

mgr inż. ARTUR DYLONG  
Centrum Transferu Technologii EMAG

mgr inż. WOJCIECH KORSKI  
dr inż. ZDZISŁAW KRZYSTANEK  
Instytut Technik Innowacyjnych EMAG

# Dostosowanie probezpiecznych funkcjonalności metanomierza stacjonarnego do dynamicznego przyrostu stężenia metanu

## Adaptation of pro-safe functionalities of stationary methane detector to the dynamic increase in the concentration of methane

*W ciągu ostatnich czterech lat wdrożono w ukraińskich kopalniach węgla kamiennego dwa systemy monitorowania parametrów środowiska kopalnianego typu SMP-NT/A. Systemy te z powodzeniem zastąpiły użytkowane tam wcześniej systemy ukraińskie. Bazując na doświadczeniach zebranych w polskich kopalniach, system SMP-NT/A przystosowano do wymagań górnictwa ukraińskiego. Pomimo to różnice w praktyce górniczej oraz podejściu do funkcjonalności gazometrycznych systemów bezpieczeństwa przez tamtejszy nadzór górniczy spowodowały potrzebę wprowadzenia kolejnych modyfikacji w oprogramowaniu stacjonarnego metanomierza oferowanego na rynek ukraiński. W artykule omówiono uprzednio istniejące oraz nowo zaimplementowane funkcjonalności metanomierza związane z bezpieczeństwem.*

*Within last four years, in Ukrainian mines of the hard bituminous coal, two monitoring systems of environmental parameters were implemented in mine of the SMP-NT/A type. These systems successfully replaced Ukrainian systems, which were used up to this day. On the basis of the experience collected on Polish mines, the SMP-NT/A system was adapted to requirements of the Ukrainian mining. In spite of that, differences in mining practice and approach towards the functionality of gasometric security systems by the local mining supervisory body caused the need of implementing another alterations in the stationary software of methane detector offered to the Ukrainian market. In the article, one has discussed the previously existing and newly implemented functionalities of methane detector associated with the safety.*

### 1. WSTĘP

---

System SMP-NT/A jest rozwinięciem systemów metanometrycznych opracowanych w Centrum EMAG na początku lat 90. ubiegłego wieku, które powstały na bazie doświadczeń zebranych w trakcie

### 1. INTRODUCTION

---

The SMP-NT/A system is the amplification of methane-metric systems compiled in the Centre EMAG at the beginning of the 90s of the last century, which were developed on the basis of experience collected

użytkowania systemów produkowanych na licencji francuskiej firmy OLDHAM, stosowanych w polskim górnictwie od połowy lat 70. [7, 5]. Zastosowanie tych systemów na lata ukształtowało pogląd na budowę i wymagane funkcje systemów metanometrii automatycznej. Charakterystyczną cechą systemu SMP-NT/A, podobnie jak i innych polskich systemów metanometrii, jest centralne zasilanie z powierzchni wszystkich dołowych urządzeń pomiarowych i koncentratorów.

Pierwsza wersja systemu zaproponowana klientowi ukraińskiemu i wdrożona w kopalni Zasiadko [2] w zasadzie nie odbiegała od systemów stosowanych w polskim górnictwie węglowym. Oprogramowanie urządzeń pomiarowych, za wyjątkiem metanomierzy, nie było zmieniane, podobnie jak oprogramowanie koncentratorów (central) dołowych. Zmianom uległo oprogramowanie części powierzchniowej, co miało związek głównie z koniecznością przetłumaczenia tekstów komunikatów i raportów na język rosyjski. Zmiany oprogramowania metanomierza związane były z koniecznością zapewnienia odpowiednich czasów wyłączeń, zdecydowanie krótszych niż jest to wymagane w Polsce. Kolejne lata doświadczeń eksploatacyjnych, a przede wszystkim wdrożenie na kolejnej ukraińskiej kopalni, przyniosły dalsze zmiany w oprogramowaniu metanomierzy i części powierzchniowej systemu. Szczególnie w przypadku metanomierzy są to zmiany znaczące.

## **2. PIERWSZE WDROŻENIE SYSTEMU TYPU SMP-NT W GÓRNICTWIE UKRAIŃSKIM**

System SMP-NT w roku 2001 został po raz pierwszy wdrożony w jednej z kopalń soli potasowych na Białorusi, co wymagało dostarczenia dokumentacji w rosyjskiej wersji językowej. Była to wersja systemu zorientowana na wykrywanie pożarów ciągów przenośnikowych.

Z kolei wdrożenie systemu na Ukrainie w 2010 roku zostało poprzedzone intensywnymi pracami polegającymi na uaktualnieniu ostatniej wersji oprogramowania części powierzchniowej oraz na wyłączeniu niektórych funkcji systemowych niewykorzystywanych w warunkach ukraińskich. W ukraińskiej wersji systemu [2] usunięto również funkcje związane z obsługą już nieprodukowanych, lecz nadal stosowanych w polskim górnictwie urządzeń dołowych, takich jak np. centrale dołowe typu CCD, CCD-1 i metanomierze typoszeregu MM-2x. Część dołową oparto wyłącznie na urządzeniach z cyfrową transmisją danych [6, 2], a w charakterze podstawowego

in the course of the use of systems produced on the basis of the French company named OLDHAM, used in the Polish mining from the half of the 70s [1, 2, 7]. Applying these systems formed the view on the building and required functions of automatic methane-metric systems for years. A characteristic feature of the SMP-NT/A system, similarly as in case of other Polish methane-metric systems, is central power supply from the surfaces of all pit measuring devices and concentrators.

The first version of system offered to the Ukrainian customer and implemented in the Zasiadko mine [6], in principle, did not diverge from systems applied in the Polish coal mining. Software of measuring devices, with the exception of methane detectors, was not changed, similarly as the software of pit concentrators (centrals). The software of surface part underwent changes, what was mainly related with the need to translate texts of announcements and reports into Russian. Changes in the software of methane detector were connected with a need of assuring the proper times of shutdowns, definitely shorter than it is required in Poland. The next years of exploitation experience, but first of all, implementation on the next Ukrainian mine, brought further changes in the software of methane detectors and the surface part of the system. Particularly in case of methane detectors, these changes are meaningful.

## **2. FIRST IMPLEMENTATION OF THE SMP-NT/A SYSTEM IN THE UKRAINIAN MINING**

In 2001, the SMP-NT system was introduced in one of potassic salt mines on Belarus for the first time, what required delivering the documentation in the Russian language version. It was such a version of a system, that was orientated to the detection of fires of conveying sequences.

In turn, implementation of the system in the Ukraine in year 2010 was preceded by intensive works consisting in updating the last version of the software of the surface part as well as on turning off some functions of the system that were not-exploited in Ukrainian conditions. In the Ukrainian version of the system [6], the functions associated with the operation of pit devices that were no longer produced, but still applied in the Polish mining, such as e.g. pit central offices of CCD, CCD-1 type and methane detector of the MM-2x series of types, were also removed. Pit part was based only on devices with the digital data transmission [3, 6], and, as the basic component of systems of fast automatic shutdowns,

elementu układów szybkich automatycznych wyłączeń zaproponowano zastosowanie metanomierza typu MM-4 (rys. 1).



an application of methane detector of MM-4 type was suggested (picture 1).



Rys. 1. Metanomierz MM-4 z wbudowaną i wyniesioną głowicą pomiarową [6, 8]  
Fig. 1. MM-4 methane detector with the built-in and elevated measuring head [6, 8]

W trakcie badań związanych z dopuszczeniem metanomierza MM-4 do stosowania w kopalniach ukraińskich stwierdzono, że przyrząd ten spełnia wszystkie wymagania techniczne i funkcjonalne ukraińskich norm i przepisów, za wyjątkiem wymagań dotyczących czasu zadziałania wyjść wyłączających po przekroczeniu dopuszczalnej wartości stężenia metanu. Stosowana na Ukrainie norma [4] definiuje, że wyłączenie energii elektrycznej powinno nastąpić w czasie nie dłuższym niż 0,8 s w przypadku skokowej zmiany stężenia metanu oraz w momencie stwierdzenia przyrostu 0,5% CH<sub>4</sub> w przeciągu jednej sekundy. Są to wymagania znacznie bardziej rygorystyczne, niż nakazują to polskie przepisy, dlatego w metanomierniach MM-4 wprowadzono modyfikacje. Polegały one na zastosowaniu innego typu komory pomiarowej, wyposażonej w zestaw filtrów zdecydowanie skracający czas potrzebny na transport mieszaniny powietrzno-gazowej do układu pomiarowego. Ponadto zmieniono oprogramowanie monitora metanomierza i głowicy pomiarowej. Opracowany metanomierz otrzymał nazwę MS-2B i w tej wersji wdrożony został w kopalni ukraińskiej.

### 3. WYMAGANIA INSPEKCJI GÓRNICZEJ UKRAINY W TRAKCIE DRUGIEGO WDROŻENIA

Kopalnia Suchodolska Wschodnia, zlokalizowana w obwodzie ługańskim, to jedna z najbardziej niebezpiecznych kopalń ukraińskich. W 1992 roku w wyniku wybuchu metanu i pyłu węglowego zginęło w niej 73 górników. W kolejnych latach nastąpiły jeszcze dwa wypadki zbiorowe, w których zginęło

In the course of the examinations associated with the admission of MM-4 methane detector for applying in Ukrainian mines, one has stated, that this device is meeting all specifications and functional requirements of Ukrainian norms and provisions, except for the requirements concerning time of working of outputs that are turning off after exceeding the permissible value of the concentrations of methane. Norm applied in the Ukraine [9] is defining, that turning off the electric energy should take place in the time not longer than 0.8 sec. in case of the irregular change of the concentration of methane and in the moment of stating the 0.5% CH<sub>4</sub> increase within one second. These requirements are much more rigorous than Polish regulations demand it, that is why, in MM-4 methane detector one has implemented alterations. They consisted in applying other type of the measurement chamber, equipped with the set of filters, that definitely shortened time needed for the transport of air-gas mixture to the measurement system. Moreover, the software of monitor of methane detector and measuring head was changed. The compiled methane detector received the MS-2B name and in this version was implemented in the Ukrainian mine.

### 3. REQUIREMENTS OF THE MINING INSPECTION OF UKRAINE IN THE COURSE OF THE SECOND IMPLEMENTATION

The Eastern Suchodolska Mine, located in the Ługańsk area, is one of the most dangerous Ukrainian mines. In 1992, as a result of explosion of methane and coal dust, 73 miners has died. In consecutive years, two collective cases has also taken place, as

kilkunastu górników. W 2011 roku miał miejsce ostatni z wypadków, w którym w wyniku wybuchu gazu zginęło 28 górników. Z tego względu proces wdrażania systemu podlegał szczególnej kontroli ze strony ukraińskiego nadzoru górniczego.

Oprócz wspomnianych rygorów kolejną różnicą w stosunku do polskich przepisów jest wymóg, aby w całym zakładzie górniczym był użytkowany tylko jeden system zabezpieczający. W związku z tym nastąpiła konieczność zastąpienia systemu dotychczas stosowanego w kopalni przez nowy system SMP-NT/A, który po odbiorze przez nadzór górniczy powinien przejąć całość obowiązków w zakresie wyłączania energii elektrycznej. Cały proces wdrożenia trwał około sześciu miesięcy. W trakcie wdrażania kontrole przeprowadzane przez służby nadzoru górniczego nie wykazały nieprawidłowości w działaniu systemu, jednak zwrócono uwagę na pewne aspekty związane z funkcjonalnością systemu, które wydatnie podniosłyby, w ocenie nadzoru, bezpieczeństwo załóg górniczych. Wyszczególnionymi przez nadzór górniczy problemami były:

- wymaganie bezwzględnego wyłączenia energii elektrycznej podczas przeprowadzania procedury kalibracji czujnika metanomierza,
- automatyczna blokada pracy metanomierza (rozwarcie obwodów wyłączających) w przypadku stwierdzenia braku prawidłowo przeprowadzonej kalibracji w okresie powyżej dwóch tygodni,
- wyzwalenie (rozwieranie) obwodów wyłączających metanomierza w momencie odłączania metanomierza przez operatora systemu,
- zmiana sposobu konfiguracji metanomierza w systemie, polegająca na wymuszaniu na użytkowniku przyporządkowania styków wyjściowych w procesie konfiguracji.

Ponadto zgłoszono również potrzebę zaimplementowania mechanizmu sekwencyjnego wyłączania energii elektrycznej z wykorzystaniem wejść i wyjść dwustanowych metanomierza.

Po szczegółowym przeanalizowaniu uwag zgłoszonych przez ukraiński nadzór górniczy sporządzono projekt modyfikacji oprogramowania urządzeń metanometrycznych. Dodatkowo postanowiono uzupełnić oprogramowanie metanomierza o mechanizm czarnej skrzynki. Mechanizm ten powinien zdecydowanie poprawić pewność przechowywania danych pomiarowych w systemie.

Rozpatrując zgłoszone uwagi, można zauważyć, że większość z nich dotyczy interakcji urządzenie-człowiek. Proponowane zmiany mają zapobiec pomyłce obsługi i wymusić bezwzględne stosowanie odpowiednich procedur. Z punktu widzenia systemu nie wprowadzają one zakłóceń i nie powodują jego błędnego czy niejednoznacznego działania.

a result of which, a dozen or so miners has died. In 2011, took place the last of accidents in which, as a result of a gas explosion, died 28 miners. On that account, the implementation process of the system was subjected to a special supervision on the part of the Ukrainian mining supervisory body.

Apart from the mentioned discipline, the next difference towards Polish provisions is a requirement to use only one protective system at the entire mining unit. In this moment, a need to replace the system that was applied until this moment in the mine by the new SMP-NT/A system has appeared, which after the receipt by the mining supervisory body should take over the whole of duties in turning off the electric energy. The whole process of implementation continued for about six months. In the process of implementation, inspections conducted by services of the mining supervisory body did not show irregularities in the functioning of the system, however they paid the attention to the certain aspects associated with the functionality of the system, which would significantly raise, in the supervision's opinion, the safety of mining crews. The problems specified by the mining supervisory body:

- requiring ruthless turning off of the electric energy while conducting the procedure of calibration of the methane detector sensor,
- automatic blockade of the work of methane detector (opening of shutdown circuits) in case of stating lack of the correctly conducted calibration in the period of above two weeks,
- unleashing (opening) of shutdown circuits of methane detector in the moment of disconnecting the methane detector by the system operator,
- change the way of methane detector configuration in the system, consisting in forcing on the user assigning the output joints in the process of configuration.

Moreover, a need of implementation of the sequential mechanism of turning off the electric energy, with the use of bistable inputs and outputs of methane detector, was also reported.

After detailed analysis of remarks reported by the Ukrainian mining supervisory body, a project of the alteration of the software of methane-metric devices was compiled. Additionally, it was decided to supplement the methane detector software in the mechanism of the black box. This mechanism should definitely improve the confidence of measuring data storage in the system.

Considering the reported remarks, it is possible to notice that the majority of them is regarding the interaction device-man. The proposed changes are supposed to prevent the mistake of the service and force ruthless application of the appropriate procedures. From the point of view of the system, they are not implementing disruptions and do not cause the incorrect or ambiguous functioning of the system.



## 4. OPIS WYBRANYCH MODYFIKACJI OPROGRAMOWANIA

### 4.1. Modyfikacja własności dynamicznych

Wymagane własności dynamiczne stacjonarnych urządzeń do pomiaru stężenia metanu definiuje obowiązująca w Polsce norma PN-EN-60079-29-1, zgodnie z którą czasy odpowiedzi  $t(50)$  i  $t(90)$  powinny być mniejsze niż odpowiednio 10 sekund i 30 sekund. Przyrządy te, zastosowane w systemie monitorowania, powinny zapewnić spełnienie wymagania [10], mówiącego, że „czas zadziałania od momentu podania na wejście skokowej zmiany parametru (...) nie może być dłuższy niż 15 sekund”. Metanomierz MM-4, charakteryzujący się czasem odpowiedzi  $t(90) = 5$  s, z dużym zapasem spełnia wymagania obu wymienionych dokumentów.

Stosowana na Ukrainie norma ГОСТ 24032-80 „Приборы шахтные аналитические – Общие технические требования. Методы испытаний” [4] nakłada odmienne wymagania względem szybkości wyłączeń automatycznych (czyli także wobec dynamiki pomiarów) dla metanomierzy stosowanych w podziemiach kopalń. Norma ta określa dwa kryteria:

1. kryterium czasu wyłączenia automatycznego od przekroczenia progu alarmowego (tj. wartości stężenia metanu) (ГОСТ 24032-80, p.1.18, p.3.18.1),
2. kryterium czasu wyłączenia automatycznego przy narastającym stężeniu metanu (ГОСТ 24032-80, p.1.18).

Kryterium 1. wymaga, aby w przypadku przekroczenia ustawionego progu alarmowego detekcja i wyłączenie automatyczne styków metanomierza nastąpiło w czasie nieprzekraczającym 0,8 sekundy od pojawienia się stężenia metanu wyższego niż zadany próg. Wymaganie to jest weryfikowane poprzez skokowe podanie mieszanki metanu odpowiadającej 160% wartości ustawionego progu, a następnie zmierzenie czasu automatycznego wyłączenia. Na przykład przy progu ustawionym na 1,4%  $\text{CH}_4$  skokowo podaje się mieszankę metanu 2,28%. To wymaganie ilustruje wykres na rys. 2.

Kryterium 2. wymaga, aby w przypadku narastającego wzrostu stężenia metanu detekcja i wyłączenie automatyczne styków nastąpiło w czasie krótszym niż 2 sekundy (przy wzroście 0,5%  $\text{CH}_4/\text{s}$ ) od pojawienia się takiego wzrostu. Wymaganie to jest weryfikowane przez podanie gazu testowego o stężeniu metanu narastającym liniowo z prędkością 0,5%  $\text{CH}_4$  na sekundę. Mierzony jest czas od początku podawania mieszanki testowej do chwili rozwarcia styków obwodu wyłączającego metanomierza. Metodę tę ilustruje wykres na rys. 3.

## 4. DESCRIPTION OF CHOSEN ALTERATIONS OF THE SOFTWARE

### 4.1. Alteration of dynamic properties

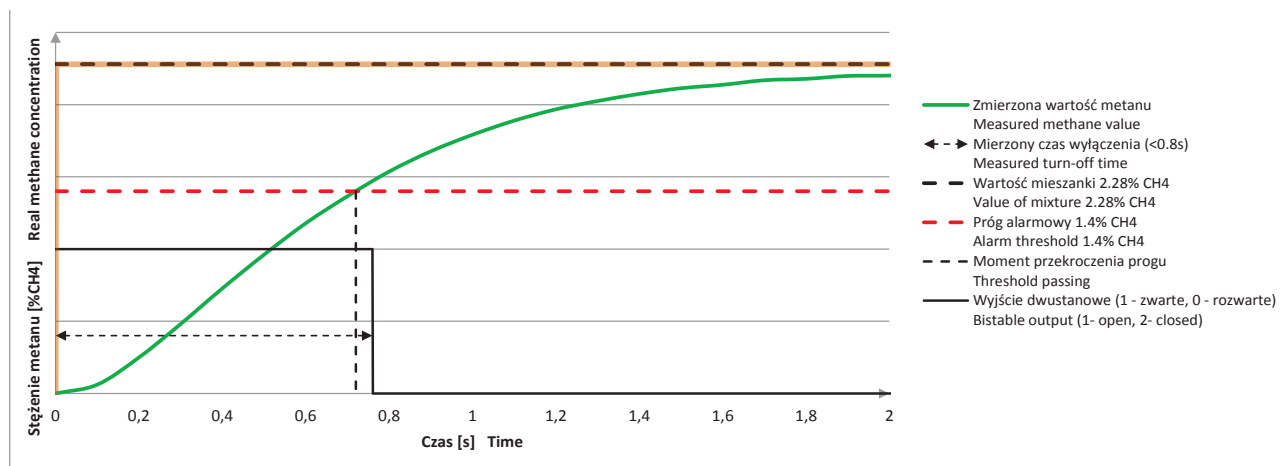
The required dynamic properties of stationary devices for the measurement of the concentration of methane are defined by the norm PN-EN-60079-29-1, that is effective in Poland, according to which the response times  $t(50)$  and  $t(90)$  should be lower than appropriately 10 seconds and 30 seconds. These devices, applied in the monitoring system, should provide fulfilling the requirement [8] stating that "...time of working, from the moment of giving for the input the irregular change of parameter ... cannot be longer than 15 seconds". MM-4 methane detector, characterized by a response time  $t(90) = 5$  sec., with the large supply, is meeting requirements of both mentioned documents.

Applied in the Ukraine norm ГОСТ 24032-80 „Приборы шахтные аналитические – Общие технические требования. Методы испытаний” [9] is putting different requirements with regard to the speed of automatic shutdowns (that is also towards dynamics of measurements) for methane detectors applied in the underground of mines. This norm determines two criteria:

1. Criterion of the time of automatic shutdown from exceeding the alarm threshold (i.e. value of the concentration of methane) (ГОСТ 24032-80, p.1.18, p.3.18.1).
2. Criterion of the time of automatic shutdown at growing concentration of methane. (ГОСТ 24032-80, p.1.18).

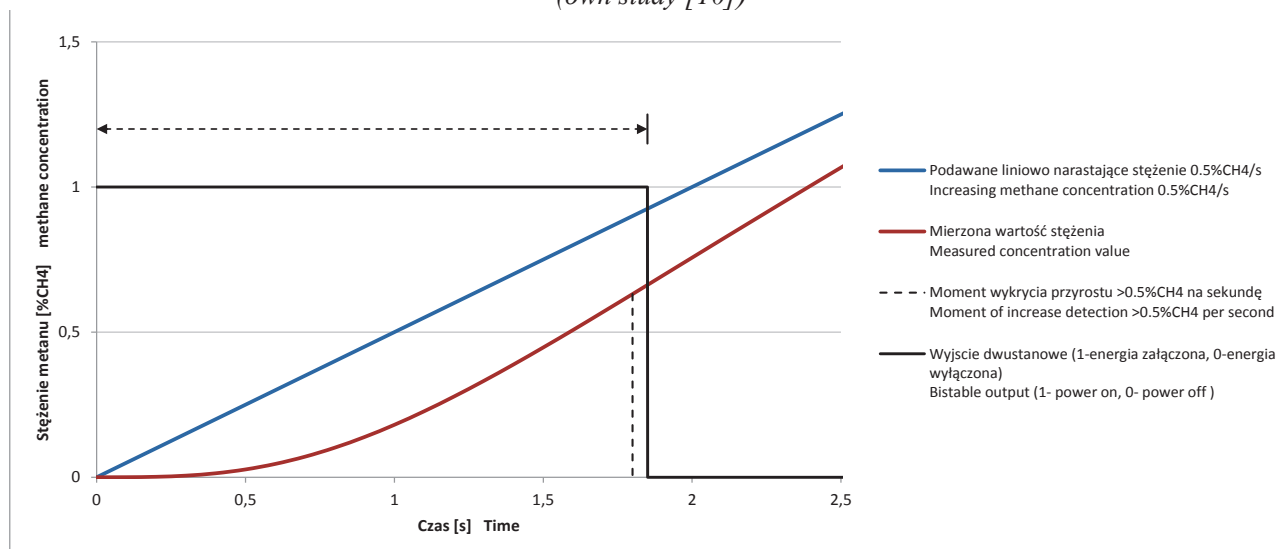
Criterion 1 demands, that in case of exceeding the placed alarm threshold, detection and automatic shutdown of methane detector joints took place in the time not exceeding 0.8 second from the appearance of the concentration of methane higher than the set threshold. This requirement is verified by irregular addition of the mixture of methane, representing 160% of the value of the placed threshold, and then, measuring the time of automatic shutdown. For example, at the threshold placed on 1,4%  $\text{CH}_4$ , irregular mix of 2.28% methane is used. This requirement is illustrated on the graph in picture 2.

Criterion 2 requires, in case of the increasement of the increase in the concentration of methane, detection and shutdown of automatic joints should take place in time that is shorter than 2 seconds (at the increase of 0,5% $\text{CH}_4/\text{s}$ ) from the appearance of such a increasement. This requirement is verified by giving test gas about the concentration of methane growing linearly with the speed of 0,5 % $\text{CH}_4$  for a second. Time from the beginning of giving test mixture to the moment of opening joints of the shutdown circuit of methane detector is measured. This method is illustrated on the graph in picture 3.



Rys. 2. Ilustracja metody badania czasu wyłączenia przy skokowej zmianie stężenia (opracowanie własne wg [10])

Fig. 2. Illustration of the method of examining shutdown time at the irregular change of concentration (own study [10])



Rys. 3. Ilustracja metody badania czasu wyłączenia przy liniowej zmianie stężenia [3]

Fig. 3. Illustration of the method exploring the shutdown time at the linear change of concentration [3]

Przeprowadzone w ramach procedury dopuszczalnej badania wykazały, że metanomierz MM-4 w standardowym wykonaniu nie jest w stanie spełnić powyższych kryteriów. Po zmianie konstrukcji komory pomiarowej i wprowadzeniu zmian oprogramowania metanomierz w wersji MS-2B został dopuszczony do stosowania na terenie Ukrainy.

#### 4.2. Kontrola okresów kalibracji głowicy pomiarowej

Kolejnym z zagadnień, na które zwrócił uwagę nadzór górniczy, jest kontrola okresów kalibracji metanomierza. Ze względu na przepisy, które nie dopuszczają kalibracji wysokimi stężeniami metanu w warunkach dołowych, można przeprowadzać kalibrację tylko mostka niskich stężeń. Mostek wysokich

Research conducted in frames of admission procedures showed, that MM-4 methane detector, in the standard workmanship, is not able to fulfil the above criteria. After the change of the structure of measurement chamber and implementing amendments to the software, methane detector in the MS-2B version was allowed for applying in Ukraine.

#### 4.2. Control of calibration periods of the measuring head

The next issue, to which the mining supervision body has paid attention, is control of calibration periods of methane detector. On account of the regulations, which are preventing the calibration with high concentrations of methane in pit conditions, it is possible to conduct the calibration of only a bridge

stężeń może być kalibrowany wyłącznie po wywiezieniu metanomierza na powierzchnię, co przy normalnej eksploatacji odbywa się raz na pół roku.

Dla procedury kalibracyjnej stwierdzono konieczność kontroli okresu, w jakim była wykonywana. W przypadku stwierdzenia przekroczenia czasu wymaganego przez producenta powinno nastąpić ostrzeżenie, a po przekroczeniu dwukrotności tego czasu powinna nastąpić blokada pracy metanomierza oraz wyłączenie i zablokowanie w tym stanie jego wyjść sterujących. W uzgodnieniu z nadzorem zaproponowano wprowadzenie następującej procedury:

- po pomyślnym zakończeniu pierwszego etapu procedury kalibracyjnej (ustawienie zera i nachylenia charakterystyki statycznej) metanomierz zapisuje w pamięci monitora datę i czas kalibracji oraz numer kalibrowanej komory pomiarowej; oprogramowanie metanomierza okresowo sprawdza czas, jaki upłynął od ostatniej pomyślnej kalibracji podłączonej komory pomiarowej i w zależności od wyniku podejmuje następujące działania:
  - po przekroczeniu zalecanego przez producenta okresu kalibracji uruchamia „alarm kalibracji”, który zostaje wygenerowany w stacji operatorskiej w postaci komunikatu;
  - po przekroczeniu dwukrotności zalecanego przez producenta okresu kalibracji trwale rozwiera styki wyjściowe, przy czym w dalszym ciągu jest ustawiony „alarm kalibracji”;
  - blokada ulega skasowaniu po ponownym prawidłowym wyskalowaniu głowicy pomiarowej.

Gdy blokada jest aktywna, załączanie styków wyjściowych ze stanowiska dyspozytorskiego jest niemożliwe. Uzyskuje się w ten sposób pewność, że urządzenia zabudowane w wyrobiskach kopalni są właściwie skalibrowane. Oczywiście nie uwzględnia się w tym przypadku miejsca kalibracji. Trzeba pamiętać, że kalibracja powinna odbywać się w miejscu pomiaru, co eliminuje wpływ ciśnienia i warunków klimatycznych. Kalibracja wykonana na powierzchni może być tylko traktowana jako wstępna, potwierdzająca sprawność urządzenia.

#### 4.3. Sekwencyjne rozwieranie obwodów wyjść sterujących

Z funkcjonalnego punktu widzenia metanomierz MS-2B jest minicentralą wyposażoną w jeden czujnik analogowy (czujnik metanu), dwa wejścia dwustanowe i dwa wyjścia dwustanowe. Wyjścia dwustanowe są przeznaczone do realizacji szybkich automatycznych wyłączeń energii i w systemie są oznaczone symbolami YA i YB. Na wejścia (oznaczone w systemie

of low concentrations. The bridge of high concentrations can be calibrated only after taking away the methane detector to the surface, what at the normal use is undergoing once in half a year.

For the calibration proceduro, one has stated a need for the control of the period in which it was made. In case of stating overrun of time required by the producer, a warning should take place, and after overrunning two times of this time, a blockade of the methane detector work should take place as well as turning off and blocking its steering outputs in this state. In the agreement with the mining supervision body, implementation of the following procedure was suggested:

- After the successful conclusion of the first phase of the calibration procedure (setting the zero and leaning static characteristics), the methane detector is storing in memory of monitor the date and time of calibration as well as the number of the calibrated measurement chamber. Methane detector software is periodically checking time that has passed from the last successful calibration, connected to the measurement chamber, and depending on the result, it is taking the following actions:
  - After exceeding the calibration period recommended by the producer, one should start the "calibration alarm" which is generated in the operational station in form of the announcement;
  - After exceeding two times the calibration period recommended by the producer, it is permanently opening output joints, but the "calibration alarm" is still activated;
  - The blockade is undergoing deletion after the next correct calibration of the measuring head.

When the blockade is active, starting the output joints from the dispatcher position is impossible. In this way, one can obtain a certainty, that devices built-up in mine workings are properly calibrated. Of course, in this case, a place of calibration is not taken into account. It is necessary to remember that the calibration should take place in the place of measurement, what eliminates the influence of the pressure and climatic conditions. The calibration carried out on the surface can be treated only as a preliminary calibration, confirming the efficiency of the device.

#### 4.3. Sequential opening of steering output circuits

From a functional point of view, MS-2B methane detector is mini-central office equipped with one analogue sensor (sensor of methane), two bistable inputs and two bistable outputs. Bistable outputs are intended for the realisation of fast automatic shut-downs of energy and they are marked in the system

symbolami XA, XB) mogą być podawane dowolne sygnały dwustanowe, jednak ich podstawowym zastosowaniem jest kontrola stanu obwodów wyłączających. W metanomierzu można zdefiniować dwie analogowe wartości alarmowe: PA – próg wyższy oraz PB – próg o niższej wartości. Wartości progowe oraz stany wejść i wyjść można powiązać zależnościami logicznymi realizującymi praktycznie dowolne algorytmy wyłączeń i kontroli. Standardowo wykorzystuje się algorytm, zgodnie z którym po osiągnięciu progu  $PB = 1\% \text{ CH}_4$  metanomierz wyłącza obwód wyjścia YB (zasilanie maszyny urabiającej), a po przekroczeniu wartości progowej  $PA = 2\% \text{ CH}_4$  odcina zasilanie wszystkich urządzeń i maszyn elektrycznych w rejonie (rozwiera obwód wyjścia YA). Potwierdzeniem rzeczywistego wyłączenia poszczególnych obwodów jest odpowiednia zmiana poziomu sygnałów na wejściach dwustanowych XA, XB.

Zaproponowana przez nadzór ukraiński funkcja sekwencyjnego sterowania ma zapewnić dodatkowe zabezpieczenie przed nieprawidłowym działaniem obwodów wyłączających energię elektryczną. Jej działanie jest następujące:

- po przekroczeniu wartości progu alarmowego PA metanomierz rozwiera styki wyjściowe YA;
- program sprawdza poziom sygnału na wejściu dwustanowym XA, do którego podłączony jest czujnik obecności napięcia w obwodzie wyłączanym przez styki wyjściowe YA lub inny sygnał dwustanowy jednoznacznie określający występowanie lub brak napięcia w wyłączanym obwodzie;
- jeżeli po upływie ustalonego czasu nie nastąpi zmiana stanu na wejściu XA z poziomu „jest napięcie” do stanu „brak napięcia”, to metanomierz rozwiera styki wyjściowe YB.

Zgodnie z sugestiami użytkowników ukraińskich przyjęto, że funkcja rozwierania styków wyjściowych według podanej sekwencji ma być aktywna w przypadku skonfigurowania obydwu wyjść sterujących (YA, YB) do wyłączeń od tego samego progu (PA). Okres zwłoki pomiędzy czasem wyłączania kolejnych wyjść jest ustawiany z poziomu monitora metanomierza (za pomocą klawiatury kalibracyjnej). Jako wartość standardową (default) przyjęto sugerowany przez użytkowników okres 10 sekund.

## 5. PODSUMOWANIE

Wdrożenie systemu SMP-NT/A w kopalniach ukraińskich było możliwe dzięki opracowaniu i przebadaniu oprogramowania urządzeń metanometrycznych zgodnie z lokalnym ustawodawstwem. O ile

with YA and YB symbols. For inputs (marked in the system with XA, XB symbols) one can give any bistable signals, however their basic use is a control of the state of shutdown circuits. In methane detector, it is possible to define two analogue alarm values: PA - higher threshold and PB - threshold with a lower value. Threshold values and states of inputs and outputs can be connected with logical relations realizing practically any algorithms of shutdowns and control. As a default, one is using the algorithm, according to which, after achieving the PB threshold =  $1\% \text{ CH}_4$  methane detector is turning off the YB output circuit (powering of the moulding machine), and after exceeding the PA threshold value =  $2\% \text{ CH}_4$  it is turning off all devices and electrical machinery in the area (it is opening YA output circuit). The proper change of the level of signals on bistable inputs XA, XB is confirming the real shutdown of all particular circuits.

The function of the sequential control, suggested by the Ukrainian mining supervision body, is supposed to provide the additional protection against the malfunction of shutdown circuits that are turning off the electric energy off. Its operation is following:

- after exceeding the value of the PA alarm threshold, the methane detector is opening YA output joints;
- program is checking the level of a signal on the bistable XA input, to which one is connecting the sensor of voltage presence in the circuit turned off by the YA output joints, or other bistable signal unambiguously determining the appearance or the lack of voltage in the circuit that is turned off;
- if after the end of the set time, the change of a state will not take place on the XA input from the "there is a tension" level to a "lack of a tension" state, then the methane detector is opening YB output joints.

According to suggestions of Ukrainian users, it was assumed, that the function of opening output joints according to the given sequence is supposed to be active in case of configuring both steering outputs (YA, YB) to the outputs from the same threshold (PA). The period of a delay between the shutdown time of the consecutive outputs is fixed from the level of the methane detector monitor (with the help of calibration keyboard). As a default value (default), one has assumed the period of 10 seconds, suggested by the users.

## 5. SUMMARY

SMP-NT/A system implementation in the Ukrainian mines was possible thanks to the fact that one has compiled and examined the software of the methane-metric devices according to the local legislation



w pierwszym okresie zastosowano system praktycznie bez większych zmian funkcjonalnych, to w późniejszym widać dążenie nadzoru górniczego i użytkownika do uzyskania systemu ściśle dostosowanego do warunków lokalnych.

Wprowadzone zmiany w oprogramowaniu systemu w żaden sposób nie naruszyły warunków dopuszczenia, jakie system uzyskał na terytorium Ukrainy, a można zaryzykować stwierdzenie, że dzięki nim zwiększył swoją funkcjonalność.

Biorąc pod uwagę wprowadzone w ukraińskiej wersji systemu zmiany, można zastanowić się nad celowością wprowadzenia podobnych modyfikacji w polskiej wersji systemu. Taka operacja wymagałaby jednak dyskusji z użytkownikami i polskim nadzorem górniczym.

Inasmuch as in the first period the system was applied practically without any bigger functional changes, then later one can see the aspiration of the mining supervision body and the user to gain the system that would be closely adapted to local conditions. Changes, implemented in the system software, in no way violated conditions of the admission, which was obtained by the system on the territory of Ukraine, and it is even possible to state, that thanks to them, it increased its functionality. Taking into consideration the changes implemented in the Ukrainian version of the system, it is possible to consider the usefulness of implementing similar alterations in Polish versions of the system. However, such an operation would require discussion with the users and the Polish mining supervision body.

#### Literatura

1. Cierpisz S., Miśkiewicz K., Musioł K., Wojaczek A.: *Systemy gazometryczne w górnictwie*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
2. Система SMP-NT/A мониторинга параметров рудничной среды. Техническое описание. ЕМАГ Катовице, 2008.
3. Dokumentacja: Metanomierz MS-2B, Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice 2014, niepublikowana
4. Государственный Стандарт Союза ССР ГОСТ 24032-80 (СТ СЭВ 6450—88). Приборы Шахтные Газоаналитические. Общие технические требования. Методы испытаний.
5. Krzystanek Z., Dylong A., Wojtas P.: *Monitorowanie parametrów środowiska w kopalni – system SMP-NT*. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa”, 2004, nr 9.
6. Krzystanek Z., Gralewski K.: *Zestaw iskrobezpiecznych urządzeń do ciągłego monitoringu wielkości analogowych i dwustanowych w podziemiach kopalń metanowych*. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa”, 2006, nr 12.
7. Krzystanek Z., Wasilewski S.: *System CMC-3 kontroli zagrożeń metanowych*. „Bezpieczeństwo Pracy w Górnictwie”, 1992, nr 2, Katowice.
8. *Metanomierz typu MM-4. Dokumentacja techniczna*, Centrum EMAG, Katowice 2006.
9. Polska norma PN-EN 60079-29-1. *Atmosfera wybuchowe. Cz. 29-1: Detektory gazu. Wymagania metrologiczne i funkcjonalne detektorów gazów palnych*, Warszawa 2010.
10. *Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 30 kwietnia 2004 w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (z późn. zm.)*. Zał. 1, pkt 3.4: *Systemy łączności, bezpieczeństwa i alarmowania oraz zintegrowane systemy sterowania kompleksów wydobywczych i przodkowych*.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.

#### References

1. Cierpisz S., Miśkiewicz K., Musioł K., Wojaczek A.: *Systemy gazometryczne w górnictwie*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
2. Система SMP-NT/A мониторинга параметров рудничной среды. Техническое описание. ЕМАГ Катовице, 2008.
3. Dokumentacja: Metanomierz MS-2B, Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice 2014, niepublikowana
4. Государственный Стандарт Союза ССР ГОСТ 24032-80 (СТ СЭВ 6450—88). Приборы Шахтные Газоаналитические. Общие технические требования. Методы испытаний.
5. Krzystanek Z., Dylong A., Wojtas P.: *Monitorowanie parametrów środowiska w kopalni – system SMP-NT*. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa”, 2004, nr 9.
6. Krzystanek Z., Gralewski K.: *Zestaw iskrobezpiecznych urządzeń do ciągłego monitoringu wielkości analogowych i dwustanowych w podziemiach kopalń metanowych*. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa”, 2006, nr 12.
7. Krzystanek Z., Wasilewski S.: *System CMC-3 kontroli zagrożeń metanowych*. „Bezpieczeństwo Pracy w Górnictwie”, 1992, nr 2, Katowice.
8. *Metanomierz typu MM-4. Dokumentacja techniczna*, Centrum EMAG, Katowice 2006.
9. Polska norma PN-EN 60079-29-1. *Atmosfera wybuchowe. Cz. 29-1: Detektory gazu. Wymagania metrologiczne i funkcjonalne detektorów gazów palnych*, Warszawa 2010.
10. *Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 30 kwietnia 2004 w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych (z późn. zm.)*. Zał. 1, pkt 3.4: *Systemy łączności, bezpieczeństwa i alarmowania oraz zintegrowane systemy sterowania kompleksów wydobywczych i przodkowych*.

The article was reviewed by two independent reviewers.

### АДАПТАЦИЯ ОРИЕНТИРОВАННЫХ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СТАЦИОНАРНОГО МЕТАНООПРЕДЕЛИТЕЛЯ К ДИНАМИЧЕСКОМУ УВЕЛИЧЕНИЮ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА

В течение последних четырех лет на украинских угольных шахтах были внедрены две системы мониторинга параметров шахтной среды типа SMP-NT/A. Они с успехом заменили используемые ранее украинские системы. Основываясь на опыте, полученном на польских шахтах, система SMP-NT/A адаптирована к требованиям украинской угольной отрасли. Несмотря на это, различия в практике угледобычи и функциональном подходе Государственной службы горного надзора и промышленной безопасности Украины к газометрическим системам обеспечения безопасности привели к необходимости последующих изменений программного обеспечения для стационарного метаноопределителя, предлагаемого на украинский рынок. В статье обсуждаются уже существующие и вновь реализованные функциональные возможности метаноопределителя, связанные с обеспечением безопасности.