

# PRZEGLĄD GÓRNICZY

założono 01.10.1903 r.

KWARTALNIK STOWARZYSZENIA INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW GÓRNICZWA

Nr 2 (1191)

2/2022

Tom 78

(LXXVIII)

## Rozszerzony monitoring układów inertyzacji stosowanych w kopalniach węgla kamiennego

Extended monitoring of inerting systems used in coal mines



Grzegorz Mendakiewicz<sup>\*)</sup>



Mariusz Tuskiewicz<sup>\*)</sup>



Stanisław Trenczek<sup>\*\*)</sup>



Artur Dylong<sup>\*\*\*)</sup>



Dariusz Musioł<sup>\*\*\*)</sup>

**Treść:** W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania Mobilnego Układu Pomiarowego do Monitorowania Gazów Inertnych, jako nowatorskiego urządzenia pomiarowego, umożliwiającego ciągły monitoring procesu inertyzacji, który jest obecnie jednym z podstawowych elementów profilaktyki przeciwpożarowej w kopalniach węgla kamiennego. Przedstawiono jego możliwości aplikacyjne, sposób obsługi, możliwości wykorzystania oraz sposoby pomiarów w kopalniach węgla kamiennego.

**Abstract:** The article presents the possibilities of using the Mobile Measurement System for Inert Gas Monitoring as an innovative measurement device enabling continuous monitoring of the inertization process which is currently one of the basic elements of fire prevention in hard coal mines. Its application possibilities, method of operation, possibilities of use and methods of measurement in hard coal mines are presented.

### Słowa kluczowe:

górnictwo węgla kamiennego, pożary podziemne, inertyzacja, monitoring

### Keywords:

coal mining, underground fires, inerting, monitoring

<sup>\*)</sup> Cen-Rat Sp. z o.o.

<sup>\*\*)</sup> Główny Instytut Górnictwa

<sup>\*\*\*)</sup> Politechnika Śląska

## 1. Wprowadzenie

Sektor górniczy węgla kamiennego od zawsze nękany był zagrożeniem pożarami endogenicznymi. Wynika to z tego, że węgiel kamienny jest kopalnią palną, która podlega procesowi utleniania. Ten zaś proces może przejść w proces samozagrzewania, który czasami kończy się samozapłonem węgla i pożarem endogenicznym.

Jednym ze skuteczniejszych, a przez to coraz powszechniej stosowanych sposobów zapobiegania pożarom jest inertyzacja. Zgodnie z obowiązującą od 30.10.2019 r. normą PN-EN 1127-1:2019-10, pod tym pojęciem rozumie się dodawanie gazowych substancji obojętnych do mieszaniny gazów pożarowych lub/i gazów zrobowych, w celu zapobiegania tworzeniu się atmosfery wybuchowej. Do gazów obojętnych zalicza się azot, czyli gaz, o którym jest mowa w niniejszym artykule.

Inertyzacja azotem często stosowana jest w czasie akcji ratowniczej przeciwpożarowej ([Rozporządzenie ... 2017](#)), jednak z uwagi na incydentalne występowanie takich pożarów – średnio 8 w roku – nie jest to znaczący obszar rynku usług inertyzacyjnych. Zdecydowanie częściej inertyzacja azotem stosowana jest w ramach prac profilaktycznych ([Rozporządzenie ... 2016](#)), mających na celu niedopuszczenie lub zmniejszenie poziomu zagrożenia pożarem endogenicznym. Coraz częściej też spotyka się traktowanie inertyzacji azotem jako stałej lub okresowej technologii związanej z ruchem ściany dla zapobieżenia samozapłonowi węgla i pożaru endogenicznego lub/i dla wyeliminowania wybuchu metanu ([Buchwald 2004](#)).

## 2. Zagrożenia pożarowe w Polsce

Aktualnie w Polsce funkcjonuje 20 kopalń węgla kamiennego, przy czym:

- przeważająca ich część funkcjonuje w strukturach przedsiębiorców górniczych, tj.:
  - w Polskiej Grupie Górniczej S.A., w której zgrupowane są:
    - KWK Bolesław Śmiały,
    - KWK Mysłowice-Wesoła – Ruch Wesoła,
    - KWK Ruda – Ruch Bielszowice, Ruch Halemba, Ruch Pokój,
    - KWK ROW – Ruch Chwałowice, Ruch Jankowice, Ruch Marcel, Ruch Rydułtowy,
    - KWK Piast-Ziemowit – Ruch Piast, Ruch Ziemowit,
    - KWK Sośnica,
    - KWK Staszic-Wujek – Ruch Staszic, Ruch Wujek,
  - w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A., w której zgrupowane są:
    - KWK Borynia-Zofiówka – Ruch Borynia, Ruch Zofiówka,

- KWK Budryk,
- KWK Jastrzębie-Bzie – Ruch Jastrzębie, Ruch Bzie – kopalnia w budowie,
- KWK Knurów-Szczygłowice – Ruch Knurów, Ruch Szczygłowice,
- KWK Pniówek,
- w TAURON-WYDOBYCIE S.A., w której zgrupowane są:
  - ZG Brzeszcze,
  - ZG Janina,
  - ZG Sobieski,
- nieliczna ich część funkcjonuje jako kopalnie samodzielne:
  - Lubelski Węgiel S.A. Bogdanka S.A.,
  - Przedsiębiorstwo EKO-PLUS Sp. z o.o.,
  - Przedsiębiorstwo Górnicze „Silesia” Sp. z o.o.,
  - Węglkoks Kraj Sp. z o.o. KWK Bobrek-Piekary – Ruch Bobrek,
  - ZG Siltech.

Z powyższego zestawienia wynika, że funkcjonuje w sumie 30 ruchów górniczych, przy czym w 29 prowadzi się wydobywanie.

Z analizy pożarów endogenicznych z lat 2010–2020 wynika, że w sumie zaistniało 65 pożarów endogenicznych, przy czym w aktualnie czynnych ruchach (patrz wyżej) doszło do 59 pożarów. Jednak liczba tych pożarów jest zróżnicowana:

- 12 pożarów wystąpiło na Ruchu Staszic,
- 7 pożarów wystąpiło na Ruchu Bielszowice,
- po 5 pożarów wystąpiło na Ruchu Sobieski i Ruchu Wesoła,
- 4 pożary wystąpiły na Ruchu Szczygłowice,
- po 3 pożary wystąpiły na Ruchu Halemba i Ruchu Rydułtowy,
- po 2 pożary wystąpiły na Ruchu LW Bogdanka S.A., Ruchu Jankowice, Ruchu Knurów, Ruchu Piast, Ruchu Pniówek, Ruchu Wujek i Ruchu Zofiówka,
- po 1 pożarze wystąpiło na Ruchu Bobrek, Ruchu Brzeszcze, Ruchu EKO-PLUS, Ruchu Janina, Ruchu Marcel i Ruchu Ziemowit.

Do pożaru nie doszło na Ruchach Bolesław Śmiały, Chwałowice, Jastrzębie, Pokój, Silesia, Sośnica, Siltech, co stanowi ok. 24,1% wszystkich ruchów zakładów górniczych. Jednak na podstawie zestawienia pożarów zaistniałych przed rokiem 2010 można przyjąć, że jedynie w KWK Bolesław Śmiały, PG Silesia i ZG Siltech nie dochodziło do pożarów endogenicznych.

Z pogłębionej analizy pożarów w okresie lat 2010–2020 wynika, że pożary endogeniczne występowały w różnych rejonach kopalni – tab. 1.

Z powyższego zestawienia wynika, że aż 40 pożarów endogenicznych zaistniało w rejonach ścian, przy czym 11 pożarów w rejonach ścian likwidowanych, 2 pożary w ścianach zbrojonych, a pozostałe 22 pożary wystąpiły w rejonach ścian czynnych.

**Tabela 1. Zestawienie lokalizacji pożarów endogenicznych w latach 2010–2020 (Stan ... 2010–2020)**  
**Table 1. Summary of locations of endogenous fires between 2010 and 2020 (Stan ... 2010–2020)**

Lp.	Miejsce zaistnienia pożaru	Liczba pożarów
1	Zroby ścian likwidowanych	11
2	Zroby ścian czynnych	10
3	Zroby ścian otamowanych	6
4	Ściana w zbrojeniu	2
5	Wyrobisko przyścianowe ściany czynnej	10
6	Wyrobisko przyścianowe ściany likwidowanej	1
7	Otoczenie wyrobiska korytarzowego (poza rejonem ściany)	18
8	Wyrobisko drążone	6
9	Chodnik węglowy – wyrobisko wybierkowe	1

Z danych o polskim górnictwie podziemnym wynika, że w ostatnich latach wydobywanie węgla kamiennego prowadzone jest średniorocznie na ok. 80 ścianach wydobywczych. Biorąc pod uwagę to, że ok. 25% kopalń, z uwagi na bardzo małe zagrożenie pożarami endogenicznymi, nie stosuje profilaktyki pożarowej w postaci inertyzacji azotem, można przyjąć, że w 2021 r. było ok. 60 czynnych ścian wydobywczych potencjalnie zagrożonych pożarami endogenicznymi. W związku z tym, że – jak pokazuje zestawienie (tab.1) – do ok. 30% pożarów dochodzi także w ścianach likwidowanych i zlikwidowanych, to liczbę potencjalnie zagrożonych rejonów ścian można zwiększyć do ok. 78 na rok.

### 3. Układy inertyzacyjne w kopalniach węgla kamiennego

Inertyzacja zrobów zawałowych z wykorzystaniem gazów obojętnych takich jak azot lub ditlenek węgla, służy przede wszystkim do obniżenia stężenia tlenu w zrobach zawałowych do wartości uniemożliwiających podtrzymanie procesu palenia oraz obniżenia temperatury zrobów w miejscu ich podawania (Kajdasz, Buchwald 1998, Paczkowski 1990).

Ze względu na różnorodność instalacji inertyzacyjnych, tj. sieci rurociągów stosowanych w kopalniach węgla kamiennego, można je podzielić na kilka typowych rodzajów (Trenczek 2006).

#### Podział wg przeznaczenia instalacji

- Instalacja jednofunkcyjna – rurociąg/rurociągi przeznaczone tylko i wyłącznie do podawania gazu inertnego. Występuje w przypadku, gdy inertyzacja jest elementem technologii wydobywania węgla danego pokładu. Wówczas, rurociąg zazwyczaj jest jednorodny pod względem stosowanych rur i ich średnicy.
- Instalacja wielofunkcyjna – rurociąg/rurociągi przeznaczone do podawania różnych mediów, w zależności od potrzeb, np. gazu inertnego, wody, mieszanin wodno-popiołowych lub/i wodno-piaskowych, podsadki hydraulicznej lub ich mieszanin. Występuje w przypadku stosowania szerokiego zakresu profilaktyki pożarowej (metanowej), w tym inertyzacji. Rurociąg zwykle składa się wtedy z różnego rodzaju rur (o różnorodnych średnicach np. 80, 110, 150, 185 mm, czasami jeszcze większych), a czasami, w końcowych odcinkach instalacji stosowane są też węże p.poż.

#### Podział ze względu na strukturę rurociągu

- Instalacja prosta – z jednej lub kilku wytwornic azotu gaz podawany jest jednym rurociągiem do jednego punktu odbioru.
- Instalacja przemienna – z jednej lub kilku wytwornic azotu gaz podawany jest jednym głównym rurociągiem z rozgałęzieniami do dwóch lub kilku punktów odbioru, do których gaz podaje się przemiennie.
- Instalacja rozproszona – z jednej lub kilku wytwornic azotu gaz podawany jest jednym głównym rurociągiem z rozgałęzieniami do dwóch lub kilku punktów odbioru, do których gaz podaje się jednocześnie.

### 4. Monitoring układów inertyzacyjnych

Stosowane obecnie urządzenia do wytwarzania azotu z powietrza atmosferycznego posiadają własne układy kontrolno-pomiarowe. Układy te zapewniają poprawną pracę instalacji z zachowaniem ustawionych parametrów gazu na wyjściu z wytwornicy. Parametrami tymi są przede wszystkim

kim wydatek objętościowy gazów oraz zawartość tlenu w mieszaninie. W momencie dostarczenia mieszaniny gazów do rurociągu inertyzacyjnego brak jest możliwości kontroli jej parametrów. Może zachodzić także sytuacja spadku skuteczności inertyzacji związanej np. z rozszczelnieniem rurociągu. W przypadku tym ilość mieszaniny gazów obojętnych nie odpowiada założonym parametrom, a przez to inertyzacja nie jest skuteczna. Jedną z metod zapobiegania takim sytuacjom jest zastosowanie dodatkowych urządzeń pomiarowych umożliwiających pomiar parametrów gazów obojętnych bezpośrednio przed miejscem ich podania do zrobów zawałowych. Taki urządzeniem jest *Mobilny Układ Pomiarowy do Monitorowania Gazów Inertnych*.

### 5. Metodyka pomiarów parametrów ilościowych i jakościowych gazów inertnych za pomocą mobilnego układu pomiarowego

Do pomiarów parametrów ilościowych i jakościowych inertyzacji można zastosować *Mobilny Układ Pomiarowy do Monitorowania Gazów Inertnych* (Dokumentacja ... 2020) przedstawiony na rys. 1 i rys. 2.

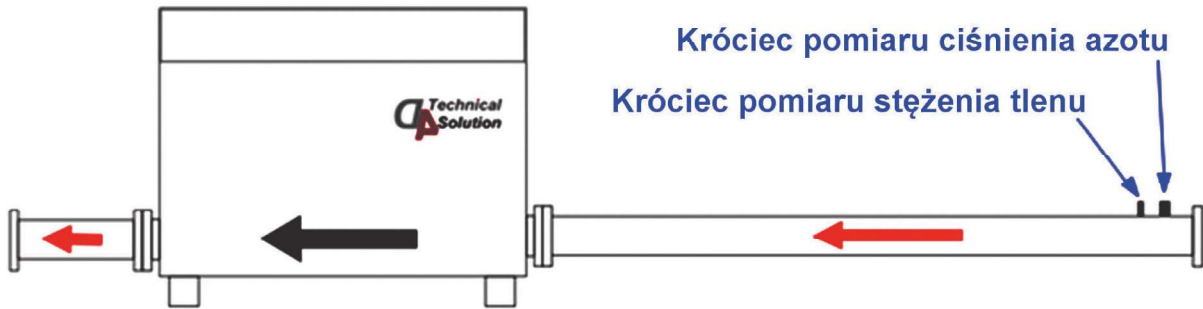


Rys. 1. Widok Mobilnego Układu Pomiarowego do Monitorowania Gazów Inertnych

Fig. 1. View of Mobile Measurement System for Inert Gas Monitoring

Mobilny Układ Pomiarowy do Monitorowania Gazów Inertnych służy do pomiaru strumienia objętościowego azotu ( $N_2$ ), wytwarzanego przez wytwornice azotu na potrzeby profilaktyki stosowanej przy zagrożeniu pożarowym w kopalniach węgla kamiennego, a także do pomiaru jego ciśnienia. Dodatkowo układ pomiarowy został wyposażony w czujnik tlenu ( $O_2$ ), informujący o bieżącym stężeniu tlenu ( $O_2$ ) w czasie pomiaru strumienia objętości azotu ( $N_2$ ).

Konstrukcja Mobilnego Układu Pomiarowego do Monitorowania Gazów Inertnych została opracowana zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami dotyczącymi pomiarów parametrów przepływowych gazów.



Rys. 2. Rysunek poglądowy zmontowanego urządzenia pomiarowego  
Fig. 2. View drawing of assembled measuring device

Podstawowe parametry techniczno-eksploatacyjne układu pomiarowego:

- warunki pracy:
  - temperatura otoczenia –  $0^{\circ}\text{C} \div +40^{\circ}\text{C}$ ,
  - wilgotność względna powietrza przy temp.  $+40^{\circ}\text{C}$  – do 90% bez kondensacji wilgoci,
  - położenie eksploatacyjne – skrzynia urządzenia ustawiona na powierzchni poziomej,
  - sposób zasilania – bateryjny, własny;
- dane znamionowe:
  - znamionowe napięcie zasilania układu – 12V DC,
  - pobór prądu – ok. 100 mA,
  - pomiar strumienia wydajności –  $100 \div 750 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ,
  - pomiar ciśnienia względnego –  $100 \text{ kPa} \div 2,5 \text{ MPa}$ ,
  - pomiar ciśnienia różnicowego –  $0 \div 25 \text{ kPa}$ ,
  - pomiar stężenia tlenu –  $0 \div 25\%$ .

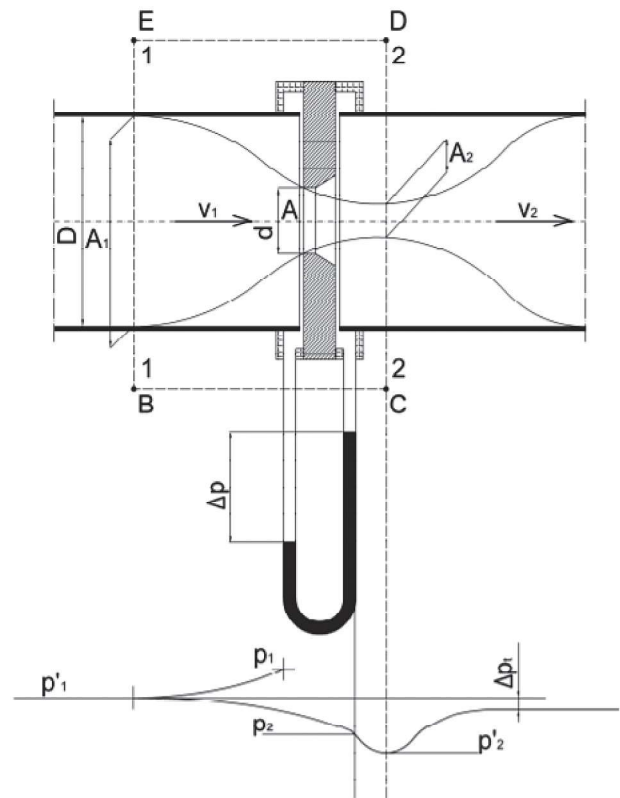
Mobilny Układ Pomiarowy do Monitorowania Gazów Inertnych jest wbudowany w skrzynię przenośną, wykonaną ze sklejki drewnianej, wzmocnioną elementami stalowymi.

Układ pomiarowy składa się z:

- kryzy pomiarowej, wykonanej zgodnie z normą PN-EN ISO 5167-1 (Polska Norma ... 2005),
- inteligentnego przetwornika różnicy ciśnień typu APR 2000PD/Ex/0-25kPa/0÷10kPa/CH /2X1/4NPT,
- przetwornika ciśnienia typu: PC28/0... 1000kPaABS/PD/M,
- uniwersalnego czujnika stacjonarnego typu UCS-I/O<sub>2</sub>,
- iskrobezpiecznego koncentratora  $\mu\text{D}$ ,
- iskrobezpiecznej baterii  $\mu\text{DBAT}$ ,
- prostek rurowych do zachowania prostoliniowości przepływu strumienia gazu na kryzę pomiarową,
- osprzętu elektrycznego, kabli elektrycznych i węży ciśnieniowych.

Metodyka pomiarów objętości masy gazów płynących w rurociągu transportującym azot oparta jest na metodzie pomiarowej z zastosowaniem przepływomierza zwężkowego. Zasada pomiaru oparta jest na zmianie energii potencjalnej ciśnienia statycznego gazu przepływającego przez miejscowe zwężenie przewodu. Zasadą przy tym jest, że oś otworu w zwężce musi pokrywać się z osią przewodu.

Przy przepływie przez zwężkę (rys. 3.) następuje wzrost prędkości strumienia gazu od prędkości  $v_1$  w przekroju 1-1 do prędkości  $v_2$  w przekroju 2-2. Zwężenie strumienia rozpoczyna się przed kryzą i postępuje aż do uzyskania przekroju minimalnego, znajdującego się w niewielkiej odległości za kryzą. Następnie strumień rozszerza się i wypełnia całą objętość przewodu. Ciśnienie przed kryzą wzrasta od wartości  $p_1'$  do  $p_1$ , a następnie zmniejsza się do minimum wartości  $p_2'$  za kryzą, w najwęższym przekroju strumienia. Strata ciśnienia  $\Delta p_1$  jest wywołana stratą energii na tarcie i tworzenie się wirów.



Rys. 3. Parametry przepływu przez kryzę pomiarową (Gondek 2009)

Fig. 3. Flow parameters through measuring orifice (Gondek 2009)

Istotne w takim układzie pomiarowym jest to, by przed i za kryzą zachowana była prostoliniowość układu gwarantująca niezakłócony profil prędkości.

Zastosowany w Mobilnym układzie aparat obliczeniowy (program obliczeniowy) objętości przepływającego gazu wykorzystuje przede wszystkim:

- dokonywany on-line pomiar różnicy ciśnień oraz ciśnienia gazu za wytwornicą N<sub>2</sub>,
- wynikające z zasady zachowania energii z uogólnionego równania Bernoulliego.

Wszystkie parametry wynikające z wielkości geometrycznych kryzy oraz parametrów gazu są zawarte w programie obliczeniowym i wyznaczone są zgodnie z normą PN-EN ISO 5167: (Polska Norma ... 2005).

Oprogramowanie układu pomiarowego realizuje w sposób ciągły obliczanie normalnego wydatku objętościowego strumienia przepływającego gazu.

### Realizacja pomiaru przez mobilny układ pomiarowy

W *Mobilnym Układzie Pomiarowym* zastosowano czujnik różnicy ciśnienia APR-2000 firmy APLISENS. Przetwornik APR-2000 przeznaczony jest do pomiaru ciśnienia, różnicy ciśnień gazów, par i cieczy za wytwornicą. Elementem pomiarowym jest piezorezystancyjny czujnik krzemowy oddzielony od medium przez membrany separujące i wybraną ciecz manometryczną. Specjalna konstrukcja głowicy pomiarowej zapewnia odporność na uderzenia ciśnienia i przeciążenia do 25 lub 32 MPa. Układ elektroniczny znajduje się w obudowie o stopniu ochrony IP65.

Do kontroli ciśnienia w rurociągu wykorzystywany jest przetwornik ciśnienia PC-28 produkcji APLISENS. Przetwornik ten przeznaczony jest do pomiaru ciśnienia, podciśnienia i ciśnienia absolutnego: gazów, par, i cieczy. Elementem pomiarowym jest piezorezystancyjny czujnik krzemowy oddzielony od medium przez membranę separującą i wybraną ciecz manometryczną. Zalany silikonem układ elektroniczny znajduje się w obudowie o stopniu ochrony co najmniej IP65. Przetwornik PC-28 jest podłączony do wejścia *Kontrolera*  $\mu D$ . Sygnał przetwornika w zakresie 4-20mA jest przeliczony na wartość ciśnienia i wykorzystywany w obliczeniach.

Na wyświetlaczu *Mobilnego Układu* możliwe jest wywołanie następujących informacji:

- **Aktualne pomiary** - na wyświetlaczu wyświetlone zostaną bieżące pomiary (rys. 4.); zmiana wskazań następuje z częstotliwością 1 s, natomiast w dolnej części ekranu wyświetlany jest status transmisji z modułem analogowym oraz bieżąca data i czas;
- **Rejestracja** – funkcja ta umożliwi załączenie/wyłączenie rejestracji (po włączeniu rejestracji jedyną funkcją dostępną oprócz wyłączenia rejestracji jest podgląd pomiarów);
- **Konfiguracja** – funkcja ta umożliwi wyświetlenie menu konfiguracji,
- **Odczyt danych** – dane zgromadzone w pamięci urządzenia można odczytać w strefie bezpiecznej z wykorzystaniem komputera i odpowiedniego oprogramowania ( $\mu D$ ArchiveReader).



Rys. 4. Ekran podglądu pomiarów

Fig. 4. Measurement view screen

Należy też podkreślić, że dzięki zastosowaniu najnowszej generacji miernika stężenia tlenu określenie wydatku objętościowego podawanego azotu jest wysokiej dokładności, dochodzącej do 99,8%.

## 6. Wykorzystanie Mobilnego Układu Pomiarowego w praktyce górniczej

### Pomiary podstawowe

W inertyzacji azotem wyróżnić należy kilka czynników wpływających na sprawność całego tego cyklu technologicznego.

Pierwsze dwa czynniki to ilość i jakość podawanego azotu z domieszką tlenu traktowanego jako zanieczyszczenie wytwarzanego przez wytwornicę azotu. Kontrola tych parametrów prowadzona jest bezpośrednio przez monitoring, będący elementem wyposażenia wytwornicy. Jednak niezbędna jest także kontrola przeprowadzona na wlocie do instalacji przeznaczonej do inertyzacji. Jest ona zarówno kontrolą parametrów ilościowo-jakościowych, jak też weryfikacją poprawności wskazań przyrządów pomiarowych wytwornicy azotu.

Kolejny czynnik, to jakość instalacji, czyli stan rurociągu/rurociągów pod względem szczelności oraz zawadocienia. Praktyka pokazuje, że jeśli rurociąg jest nieszczelny, to ubytki podawanego azotu są na tyle duże, iż efektu inertyzacji nie uzyskuje się w spodziewanym czasie. Jeśli do tego dojdzie opór przepływu gazu inertnego przez zawadniony odcinek rurociągu, to obniżenie strumienia objętościowego gazu inertnego jest na tyle znaczące, że nie obserwuje się żadnych pozytywnych skutków inertyzacji.

Dlatego też przy rozpoczynaniu inertyzacji azotem do konkretnego punktu wylotowego, czyli w przypadku instalacji prostej, konieczne jest wykonanie – z użyciem *Mobilnego Układu Pomiarowego do Monitorowania Gazów Inertnych* – pomiarów podstawowych:

- na powierzchni, na wlocie do instalacji przeznaczonej do podawania azotu, pomiędzy wytwornicą azotu a wlotem do instalacji przeznaczonej do transportu azotu do wyrobisk podziemnych,
- przy wylotowym punkcie instalacji do inertyzacji azotem, tj. jak najbliżej tego punktu wylotowego.

Jeśli inertyzacja azotem prowadzona jest instalacją przemianą lub instalacją rozproszoną, to pomiary podstawowe obejmują każdy punkt wylotowy rurociągu.

W przypadku, kiedy różnica w wartościach zmierzonych na wlocie do instalacji oraz blisko punktu lub punktów wylotowych instalacji nie przekracza 10% kryterialnej wartości wydatku gazu oraz stężenia tlenu, to kontrolne pomiary podstawowe można prowadzić z częstotliwością nie rzadszą niż 1 raz na kwartał. W przypadku przekroczenia wartości kryterialnej powyżej 10% należy przeprowadzić przegląd rurociągu i pomiary kontrolne.

W przypadku gdy rurociąg inertyzacyjny wykorzystywany jest także do podawania mieszanin popiołowo-wodnych lub mieszanin wodno-piaskowych, konieczne jest dokładne przepłukanie rurociągu na całej jego długości oraz wykonanie pomiaru kontrolnego w czasie nie dłuższym niż 1 tydzień od momentu przełączenia rurociągu na potrzeby inertyzacyjne.

### Pomiary eksploatacyjne parametrów inertyzacyjnych

Pomiary eksploatacyjne parametrów ilościowych i jakościowych – z użyciem *Mobilnego Układu Pomiarowego do Monitorowania Gazów Inertnych* – powinny zostać wykonane przy ponadkryterialnej zmianie parametrów ilościowo-jakościowych, stwierdzonej podczas pomiaru podstawowego lub ewidentnie stwierdzonego w inny sposób zmniejszenia wydatku gazu inertnego w punkcie wylotowym. Pomiar powinien być wykonany:

- w przypadku instalacji jednofunkcyjnej – przy zmianach wynikających z:
  - nachylenia rurociągu z pochyłego na wnoszący,
  - kierunku transportu gazu inertnego o kąt powyżej 45°,
  - średnicy rurociągu (w szczególności po jego zmniejszeniu),
  - montażu lub demontażu odwadniacza rurociągu,
- w przypadku instalacji wielofunkcyjnej – dodatkowo po zmianie podawanego medium na gaz inertny.

## Pomiary incydentalne

Pomiary incydentalne – z użyciem *Mobilnego Układu Pomiarowego do Monitorowania Gazów Inertnych* – powinny zostać wykonane w następujących przypadkach:

- po wstrząsie górotworu skutkującym odprężeniem lub tąpnięciem, zaistniałym w rejonie, którego zasięg obejmuje rurociąg wykorzystywany do inertyzacji azotem,
- po zawadnieniu wyrobiska ze zlokalizowanym w nim rurociągiem wykorzystywanym do inertyzacji azotem, jeśli poziom lustra wody spowodował zatopienie rurociągu,
- po wybuchu metanu lub/i pyłu węglowego oraz po wyrzucie gazów i skał, jeśli skutki tych zdarzeń objęły swym zasięgiem rurociąg wykorzystywany do inertyzacji azotem.

## 7. Podsumowanie

Praktyka stosowana dotychczas w kontroli skuteczności inertyzacji z wykorzystaniem azotu polega – jak już wcześniej podano – na pomiarze parametrów mieszaniny podawanego gazu (azot + tlen) na wyjściu z urządzenia do wytwarzania azotu, czyli na powierzchni. Oznacza to, że ilość i jakość mieszaniny gazów na wylocie z instalacji w wyrobiskach górniczych jest niemożliwa do oceny. Może się zdarzyć, że skład jakościowo-ilościowy na wylocie nie będzie odbiegać od składu na wlocie do instalacji. Jednak biorąc pod uwagę różnorodność instalacji wykorzystywanej do inertyzacji, można przyjąć, że mogą to być jedynie nieliczne przypadki.

Jak już też wcześniej podano, pomiar wykonany za pomocą *Mobilnego Układu Pomiarowego do Monitorowania Gazów Inertnych* ma na celu określenie strumienia objętościowego azotu ( $N_2$ ) oraz stężenia tlenu ( $O_2$ ) w podawanej mieszaninie gazów w miejscu możliwie najbliższym wylotu tych gazów z instalacji. Czyli kontrolowane są te parametry, które mają:

- bezpośredni, decydujący wpływ na skuteczność prowadzonej profilaktyki,
- pośredni wpływ na:
  - stan techniczny instalacji (np. pomagają ustalić miejsca strat gazu inertnego, co po wymianie danego odcinka poprawia jakość instalacji),
  - ekonomikę inertyzacji (co per saldo obniża koszty wydobywania węgla).

Wszystko to powoduje, że metodyka pomiarów stosowana musi być do rodzaju instalacji stosowanej w danej kopalni/rejonie. W chwili obecnej prowadzone są badania porównawcze polegające na weryfikacji parametrów podawanego gazu inertnego na wylocie z wytwornicy a miejscem podawania gazu do zrobów zawalowych. W badaniach tych wykorzystywany jest opisany Mobilny układ Pomiarowy.

## Literatura

BUCHWALD P. 2004 - Określenie podstawowego parametru skutecznej prewencyjnej inertyzacji azotowej opartego o teorie kompleksu „węgiel-tlen”. „XXX Dni Techniki Rybnickiego Okręgu Przemysłowego 2004”. XXI Seminarium nt. „Zwalczanie zagrożenia pożarowego w kopalniach – teoria i praktyka”. Rybnik, 27 października 2004.

**Dokumentacja** Techniczno-Ruchowa *Mobilnego Układu Pomiarowego do Monitorowania Gazów Inertnych*. Dokumentacja firmy D4 Technical Solution Sp. z o.o. Tychy, 2020; niepublikowana.

GONDEK A. 2009 - Przepływomierze spiętrzające przepływ. Wydawnictwo Pol. Krakowskiej, Kraków.

KAJDASZ Z., BUCHWALD P. 1998 - Inertyzacja z wykorzystaniem azotu. „Ratownictwo Górnicze” nr 3

PACZKOWSKI M. 1990 - Technika gaszenia pożarów podziemnych gazami inertnymi. „Przeгляд Górniczy” nr 5

**Polska Norma** PN-EN ISO 5167:2005 Pomiary strumienia płynu za pomocą zwęzek pomiarowych wbudowanych w całkowicie wypełnione rurociągi o przekroju kołowym.

**Rozporządzenie** Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych. Dz. U. poz. 1118.

**Rozporządzenie** Ministra Energii z dnia 16 marca 2017 r. w sprawie ratownictwa górniczego. Dz. U. poz. 1052.

**Stan** bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie. Opracowania Wyższego Urzędu Górniczego za lata 2010-2020.

TRENCZEK S. 2006 - Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa oraz skuteczności inertyzacji azotem i dwutlenkiem węgla. „Przeгляд Górniczy”, nr 9.

Artykuł wpłynął do redakcji 12.12.2021 r.

Artykuł akceptowano do druku 28.03.2022 r.

Mgr inż. Grzegorz Mendakiewicz, specjalizacja: ratownictwo, profilaktyka pożarowa, wentylacja kopalń, Członek Zarządu, Wiceprezes ds. Technicznych Centrum Usług Specjalistycznych Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego CEN-RAT Sp. z o.o., ul. Chorzowska 25, 41-902 Bytom, e-mail: g.mendakiewicz@cen-rat.bytom.pl

Mgr inż. Mariusz Tuszkiewicz, specjalizacja: ratownictwo, profilaktyka pożarowa, wentylacja kopalń, Dyrektor Działu Usług Inertyzacyjnych Centrum Usług Specjalistycznych Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego CEN-RAT Sp. z o.o., ul. Chorzowska 25, 41-902 Bytom, e-mail: m.tuszkiewicz@cen-rat.bytom.pl

Dr hab. inż. Stanisław Trenczek, specjalizacja: wentylacja kopalń, ratownictwo, zagrożenia aerologiczne, Kierownik Zakładu Aerologii Górniczej Głównego Instytutu Górnictwa Instytutu Badawczego, Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice, e-mail: strenczek@gig.eu

Dr inż. Artur Dylong, specjalizacja: automatyka, programowanie, systemy dyspozytorskie, adiunkt w Katedrze Elektrotechniki i Automatyki Przemysłowej, Wydziału Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej Politechniki Śląskiej w Gliwicach, ul. Akademicka 2 44-100 Gliwice, e-mail: artur.dylong@polsl.pl

Dr inż. Dariusz Musioł, specjalizacja: wentylacja kopalń, ratownictwo, zagrożenia aerologiczne, adiunkt w Katedrze Geoinżynierii i Eksploatacji Surowców, Wydziału Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej Politechniki Śląskiej w Gliwicach, ul. Akademicka 2 44-100 Gliwice, email: artur.dylong@polsl.pl