed of air flow in a longwall working [10]. However, it must be noted that higher air speed causes increased air penetration of goafs, which may result in fire risk and more intensive release of methane from goafs.

The length of longwall working is also significant - a longer wall means a broader desorption zone from plowed and broached coal fields, which results in an increased amount of methane in ventilation air. Additionally, assuming that an average longwall length amounts to approx. 200m [2] and the maximum allowed air flow speed (5 m/s) [8], total airing of a longwall takes approx. 40 seconds. With lower, commonly existing air speed, this time increases. So, it may happen that between the appearance of dangerous methane concentration in any place in the longwall and its discovery by a safety system performing in accordance with binding safety regulations (automatic methane detection) activation there will be a dangerous delay. If the initiator is present in the longwall, the ignition may take place before automatic methane detection system is activated. Apart from initiating factors referred to before, there may also be sparking caused by elements of powered support or face conveyor moving against one another. This is why several coal mines in case of high methane risk walls install additional (apart from what is required by law) stationary sensors.

obudowy zmechanizowanej lub przenośnika ścianowego. Z tego powodu niektóre kopalnie w ścianach o wysokim zagrożeniu metanowym instalują dodatkowe (ponad wymagane przepisami) czujniki stacjonarne.

Wszystkie przytoczone wyżej argumenty powodują potrzebę dokładniejszego monitorowania stanu zagrożenia metanowego w wyrobisku ścianowym.

3. ZALETY STOSOWANIA SYSTEMÓW LGMS

W obecnej chwili przepisy dotyczące bezpieczeństwa i higieny pracy oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych określają minimalne, niezbędne, zabezpieczenia metanometryczne w rejonie ścian wydobywczych – wykorzystuje się dwa metanomierze, które umieszczone są na początku i końcu eksploatowanego wyrobiska (konkretne umiejscowienie zależne jest od sposobu przewietrzania) [8]. Jednak praktyka stosowana przez poszczególne zakłady górnicze różni się w zależności od przewidywanego i obserwowanego poziomu zagrożenia metanowego i najczęściej wykracza poza minimum określone przepisami. Dodatkowo przepisy wskazują na konieczność stosowania kontroli za pomocą metanomierzy osobistych, wykonywanych w różnych miejscach wyrobiska ścianowego przez zmianę pracującą w oddziale [8]. Niestety rozwiązanie to ma wadę w postaci okresowości pomiarów, ich niejednoczesności oraz relatywnie długich odstępów czasowych wynikających z potrzeby przejścia pomiędzy miejscami pomiarów. Problem może także stanowić powtarzalność pomiarów, natomiast zaletą jest niski koszt oraz duża elastyczność. Najdalej idące rozwiązania polegają na instalacji kilku dodatkowych metanomierzy podłączonych do systemu metanometrii automatycznej na sekcjach obudowy zmechanizowanej. Dzięki temu pomiary są automatycznie gromadzone w systemie bezpieczeństwa z dużą częstotliwością i od razu mogą być wykorzystywane do sterowania systemami blokad metanometrycznych, kosztem doprowadzenia dodatkowych linii telemetrycznych kablami górniczymi do wyrobiska ścianowego. W tym przypadku stosuje się oddzielne kable dla poszczególnych metanomierzy. Ze względu na strukturę systemów gazometrii automatycznej oraz wymagania dotyczące infrastruktury kablowej takie podejście ma ograniczone możliwości rozbudowy. Generalnie – wraz ze wzrostem zagrożenia stosowane rozwiązania tracą na elastyczności, a ich koszty rosną, w zamian oferując większą funkcjonalność i jakość pomiarów.

All arguments given above bring about the need to monitor the methane threat level in longwall working more carefully.

3. ADVANTAGES OF LGMS SYSTEMS

Currently regulations concerning safety and hygiene at work and specialist fire protection measures in underground mining companies define minimum, necessary, anti-methane safety measures in the area of longwalls - two methane detectors are used, placed at the front and end of exploited working (particular location depends on the method of airing) [8]. However, in real-life situations, mining companies use measures which are subject to forecasted and observed methane threat level, which most commonly exceed the minimum level defined by regulations. Additionally, regulations point at the necessity of making control measurements by means of personal methane detectors in various places of longwall workings by the shift working in the area [8]. Unfortunately, the disadvantage of this solution is its temporality, its lack of simultaneity and relatively long time gaps resulting from the necessity to move between the measurement points. Another problem may be the repetitiveness of measurements, whereas their low cost and flexibility are an advantage. The most far-fetched solutions are based on the installment of several additional methane detectors connected with the system of automatic methane detection on sections of powered support. Thanks to this, measurements are gathered in the safety system in a large frequency and they can be immediately employed to control methane detection blockade systems, at the expense of providing additional telemetric lines by means of mining signal cables to the longwall working. In this case, each methane detector is provided with a separate cable. Due to the structure of automatic gasometry systems and requirements regarding cable infrastructure, this solution has limited expansion capacities. Generally speaking, the higher the threat, the less flexible the solutions are, their costs increase, offering in turn a better functionality and quality of measurements.

Innym możliwym rozwiązaniem są systemy gazowego monitoringu ścianowego. Reprezentując podejście systemowe, opracowane specjalnie w konkretnym celu, rozwiązanie to pozwala na objęcie kontrolą w czasie rzeczywistym całości wyrobiska ścianowego dostosowaną liczbą czujników, zapewniającą dużą rozdzielność przestrzenną pomiarów. Dzięki temu system może być w prosty sposób dostosowany do wyrobiska o dowolnych wymiarach, a w konsekwencji – pozwalać na szybsze wykrywanie niebezpiecznych stężeń metanu zarówno będącego efektem mechanicznego urabiania węgla, jak i wpływów ze szczelin czy zrobów.

Infrastruktura takiego systemu składa się z jednego bądź dwóch koncentratorów ścianowych, urządzeń pomiarowych (czujników), zasilaczy lokalnych oraz stosunkowo niewielkiej liczby kabli zasilających i transmisyjnych. Topologia magistrali ułatwia zastosowanie różnorodnych czujników – metanu, tlenu, parametrów fizycznych powietrza etc., użycie których pomóc może np. w ocenie efektywności przewietrzania wyrobiska ścianowego, czy też warunków klimatycznych pracy. Wszystkie pomiary z takiego systemu są przysyłane przy pomocy kabli miedzianych bądź światłowodowych na powierzchnię, gdzie są archiwizowane i wizualizowane na skomputeryzowanym stanowisku dyspozytorskim.

Jeszcze jedną zaletą jest ilość i jakość danych gromadzonych przez systemy gazometrii ścianowej. Szerokie stosowanie takich systemów dostarczy duże ilości danych gazometrycznych pochodzących z bezpośredniej bliskości miejsca urabiania węgla. Dotychczasowe instalacje tych systemów, będące częścią projektów naukowo-badawczych, ze względu na swój charakter oraz ograniczenia projektów pod względem środków finansowych i czasu powodowały zawężenie źródła pozyskanych danych do poszczególnych ścian, w okresie maksymalnie kilkutygodniowym. Analiza tak pozyskanych danych umożliwi opracowanie nowych rozwiązań technicznych i prawnych, zwiększających bezpieczeństwo pracy w górnictwie, a także jeszcze lepsze poznanie zjawisk gazowych i prognozowanie ich występowania podczas mechanicznego urabiania węgla, w szczególności mniej zbadanych efektów urabiania strugiem. Pozwoli to więc na pełniejsze wykorzystanie potencjału, jaki niesie ze sobą współpraca jednostek naukowych, firm specjalizujących się w badaniach i rozwoju oraz przedsiębiorstw funkcjonujących w obszarze przemysłu wydobywczego i maszynowego. Natomiast w przypadku zdarzeń niebezpiecznych (wypadków i katastrof górniczych) może przyczynić się do lepszej identyfikacji przyczyn oraz opracowania zaleceń powypadkowych.

Another possible solution is offered by longwall gas monitoring systems. As a system approach, prepared specifically with this in mind, it allows real-time control over the entire longwall complex, and appropriate number of detectors securing a large spatial resolution. Thanks to this, a system can be easily adjusted to a longwall working of any size. A system thus designed allows faster detection of dangerous concentrations of methane, resulting from both mechanized mining and flows from fissures or goafs.

The infrastructure of such a system consists of one or two longwall concentrators, measuring devices (sensors), local power supply units and relatively insignificant amount of power and transmission cables. Topology of communication bus facilitates the use of a variety of sensors - of methane, oxygen, physical parameters of air etc, the application of which may help to e.g. assess efficiency of longwall complex airing or atmospheric conditions of work. All measurements from such a system are provided by means of copper or optical fiber cables onto the surface, where they are archived and visualized on a computerized operating station.

Another advantage is the amount and quality of data provided by systems of longwall gasometry. A wide use of such systems will provide a large amount of gasometric data from areas in direct vicinity of coal extraction. Installments of these systems so far, being part of research and scientific studies, due to their character and limitation of projects with regard to financial measures and time, forced limitation of the source of data to particular longwalls, in periods no longer than few weeks. An analysis of data gathered this way will allow working out of new technical and legal solutions increasing safety of work in mining industry, as well as even better knowledge about gas-related phenomena and forecasting their occurrence while mechanized mining, especially less researched effects of plow mining. Therefore, it will facilitate a better use of potential offered by cooperation of scientific centers, research and development firms and as well as extractive and machine industry companies. In terms of dangerous occurrences (mining accidents and catastrophes), it may lead to a better identification of causes and help to work out optimal post-accident recommendations.

Wszystkie wymienione zalety i funkcjonalności okupione są pewnymi dodatkowymi nakładami finansowymi. Nie bez znaczenia jest też możliwość podniesienia bezpieczeństwa pracy. Istnieją także dodatkowe potencjalne korzyści w postaci wykorzystania systemu gazometrycznego monitoringu ścianowego do doskonalenia procesu wydobywania węgla i poprawy jego efektywności.

4. SYSTEMY GAZOWEGO MONITORINGU ŚCIANOWEGO A EFEKTYWNOŚĆ WYDOBYCIA

Przemysłowy proces wydobywania węgla kamiennego w kopalni podziemnej, który jest procesem podstawowym, czyli służącym tworzeniu przychodów przedsiębiorstwa górniczego, indukuje jednocześnie procesy naturalne będące skutkiem zmiany stanu górotworu. Ich konsekwencją może być pojawienie się zarówno zagrożeń, jak i czynników ułatwiających proces. Ułatwienia mogą być dodatkową korzyścią, ale zagrożenia i związane z nimi ryzyko mogą uniemożliwić lub ograniczyć realizację każdego procesu przemysłowego, w tym także procesu wydobywczego, lub znacząco pogorszyć jego efektywność ekonomiczną. W ostatnich latach odnotowano w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) spadek wydajności ogólnej oraz spadek dobowego wydobywania z jednej ściany – zjawisko to tłumaczone jest wzrostem głębokości eksploatacji i wynikającym z tego wzrostem poziomu zagrożeń naturalnych. Podobnie jak inne zagrożenia górnicze, występowanie metanu jest czynnikiem stanowiącym ograniczenie dla możliwych rozwiązań technicznych i technologicznych lub może negatywnie wpłynąć na wydajność procesu. Wiedza o przebiegu jakiegokolwiek procesu, zwłaszcza naturalnego – indukowanego działalnością człowieka (np. operacją techniczną), pozwala na poszukiwanie najbardziej efektywnych rozwiązań technicznych.

Podejście procesowe w ramach zarządzania procesami w zakładzie przemysłowym służy doskonaleniu istniejących lub projektowaniu nowych procesów, na przykład wydobywania węgla kamiennego zwłaszcza w kierunku poprawy efektywności, a w tym niezawodności i bezpieczeństwa. Pogłębianie wiedzy o przebiegu każdego procesu przemysłowego może posłużyć jego doskonaleniu, czyli poprawie jego sprawności i niezawodności, rozumianych jako obniżanie kosztów, eliminacja czy ograniczenie ryzyka związanego z jego realizacją [6].

All the abovementioned advantages and functionalities can be done at certain additional costs. The opportunity to improve safety at work cannot be disregarded. There are also additional potential advantages in the form of application of longwall gas monitoring systems to improve the process of coal extraction and improve its efficiency.

4. LONGWALL GAS MONITORING SYSTEMS AND EXTRACTION EFFICIENCY

Industrial process of coal extraction in underground coal mines, which is the basic process there, constituting the profit of a mining company, simultaneously induces natural processes which are a consequence of the rock mass state change. The consequence could be appearance of both threats and factors facilitating the process. The facilitations could be an advantage, but the threats and risks related to them could hinder or limit performance of every industrial process, including also an excavating process or significantly impair its economic efficiency. In recent years, there has been a decline of general efficiency of Silesian Coal Basin mines as well as decline of daily output from a single longwall - this phenomenon is explained by the deepening of extraction and the increase of natural threats level resulting from it. As well as other mining hazards, the existence of methane is a factor limiting possible technical and technological solutions or it may hamper the efficiency of the process. The knowledge about the course of any process, especially a natural process induced by human activity (process, technical operation) allows to search for the most efficient technical solutions.

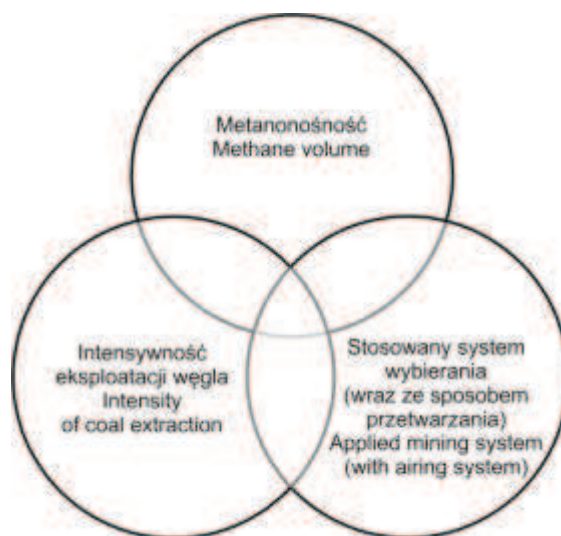
Process approach in industrial plan process management serves to improve existing or design new processes, such as processes of coal extraction, especially in terms of efficiency improvement, including reliability and safety. Broadening the knowledge concerning the course of every industrial process may help to refine this process, therefore improve its efficiency and reliability, understood as decreasing the costs, elimination or limitation of risk related to the implementation of this process [6].

Postęp techniczny w zakresie możliwości monitoringu różnego rodzaju zjawisk pozwala na identyfikację nieznanych wcześniej korelacji (zależności) i tym samym rozszerzenie i wykorzystanie wiedzy o realizowanym procesie. Otwiera to możliwość poprawy sprawności, w tym efektywności ekonomicznej realizowanego procesu przemysłowego. W innych niż górnictwo obszarach techniki stało się to motorem postępu technicznego i organizacyjnego. Porównywanie np. pierwszych silników spalinowych ze współczesnymi, i to niezależnie od rodzaju zapłonu, wskazuje na potencjał tkwiący w diagnostyce i automatyzacji procesów. Podobnych przykładów można wskazać w technice wiele.

Występowanie, a właściwie współwystępowanie, zagrożeń naturalnych w podziemnych kopalniach węgla kamiennego istotnie ogranicza intensywność wydobywania węgla z pojedynczego przodka (rys. 2). W istocie uzyskany efekt techniczny (w postaci różnych ujęć wydajności) lub ekonomiczny jest logicznym iloczynem poziomu zagrożeń, stosowanego systemu eksploatacji i jej intensywności (koncentracji). Przy wybieraniu systemem ścianowym dla zwiększenia koncentracji wydobywania dążono do wydłużania ścian, zwiększenia prędkości urabiania maszyną (kombajnem, strugiem), a w przypadku kombajnów ścianowych – także do zwiększenia zabioru. Jak wykazał E. Krauze [3], są to czynniki powodujące zwiększenie intensywności wydzielania się metanu w czasie urabiania. Niekiedy jednak poszczególne zagrożenia wymagają sprzecznych działań dla osłabienia ryzyka ich występowania, czyli poszukiwania rozwiązań kompromisowych. Jako przykład można wskazać

Technical progress in monitoring of all kinds of phenomena allows identification of correlations unknown earlier and therefore broadening and use of expertise about implemented process. It opens up possibilities of efficiency improvement, including economic efficiency of implemented industrial process. It has become a driving force of technical and organizational progress in other than mining branches of engineering. Comparison of, e.g., early internal combustion engines with those currently used, regardless the kind of ignition, indicates there are opportunities in diagnostics and automation of processes. Many such examples can be pointed out in field of engineering.

Existence, or rather co-existence of natural threats in underground coal mines significantly hampers the intensity of coal extraction from single longwall (fig. 2). In fact, the achieved technical effect (in the form of various understandings of efficiency) or an economic effect is a logical product of threat level, applied extraction method and its intensity (concentration). While excavating by means of longwall system, in order to increase extraction concentration, there were attempts to lengthen the walls, to increase the speed of machine mining (coal-cutting machine, plow, and in case of longwall coal-cutting machines also to increase the drum web. As Krauze [3] proved, these are factors causing the growth of intensity of methane release while mining. However, sometimes particular threats require conflicting activities necessary to decrease the risk of their appearance, therefore the search of compromising solutions. An example could be an expected large speed of moving the



Rys. 2. Zdolność produkcyjna jako logiczny iloczyn poziomu zagrożenia metanowego, systemu eksploatacji i jego intensywności (tzw. koncentracji) [opracowanie własne]

Fig. 2. Production capacity as a logical product of methane threat level, method of extraction and its intensity (so called concentration) [own study]

oczekiwaną dużą prędkość przemieszczania się frontu ściany ze względu na zagrożenie pożarem endogenicznym w zrobach i jednocześnie ograniczenie postępu ściany ze względu na zagrożenie metanowe czy zagrożenie tapaniami. Tego typu ograniczenia niekorzystnie wpływają na relacje ekonomiczne, a zwłaszcza ekonomiczną efektywność wydobycia węgla – podstawowego procesu w kopalni podziemnej.

W ścianowej technologii wydobycia węgla kamiennego, która w warunkach kompleksowej mechanizacji procesu charakteryzuje się najwyższym potencjałem produkcyjnym, ale jednocześnie najbardziej kapitałochłonnym wyposażeniem, możliwość poprawy sprawności w konkretnych warunkach, a także eliminacja lub ograniczenie ryzyka dla realizacji procesu wydobywczego jest poważnym wyzwaniem inżynierskim. Jest to szczególnie istotne, ponieważ, ze wzrostem głębokości identyfikowane dotychczas zagrożenia (np. metanowe) zmieniają swój charakter, a znane i stosowane wcześniej metody profilaktyki okazują się zawodne lub nie w pełni skuteczne.

Istniejące współcześnie systemy gazometryczne w kopalniach mają charakter głównie tzw. systemów bezpieczeństwa, tj. blokują (wyłączają) realizację procesu przez np. wyłączenie energii i alarmują w przypadku przekroczenia zadanych progów lub tempa przyrostu np. stężeń zadanych gazów. Logika systemów bezpieczeństwa zakłada, że muszą one być niezależne od systemów monitorujących czy kontrolujących procesy produkcyjne. Wskutek zadziałania systemu bezpieczeństwa i np. wyłączenia zasilania ściany w energię elektryczną pomiar stanu lub parametrów procesu nie jest realizowany ze względu na zanik zasilania – po zadziałaniu systemu bezpieczeństwa pomiar parametrów produkcji jest kontynuowany.

Można jednak zadać pytanie: czy systemy monitorowania np. stężenia metanu w wielu punktach ściany (czy nawet w kilku punktach każdej sekcji obudowy zmechanizowanej w ścianie) mogą przyczynić się do poprawy efektywności procesu wydobywczego z zachowaniem lub poprawą poziomu bezpieczeństwa?

Dzisiaj pomiar stężenia metanu w ścianie wydobywczej odbywa się najczęściej na wlocie i wylocie ze ściany. Ten sposób pomiaru powoduje, że ściana jest tzw. „czarną skrzynką” – nie znamy dokładnie przebiegu procesu wydzielania metanu w czasie i przestrzeni, a system pomiaru metanu powoduje, że przekroczenie progowych, wyłączających zasilanie, stężeń metanu w początkowej (od strony wlotu powietrza świeżego) części ściany wywołuje reakcję systemu bezpieczeństwa po nawet kilkudziesięciokundowej zwłoce. Wielopunktowy czy quasi-liniowy i ciągły pomiar zawartości metanu w ścianie pozwoliłby na:

front of the longwall due to endogenous fire hazard in the working and simultaneously limitation of wall progress due to methane threat or crump hazard. Limitations of this kind have an adverse impact upon economic relations, especially economic efficiency of coal extraction - the basic process in an underground coal mine.

In the longwall technology of coal extraction, which in the conditions of complex mechanization of the process is characterized by the highest production potential, but at the same time the most cost-consuming, the possibility of improvement of efficacy in certain conditions and/or elimination or limitation of risk for the performance of the mining process is a serious engineering challenge. This is particularly important, since, not only, with the increase of depth the threats identified so far (e.g. methane hazard) change their character, and formerly recognized and applied prevention methods prove to be unreliable or not fully effective.

Currently existing gasometric systems in coal mines are mainly so called safety systems i.e. block (turn off) the performance of the process by e.g. cutting electricity off and alarm in case of exceeding set limits or pace of increase e.g. concentrations of set gasses. Reasoning of safety systems assumes that they must be independent from systems monitoring or controlling production processes. As a result of safety system activation and e.g. cutting off the electricity supply of the longwall, the measurement of condition or process parameters is not performed due to the lack of electricity supply - after activation of the safety system measurement of production parameters.

But a question may be posed whether systems of monitoring, e.g. of methane concentration in various points of the longwall or even in many points of each section of powered support of the wall may cause improvement of extraction process with the level of safety maintained or improved as well.

Currently, the measurement of methane concentration in a longwall takes place most frequently at the inlet and outlet of the longwall. This method of measurement makes the wall a so-called “black box” - we do not know exactly the progress of the process of methane release in time and space, and due to the system of methane measurement exceeding the limit values, causing electricity cut off, of methane concentrations, at the beginning of the longwall (from the side of inlet of fresh air) brings about the activation of the safety system even after a considerable delay. Multi-spot or quasi-linear and continuous measurement of methane contents in the longwall would allow us to:

- badanie przebiegu procesu wydzielania się metanu w ścianie,
- wykorzystanie uzyskanej wiedzy dla poprawy bezpieczeństwa i efektywności pracy ściany, w tym opracowanie algorytmów postępowania oraz optymalnego sterowania pracą maszyny urabiającej.

Potencjał rozwojowy systemów monitoringu gazowego powinien zmierzać w kilku kierunkach – nie tylko w stronę doskonalenia systemów bezpieczeństwa, ale także rozwoju wiedzy o procesie wydzielania metanu w czasie i przestrzeni. Przekształcenie „czarnej skrzynki” procesu wydzielania się metanu w każdej ścianie w obiekt dobrze rozpoznany może pozwolić na wyciągnięcie wniosków o charakterze ogólnym oraz szczegółowych, czyli dotyczących każdego przodka ścianowego.

Istnieją oczywiście obawy o sposób wykorzystania wiedzy pozyskanej z szerszego niż obecnie monitoringu stanu gazów w przodku ścianowym. Można wskazać, że dzisiejsze systemy monitoringu, będące w istocie systemami bezpieczeństwa, są wykorzystywane także jako narzędzia kontroli przez organa nadzoru i, czasami, jako materiał dowodowy w postępowaniu procesowym. Znacznie rozbudowany system monitoringu gazowego, niezależny od systemu bezpieczeństwa, zamiast wykorzystania w charakterze narzędzia budowania wiedzy i doskonalenia procesów może być stosowany podobnie jak rejestry systemu bezpieczeństwa. W takim przypadku potencjalne korzyści poznawcze i rozwojowe zostaną wyeliminowane przez obawy.

Praktycznym aspektem rozwoju systemów gazowego monitoringu ścianowego powinno stać się budowanie nowych narzędzi zarządzania i sterowania procesami w podziemnej kopalni węgla kamiennego oraz poprawy bezpieczeństwa ich realizacji.

5. POTENCJAŁ ROZWOJOWY SYSTEMÓW GAZOWEGO MONITORINGU ŚCIANOWEGO

Podstawowym przeznaczeniem systemów LGMS jest monitorowanie stanu zagrożenia gazowego w wyrobisku ścianowym. Jest to tylko jedno zastosowanie. Możliwości rozwoju tych systemów oraz ich integracji z innymi rozwiązaniami są dużo większe.

Ze względu na ograniczoną przestrzeń, jeszcze mniejszą w niskich kompleksach ścianowych, pierwszym możliwym kierunkiem rozwoju jest zintegrowanie w strukturze jednego systemu dodatkowych funkcjonalności. Mogą to być na przykład:

- study the process of methane release in the longwall,
- make use of possessed knowledge to improve safety and efficiency of longwall operation, including working out of algorithms of operation and optimal control of mining machine operation.

The development of gas monitoring should lead in several directions. It should aim not only to improve safety systems, but also to develop knowledge about the process of methane release in time and space. Transforming of the “black box” of the process of methane release in each longwall into a well-known object may allow drawing general conclusions, as well as detailed, referring to every longwall.

Naturally, there are fears concerning the way of using the knowledge obtained from the monitoring of gas states in longwall complex broader than currently. It may be pointed out that current monitoring systems, which are in fact safety systems, are used also as control tools by supervisory authorities and, sometimes, as evidence in court cases. A well developed gas monitoring system, independent from safety systems, instead of being used as knowledge-enriching and process-improving tool can be used similarly to safety systems registers. In this case, potential research and development advantages will be eliminated by the fears.

A practical aspect of longwall gas monitoring systems development should be building up of new tools of process management and control in underground coal mine and improvement of safety of their implementation.

5. OPPORTUNITIES OF LONGWALL GAS MONITORING SYSTEMS DEVELOPMENT

The basic application of LGMS systems is monitoring of gas threat in longwall working. This is just one of possible uses. There are far broader possibilities of development of these systems and their integration with other solutions.

Due to a limited area, even more so in low longwall workings, the first possible direction of development is integrating them in a structure of one system of additional functionalities. These could be for example:

- pomiary ciśnienia w stojakach obudowy zmechanizowanej,
- łączność bezprzewodowa w obrębie i bezpośrednim sąsiedztwie wyrobiska ścianowego,
- systemy monitorowania i diagnostyki sprzętu wykorzystywanego w ścianie,
- przewodowy bądź bezprzewodowy punkt dostępowy dla transmisji danych z innych urządzeń bądź systemów.

Jak wcześniej wspomniano, metan w powietrzu wentylacyjnym, głównie uwalniany podczas urabiania węgla kombajnem bądź strugiem, stanowi większość całego metanu uwalnianego z pokładów węgla. Wiele obserwacji i badań udowodniło ściśle powiązanie ilości wydzielanego metanu ze sposobem prowadzenia maszyn i parametrami urabiania – prędkością posuwu kombajnu i zabiosem organu urabiającego – oraz metanonośnością węgla [3]. Wiedza ta jest w praktyce wykorzystywana do określania optymalnego postępu ściany w zależności od zbadanych właściwości węgla oraz zminimalizowania postojów spowodowanych wyłączeniami energii elektrycznej po przekroczeniu dopuszczalnych stężeń metanu w prądzie wylotowym ściany [3, 10].

Jakościowe i ilościowe powiązanie mechanicznego urabiania węgla z zagrożeniem metanowym może być wykorzystane jeszcze efektywniej, gdy połączy się informacje płynące z systemów gazometrii ścianowej oraz sterowania kombajnem bądź strugiem. Choć niektóre współczesne ścianowe systemy wydobywcze, zwłaszcza ze strugami węglowymi, opiswane są jako zautomatyzowane, to działanie automatyki zawężone jest do pewnego, ograniczonego zakresu warunków. Kierowane do organu nadzoru górniczego wnioski o udzielenie odstępstwa od przepisu określającego dopuszczalną, maksymalną prędkość powietrza w ścianie strugowej są przykładem tego, że system automatycznego sterowania nie uwzględnia narastania stężenia metanu na skutek ograniczenia prędkości urabiania.

Pierwszym krokiem mogłoby być generowanie w czasie rzeczywistym wskazówek dla obsługi kombajnu dotyczących zalecanego posuwu czy też generowanie ostrzeżeń w przypadku zbliżania się stężeń metanu do wartości powodujących wyłączenia energii elektrycznej lub automatyczne ograniczenie prędkości posuwu. Możliwe jest także wykorzystanie w tym celu predykcji komputerowej [4]. Wydaje się możliwe, przy zastosowaniu wyników badań metanonośności węgla w całym rejonie ściany (z dużą rozdzielczością przestrzenną) oraz informacji o odmetanowaniu, opracowanie w pełni zautomatyzowanych kompleksów ścianowych, co miałyby dużą wartość nie tylko w przypadku eksploatacji cienkich

- pressure measurement in stands of powered support
- wireless connection within and in direct vicinity of a longwall working
- systems of monitoring and diagnosis of equipment used in a longwall
- cable or wireless access point for transmission of other data from other devices or systems

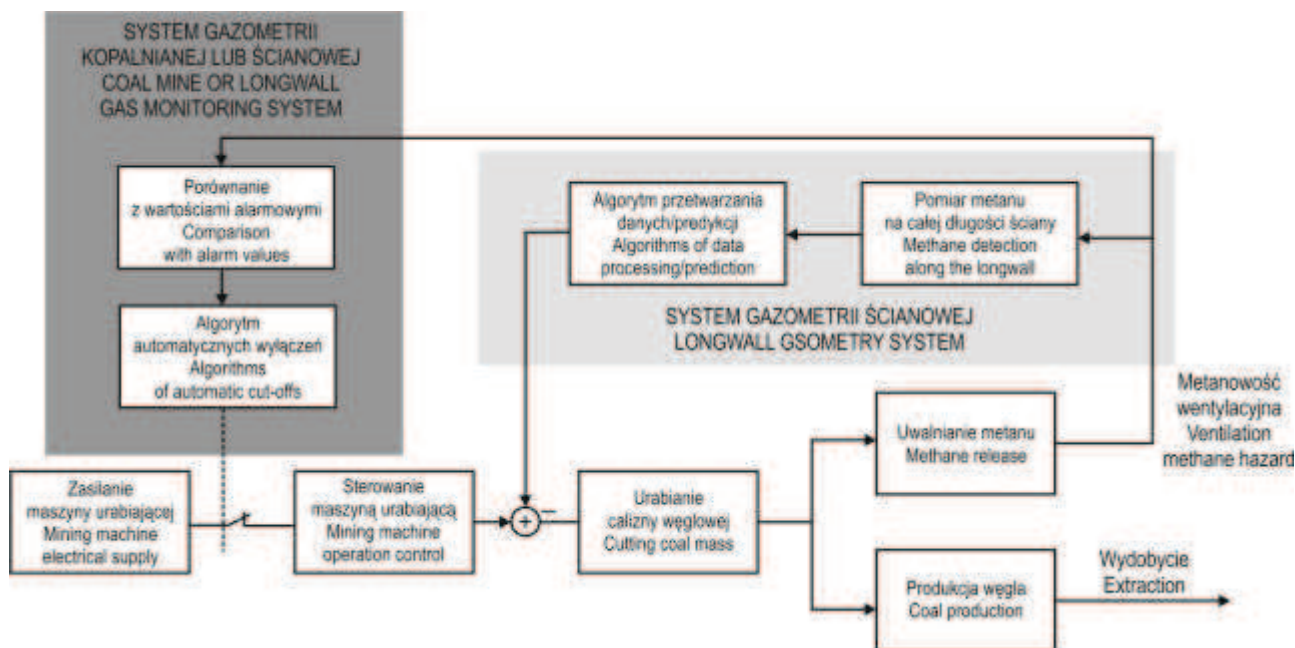
As already mentioned, methane in ventilation air, released mainly while mining using a coal-cutting machine or plow, constitutes the majority of total methane released from coal seams. Many observations and studies have proved a direct link between the amount of released methane and the method of operating the machines and parameters of mining - the speed of coal-cutting machine progress and the drum web of the mining agent - and the volume of methane in coal. [3] This knowledge is in practice used to define optimal progress of the longwall depending on the coal properties, in order to minimize downtimes caused by electricity cut-offs due to excessive methane concentration in outlet current of the longwall [3,10].

Quantitative and qualitative connection between mechanical coal mining with methane hazard can be used even more efficiently if information obtained from longwall gasometry systems and from coal-cutting machine or plow operation control is linked. Although some of current longwall excavating systems, especially with plows are described as automated, the operation of automatic systems is limited and subject to a certain range of conditions. Applications to mining authorities to grant exemptions from the regulations defining acceptable, maximum speed of the air in plow longwall indicate that e.g. the system of automatic control does not take into account the increase of methane concentration by limiting the speed of mining. Nb. automated plow longwalls require presence of observers, whose aim is to react on changes in build-up and thickness of a seam.

The first step could be generating real-time indications for the coal-cutting machine operators concerning recommended movement or generating warnings in case methane concentrations reach values causing electricity cut-offs or automatic limitation of the machine advance speed. In order to do that, it is also possible to apply computer prediction tools [4]. It seems possible that with the use of results of measurements of methane volume in coal in the entire area of the longwall (with a large spatial resolution) as well as information about demethanization, fully automated longwall complexes can be worked out, which would be of crucial value not only while exploiting thin coal seams. In such a solution, longwall

pokładów węgla. W takim rozwiązaniu systemy gazometrii ścianowej, działające równoległe z systemami automatycznych wyłączeń energii, zapewniałyby sprzężenie zwrotne dla systemu sterowania maszyną urabiającą (rys. 3).

gasometry systems, operating simultaneously with systems of automatic electricity cut-offs, would ensure feedback loop for the system controlling operation of mining machine (fig. 3).



Rys. 3. Sprzężenie zwrotne z udziałem systemu gazometrii ścianowej [opracowanie własne]
Fig. 3. Feedback loop with the use of longwall gasometry system [own study]

6. PODSUMOWANIE

Systemy gazowego monitoringu ścianowego stanowią naturalny etap ewolucji systemów gazometrycznych przeznaczonych dla górnictwa. Związane jest to z faktem uwalniania metanu podczas urabiania węgla, co powoduje, że ściany wydobywcze są głównym źródłem metanu swobodnie dopływającego do powietrza. Stąd pomysł na umieszczenie czujników gazometrycznych w wyrobisku ścianowym. Także utrzymujące się na wysokim poziomie zagrożenie metanowe w polskim górnictwie skłania do opracowywania i stosowania takich systemów, a dodatkową zachętą jest potencjalna rola tych systemów w poprawie efektywności wydobywania. Dane pochodzące z tych systemów pozwolą na rozwój w zakresie nauk teoretycznych oraz mogą zaowocować nowymi rozwiązaniami technicznymi, zarówno z zakresu bezpieczeństwa, jak i związanymi z automatyzacją procesów wydobywczych. Biorąc to wszystko pod uwagę, trzeba podkreślić, że systemy gazowego monitoringu ścianowego są obiektem wartym stosowania, a ich wykorzystanie, pod warunkiem opracowania rozwiązań komercyjnych, powinno się upowszechnić.

6. SUMMARY

Longwall gas monitoring systems are a natural stage of evolution of gasometric systems used in mining. It results from methane release during the process of mining, which makes longwalls main source of methane freely released to the air. Hence the idea of placing gas monitoring devices in longwall workings. Also constant high level of methane threat in Polish mining forces working out and application of such systems, and an additional incentive is a potential role of these systems in the improvement of extraction efficiency. Data coming from these systems will allow development in the area of theoretical studies and may also result in new technical solutions, both in terms of safety measures and related to automation of extraction processes. Taking all this into account, the issue of longwall gas monitoring systems is worth consideration and they should be commonly applied if commercial solutions are developed.

Literatura

1. Dudala J.: *Dużo wypadków w górnictwie, gdzie indziej jeszcze więcej* [online], dostępny w Internecie: www.wnp.pl (dostęp: maj 2013).
2. Krauze E.: *Czynniki kształtujące wzrost zagrożenia metanowego w ścianach usytuowanych podziemowo*. W: Materiały konferencji „Problemy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w polskim górnictwie”, Katowice 2012.
3. Krauze E.: *Ocena i zwalczanie zagrożenia metanowego w kopalniach węgla kamiennego*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2009.
4. Krzystanek Z., Trenczek S., Sikora M.: *Monitorowanie zagrożeń aerologicznych i parametrów technologicznych w ścianie wydobywczej z elementami predykcji zagrożenia metanowego*. W: *Systemy telekomunikacyjne, monitoring i wizualizacja podziemnej eksploatacji złóż*, red. A. Dyczko i A. Wojacek, Kraków 2011, s. 73-81.
5. Krzystanek Z., Bojko B., Trenczek S., Śpiechowicz K., Wojtas P.: *Nowe podejście do monitorowania zagrożeń naturalnych w kopalniach węgla kamiennego*. „Mechanizacja i Automatyzaacja Górnictwa”, 2011, nr 1, s. 3-14.
6. Łunarski J.: *Inżynieria systemów i analiza systemowa*, Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010.
7. Mirek A., Katan D.: *Zagrożenie metanowe w polskim górnictwie węgla kamiennego w ostatnim dwudziestolecu i perspektywa kształtowania się tego poziomu w najbliższych latach*, Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2013.
8. *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych*. Dz.U. 2002, nr 139, poz. 1169.
9. *Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w polskim górnictwie w 2012 roku*, praca zbiorowa, Wyższy Urząd Górniczy, Katowice 2013.
10. Sztafka T., Araszczuk D., Zmarzły D.: *Prognozowanie wydzielania metanu do ścian urabianych strugiem*, Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2013.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.

References

1. Dudala J.: *Dużo wypadków w górnictwie, gdzie indziej jeszcze więcej* [online], dostępny w Internecie: www.wnp.pl (dostęp: maj 2013).
2. Krauze E.: *Czynniki kształtujące wzrost zagrożenia metanowego w ścianach usytuowanych podziemowo*. W: Materiały konferencji „Problemy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w polskim górnictwie”, Katowice 2012.
3. Krauze E.: *Ocena i zwalczanie zagrożenia metanowego w kopalniach węgla kamiennego*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2009.
4. Krzystanek Z., Trenczek S., Sikora M.: *Monitorowanie zagrożeń aerologicznych i parametrów technologicznych w ścianie wydobywczej z elementami predykcji zagrożenia metanowego*. W: *Systemy telekomunikacyjne, monitoring i wizualizacja podziemnej eksploatacji złóż*, red. A. Dyczko i A. Wojacek, Kraków 2011, s. 73-81.
5. Krzystanek Z., Bojko B., Trenczek S., Śpiechowicz K., Wojtas P.: *Nowe podejście do monitorowania zagrożeń naturalnych w kopalniach węgla kamiennego*. „Mechanizacja i Automatyzaacja Górnictwa”, 2011, nr 1, s. 3-14.
6. Łunarski J.: *Inżynieria systemów i analiza systemowa*, Wydawnictwo Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2010.
7. Mirek A., Katan D.: *Zagrożenie metanowe w polskim górnictwie węgla kamiennego w ostatnim dwudziestolecu i perspektywa kształtowania się tego poziomu w najbliższych latach*, Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2013.
8. *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 roku w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych*. Dz.U. 2002, nr 139, poz. 1169.
9. *Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w polskim górnictwie w 2012 roku*, praca zbiorowa, Wyższy Urząd Górniczy, Katowice 2013.
10. Sztafka T., Araszczuk D., Zmarzły D.: *Prognozowanie wydzielania metanu do ścian urabianych strugiem*, Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2013.

The article was reviewed by two independent reviewers.

ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОВОГО КОНТРОЛЯ В ЛАВЕ

С увеличением глубины выемки и ростом добычи угля из пластов глубокого залегания, создающих конкретные проблемы с вентиляцией, растёт и взрывоопасность метана и риск возникновения пожара в лавах угольных шахт. Повышенный риск вызывает необходимость контроля газа не только в области лавы, но и в самой очистной выработке. Существующие решения в сфере систем шахтной газометрии не приспособлены к тому, чтобы справиться с данной проблемой. В экономических процессах, осуществляемых в угледобывающих компаниях, сокращение факторов неопределённости и риска является частью мер по повышению эффективности – элементом таких мер может быть расширенный контроль газа в очистной выработке. Поэтому системы газового контроля в лаве (LGMS – Longwall Gas Monitoring Systems) являются естественным шагом в развитии газометрических шахтных систем. В статье представлены возможные преимущества систем LGMS в плане улучшения безопасности и их уникальные возможности влияния на эффективность добычи угля. В заключительной части изложены направления развития систем LGMS и их возможного применения в будущем.