

dr inż. ANDRZEJ NOWROT
dr inż. ZDZISŁAW KRZYSTANEK, prof. EMAG
mgr inż. GRAŻYNA MASŁANKIEWICZ
mgr inż. WOJCIECH KORSKI
mgr ADRIAN SZCZUREK
Instytut Techniki Innowacyjnych EMAG
Институт Инновационной Техники ЭМАГ

Wpływ ciśnienia atmosfery na wskazania metanomierza pellistorowego

Влияние давления атмосферы на показания пеллисторного метанометра

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu ciśnienia gazu na wskazania metanomierza pellistorowego. Na podstawie dostępnej literatury stwierdzono, iż badania tego typu nie były dotychczas przeprowadzane. Rezultaty pracy mają istotne znaczenie ze względu na stosowanie metanomierzy pellistorowych w kopalniach, gdzie wartość ciśnienia jest zależna od głębokości poziomu, na którym jest ono mierzone.

В статье представлены результаты исследования влияния давления газа на показания пеллисторного метанометра. На основании доступной литературы установлено, что такого типа исследования до сих пор не производились. Результаты работы имеют существенное значение, учитывая применение пеллисторных метанометров в шахтах, где величина давления зависит от глубины горизонта, на котором оно измеряется.

1. WSTĘP

Metanomierze pellistorowe są powszechnie wykorzystywane do monitorowania stężenia metanu w atmosferze wybuchowej. Przedstawione w niniejszym artykule wyniki badań wskazują, iż ciśnienie badanego gazu jest jedną z wielkości wpływających na wskazania tego typu przyrządu. Zasada działania metanomierza pellistorowego oparta jest o zjawisko katalitycznego spalania [1], które jest zależne od stężenia metanu i tlenu w badanej atmosferze. Obecność katalizatora pozwala na obniżenie temperatury spalania, dzięki czemu pellistory mogą pracować w atmosferze zagrożonej wybuchem metanu. Pellistory standardowo aplikuje się parami w mostku Wheatstone'a: pierwszy z nich dokonuje pomiaru stę-

1. ВВЕДЕНИЕ

Пеллисторные метанометры широко применяются для мониторинга концентрации метана во взрывоопасной атмосфере. Представленные в настоящей статье результаты исследований показывают, что давление исследуемого газа является одной из величин, влияющих на показания такого прибора. Принцип работы пеллисторного метанометра основан на явлении каталитического горения [1], процесс которого зависит от концентрации метана и кислорода в исследуемой атмосфере. Наличие кatalизатора позволяет снизить температуру горения, благодаря чему пеллисторы могут работать во взрывоопасной атмосфере. Пеллисторы, как правило, применяют в паре, в мостовой

żenia metanu, natomiast drugi pełni funkcję kompensacyjną, ograniczając wpływ, np. temperatury otoczenia, na ostateczny wynik pomiaru. Ciśnienie atmosfery kopalnianej wzrasta wraz z głębokością poziomu, na którym jest mierzone. Przykładowych wyników dostarczają odczyty ciśnieniomierzy dokonane w KWK Halemba w dniu 21.03.2011 r. o godz. 8:00. Na poziomie zrębu szybu +262 m (nad poziomem morza) ciśnienie wynosiło 1001,7 hPa, natomiast na poziomie -595,2 m (wlot ściany 1) wynosiło 1102,5 hPa. W kopalniach okręgu donieckiego prowadzone jest wydobywanie na głębokości do 1200 m i wzrost ciśnienia w stosunku do powierzchni jest jeszcze większy niż w KWK Halemba.

W trakcie przeprowadzonych badań wykorzystano dwie wersje metanomierza opracowanego przez Instytut EMAG. W pierwszej z nich filtrem hamującym wnikanie pyłów i pary wodnej do wnętrza komory pomiarowej był spiek brązowo-fosforowy z filtrem hydrofobowym (głowica MM-4). Natomiast w drugiej wersji filtr stanowiła wieloszczelinowa płyta metalowa oraz węgiel aktywny, co powoduje pogorszenie skuteczności filtracji gazu przy jednoczesnym przyśpieszeniu procesu dyfuzyjnego wnikania gazu do wnętrza komory pomiarowej (głowica MM-4B). Dzięki temu czas odpowiedzi przyrządu na zmianę stężenia metanomierza ulega skróceniu.

2. UKŁAD POMIAROWY

Badania wpływu ciśnienia atmosfery na wskazania metanomierza pellistorowego zostały przeprowadzone z wykorzystaniem komory ciśnieniowej oraz specjalnej nasadki na głowicę metanomierza. Komora ciśnieniowa (rys. 1) została wykonana z polimetakrylanu metylu. Jej wymiary wewnętrzne wynoszą 350 mm×249 mm×151 mm, natomiast grubość każdej ze ścian to 15 mm. Komora ta umożliwiła przeprowadzenie badań w ciśnieniu do 1200 hPa. Powyżej tej wartości dostrzegalna staje się strzałka ugięcia (wybrzuszenie) ścian o największej powierzchni i powstaje ryzyko pęknięcia komory (wartość siły nacisku wywieranej na te ściany odpowiada naciskowi wywołanemu ciężarem ok. 178 kg). Wewnątrz komory umieszczono trzy głowice metanomierza oraz moduł pomiaru ciśnienia, wilgotności i temperatury (TPH-2). Schemat stanowiska pomiarowego z komorą ciśnieniową przedstawiono na rysunku 2.

schemie Уитстона: первый измеряет концентрацию метана, второй является компенсатором, ограничивая, например, влияние температуры окружающей среды на окончательный результат замера. Давление шахтной атмосферы возрастает вместе с увеличением глубины горизонта, на котором оно измеряется. Примерные результаты измерения давления на угольной шахте Халемба, выполненные 21.03.2011 г. в 8:00, следующие. На уровне устья шахтного ствола +262 м (над уровнем моря) давление составляло 1001,7 гПа, в то же время на горизонте -595,2 м (выход лавы 1) составляло 1102,5 гПа. В шахтах Донецкого округа добыча ведется на глубине до 1200 м и рост давления относительно поверхности является еще выше, чем на шахте Халемба.

В ходе проведенных исследований были использованы два вида метанометра, разработанного Институтом ЭМАГ. В первом в качестве фильтра, препятствующего проникновению пыли и влаги в измерительную камеру, был фосфорно-бронзовый кермет с гидрофобным фильтром (головка MM-4). Во втором фильтром являлась многощелевая металлическая пластина и активированный уголь, что вызывает ухудшение эффективности фильтрации газа, при одновременном ускорении процесса диффузионного проникновения газа вовнутрь измерительной камеры (головка MM-4B). Благодаря этому сокращается время ответа прибора на изменение концентрации метана.

2. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СХЕМА

Исследования влияния давления атмосферы на показания пеллисторного метанометра проводились с использованием испытательной камеры и специальной насадки на головку метанометра. Испытательная камера (рис. 1) изготовлена из оргстекла. Ее внешние размеры составляют 350×249×151 мм, а толщина стенок составляет 15 мм. Камера позволила проводить исследования при давлении до 1200 гПа. Выше этого значения заметной становилась стрела прогиба (выпучивание) стенок с наибольшей площадью и возникал риск разрушения камеры (величина силы, воздействующей на эти стенки соответствует нажиму от веса ок. 178 кг). Внутри камеры расположены три головки метанометра и модуль измерения давления, влажности и температуры (TPH-2). Схема измерительного стенда с испытательной камерой показана на рис. 2.

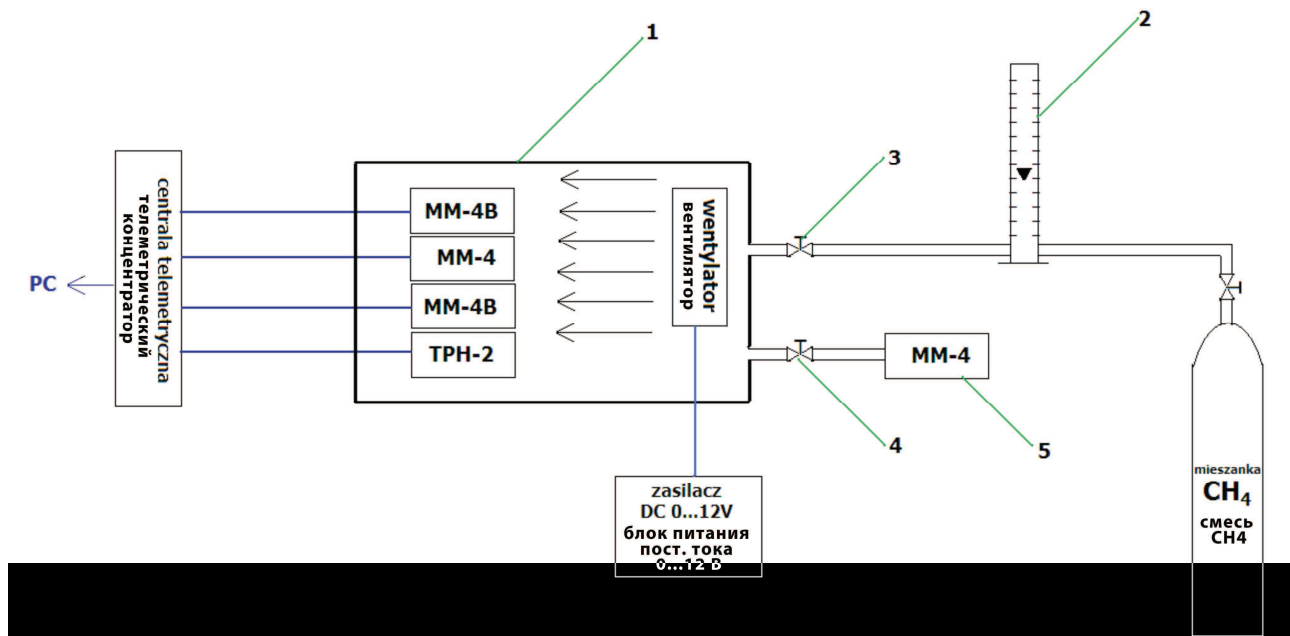


Rys. 1. Komora pomiarowa do badań ciśnieniowych

1 – głowica metanomierza nr 2 (typ MM-4B), 2 – głowica metanomierza nr 1 (typ MM-4),
3 – głowica metanomierza nr 3 (typ MM-4B), 4 – czujnik TPH-2, 5 – wentylator SUNON KDE1209

Рис. 1. Измерительная камера для исследования влияния давления

1 – головка метанометра № 2; (тип MM-4B), 2 – головка метанометра № 1 (тип MM-4),
3 – головка метанометра № 3 (тип MM-4B), 4 – датчик TPH-2, 5 – вентилятор SUNON KDE1209

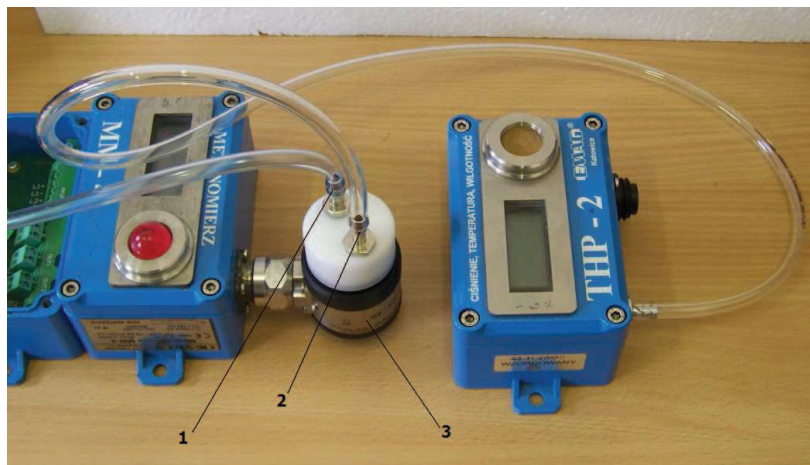


Rys. 2. Schemat stanowiska do badań ciśnieniowych metanomierzy

1 – komora pomiarowa zawierająca metanomierze, 2- przepływomierz gazu, 3 – zawór wejściowy gazu,
4 – zawór wyjściowy gazu, 5 – metanomierz MM-4 (kontrolny)

Рис. 2. Схема стенда для исследования влияния давления на показания метанометров

1 – измерительная камера, содержащая метанометры; 2 – расходомер газа, 3 – впускной вентиль газа;
4 – выпускной вентиль газа; 5 – метанометр MM-4 (контрольный)



Rys. 3. Stanowisko do badań ciśnieniowych wykorzystujące komorę nasadkową na głowicę metanomierza
1 – króciec dopływowy gazu z butli, 2 – króciec wyjściowy do pomiaru ciśnienia,
3 – głowica metanomierza MM-4B

Рис. 3. Стенд для исследования влияния давления с камерой в виде насадки на головку метанометра
1 – патрубок впуска газа из баллона; 2 – выпускной патрубок для измерения давления;
3 – головка метанометра MM-4B

W celu przeprowadzenia badań w zakresie ciśnień powyżej 1200 hPa wykonana została specjalna nasadka wyposażona w dodatkowy króciec wylotowy – rysunek 3. Pierwszy z króćców nasadki został połączony poprzez przepływomierz do butli z gazem, natomiast drugi z ciśnieniomierzem w module TNP-2. Ponieważ w węży pneumatycznym łączącym nasadkę z ciśnieniomierzem nie następował przepływ gazu, mierzone ciśnienie odpowiadało ciśnieniu w nasadce. Komora nasadkowa na głowicę metanomierza umożliwiła przeprowadzanie pomiarów bez ryzyka gwałtownego rozszczelnienia przy większym ciśnieniu w przeciwieństwie do komory ciśnieniowej. W trakcie badań przeprowadzonych z nasadką na głowicę metanomierza, jak również w komorze ciśnieniowej, zastosowano mieszanki metanu i powietrza dostarczone przez Centralną Stację Ratownictwa Górniczego.

3. OPIS EKSPERYMENTU I OMÓWIENIE WYNIKÓW

Każdy z metanomierzy przed rozpoczęciem badań został wykalibrowany zgodnie z obowiązującą procedurą. W przypadku badań przeprowadzanych w komorze ciśnieniowej eksperyment rozpoczynał się od wprowadzania do komory ciśnieniowej gazu zawierającego metan o stałym stężeniu przy otwartych zaworach wejściowym i wyjściowym. Dzięki zastosowaniu wentylatora gaz wprowadzany do komory ciśnieniowej ulegał rozproszeniu w całej jej objętości. Po upływie 20 minut, od chwili rozpoczęcia procedu-

Для проведения исследований при давлении более 1200 гПа была изготовлена специальная насадка, оборудованная дополнительным выпускным патрубком (рис. 3). Первый патрубок насадки через расходомер соединен с газовым баллоном, а второй с измерителем давления в модуле TNP-2. Так как в шланге, соединяющем насадку с датчиком давления отсутствует течение газа, измеряемое давление соответствует давлению в насадке. Камера в виде насадки на головку метанометра позволила выполнять измерения без риска резкого разуплотнения схемы при более высоком давлении, в противоположность более объемной общей камере. Для исследований, выполняемых как с насадкой на головку метанометра, так и с общей камерой, использовалась метановоздушная смесь, доставленная Центральной горноспасательной станцией.

3. ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Каждый метанометр перед началом исследования был откалиброван в соответствии с действующими правилами. В случае исследований проводимых в испытательной камере эксперимент начинался с впуска в камеру газа, содержащего метан с постоянной концентрацией, при открытых впускном и выпускном вентилях. Благодаря применению вентилятора, впускаемый газ распределялся по всему объему камеры. Спустя 20 минут от начала процедуры наполнения камеры

ry napełniania komory ciśnieniowej, wskazania dodatkowego metanomierza kontrolnego (umiejscowionego za zaworem wylotowym gazu) oraz metanomierzy umieszczonych wewnątrz komory ustabilizowały się. Następnie zawór wyjściowy gazu został zamknięty, co powodowało wzrost ciśnienia wewnątrz komory. Regulując strumień gazu wchodzącego do komory, ustalano panujące w niej ciśnienie. Pojedyncza seria pomiarowa polegała na napełnieniu komory ciśnieniowej gazem do ciśnienia ok. 1200 hPa, a następnie na kontrolowanym obniżaniu ciśnienia do wartości atmosferycznej. Podczas pomiarów wskazania metanomierzy oraz TPH-2 były rejestrowane za pośrednictwem centrali telemetrycznej. W przypadku badań przeprowadzonych z wykorzystaniem nasadki na głowicę metanomierza, przed przystąpieniem do właściwych pomiarów wyznaczono charakterystykę zależności wskazań metanomierza od strumienia gazu przepływającego przez tę nasadkę w zakresie od 3 dm³/h do 30 dm³/h. Pomiar ten przeprowadzono przy ciśnieniu atmosferycznym. Znajomość tej charakterystyki umożliwiła skorygowanie wyników badań ciśnieniowych o błąd systematyczny, jaki wnosi strumień gazu. Odczyty wskazań metanomierza dokonywano w warunkach statycznych – po ustabilizowaniu się ciśnienia dla nastawionej wartości strumienia gazu wchodzącego do komory ciśnieniowej lub nasadki głowicy metanomierza.

Do badań użyto mieszanek metanu o stężeniu objętościowym 2,22% oraz 1,32%. Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono uzyskane wyniki pomiarów. Punkty pomiarowe otrzymane podczas wzrostu ciśnienia oznaczono kółkami i aproksymowano prostymi ciągłymi. Obniżaniu ciśnienia odpowiadają punkty w kształcie prostokątów, których proste aproksymujące oznaczono liniami przerywanymi. W tabeli 1 zamieszczono oznaczenia kolorów na rysunkach 4 i 5.

Na rysunku 6 przedstawiono wyniki badań uzyskane przy zastosowaniu komory nasadkowej z rysunku 3 w zakresie ciśnienia od 1000 hPa do 1300 hPa. Eksperyment ten przeprowadzono na metanomierzu nr 2 (typ MM-4B).

показания дополнительного контрольного метанометра (расположенного за выпускным вентиляем) и метанометров, расположенных внутри камеры, стабилизировались. Затем закрывали выпускной клапан, что вызывало увеличение давления внутри камеры. Регулируя расход газа поступающего в камеру, устанавливали величину давления. Отдельная серия измерений заключалась в наполнении камеры газом до давления ок. 1200 гПа, а затем в контролируемом его снижении до значения атмосферного давления. Во время измерений показания метанометров и модуля TPH-2 регистрировались посредством телеметрического концентратора. В случае исследований выполняемых с применением насадки на головку метанометра перед началом измерений определялась характеристика зависимости показаний метанометра от величины потока газа, протекающего через насадку, в пределах от 3 дм³/ч до 30 дм³/ч. Измерение проводилось при атмосферном давлении. Знание этой характеристики позволило корректировать результаты измерений, устраняя систематическую ошибку, вносимую потоком газа. Отсчет показаний метанометра производился в статических условиях, после стабилизации давления для установленного значения расхода газа, поступающего в камеру или в насадку метанометра.

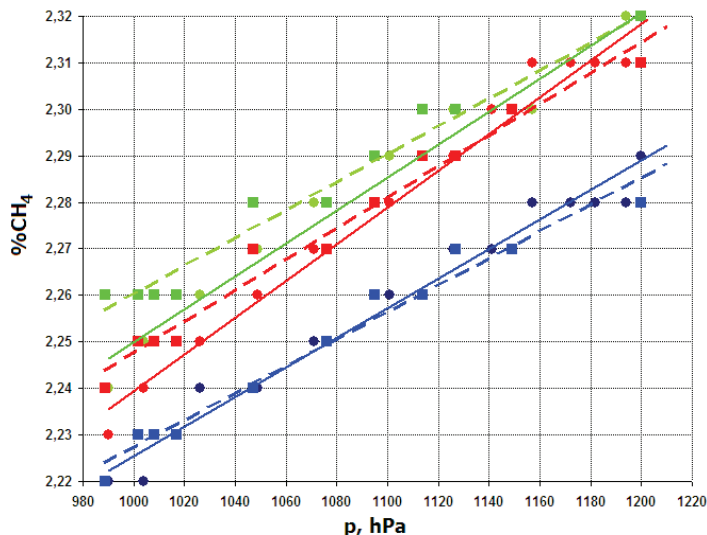
Для исследования использовалась метановоздушная смесь с концентрацией 2,22% и 1,32% по объему. На рис. 4 и рис. 5 представлены полученные результаты измерений. Результаты, полученные при возрастании давления, обозначены кружочками и аппроксимированы сплошными прямыми линиями. Снижению давления соответствуют точки в виде прямоугольников, а их аппроксимация представлена штриховыми прямыми линиями. В таблице 1 указаны значения цветов, принятые при составлении графиков, представленных на рис. 4 и 5.

На рис. 6 представлены результаты исследований, полученные при использовании показанной на рис. 3 насадки, в диапазоне давления от 1000 гПа до 1300 гПа. Эксперимент производился на метанометре № 2 (тип MM-4B).

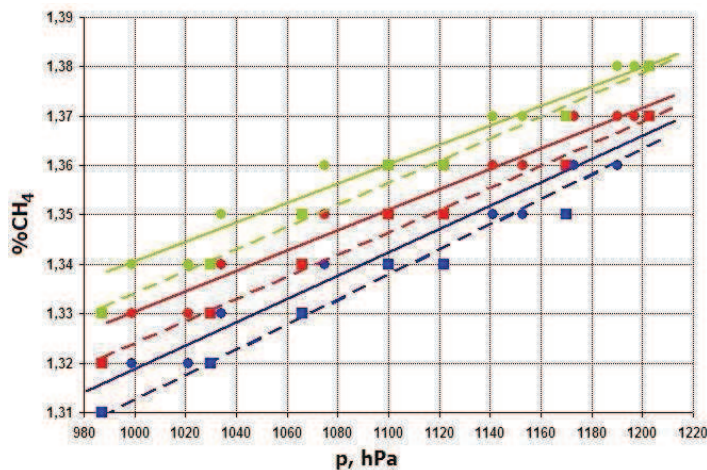
Tabela 1 / Таблица 1

**Przyjęte oznaczenia kolorów punktów pomiarowych i prostych aproksymujących
Значения цветов точек результатов измерений и аппроксимирующих прямых**

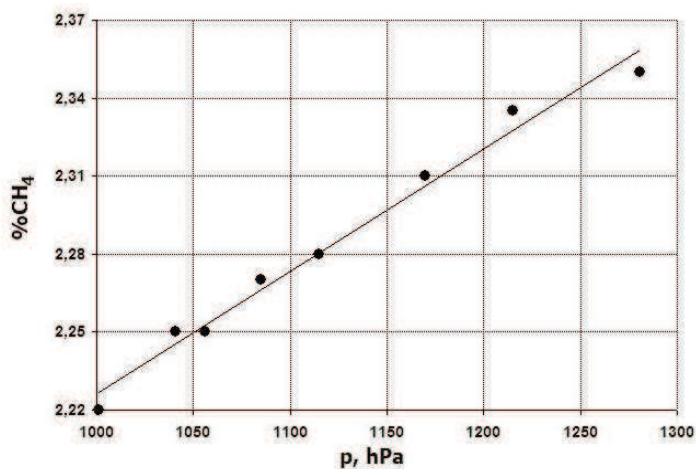
Nr użytej głowicy oraz metanomierza № головки и метанометра	Typ głowicy, rodzaj filtru Тип головки, вид фильтра	Oznaczenie koloru na rysunkach 4 i 5 Цвет точек и прямых на рис. 4 и 5
1	MM-4, spiek brązowo-fosforowy z filtrem hydrofobowym MM-4, фосфорно-бронзовый кермет с гидрофобным фильтром	niebieski голубой
2	MM-4B, wieloszczelinowa płytka metalowa oraz węgiel aktywny MM-4B, многощелевая металлическая пластина и активированный уголь	czerwony красный
3	MM-4B, wieloszczelinowa płytka metalowa oraz węgiel aktywny MM-4B, многощелевая металлическая пластина и активированный уголь	zielony зеленый



Rys. 4. Zależność wskazań metanomierzy dla różnych ciśnień przy stężeniu metanu 2,22%
 Рис. 4. Зависимость показаний метанометров для различного давления при концентрации метана 2,22%



Rys. 5. Zależność wskazań metanomierzy dla różnych ciśnień przy stężeniu metanu 1,32%
 Рис. 5. Зависимость показаний метанометров для различного давления при концентрации метана 1,32%



Rys. 6. Zależność wskazań metanomierza dla różnych ciśnień przy stężeniu metanu 2,22%.
 Pomiarzy przeprowadzono z wykorzystaniem komory nasadkowej na głowicę
 Рис. 6. Зависимость показаний метанометров для различного давления при концентрации метана 2,22%.
 Измерения производились с использованием насадки на головку метанометра

Dla punktów pomiarowych z rysunków 4-6 dopasowano proste aproksymujące o równaniu:

$$\% \text{CH}_4 = A \cdot (p - 1000) + B \quad (1)$$

gdzie p oznacza ciśnienie wyrażone w hPa.

Для точек графиков на рис. 4 – рис. 6 прямые аппроксимации соответствуют уравнению:

$$\% \text{CH}_4 = A \cdot (p - 1000) + B \quad (1)$$

где p обозначает давление, выраженное в гПа.

Tabela 2 / Таблица 2

Wartości współczynników w równaniach prostych aproksymujących o równaniu (1)
Значения коэффициентов А и В уравнения (1) прямых аппроксимации

Nr rysunku № рисунка	Oznaczenie prostej Цветное обозначение	A [%CH ₄ /hPa] × 10 ⁻⁴	B [%CH ₄]
		A [%CH ₄ /гПа] × 10 ⁻⁴	B [%CH ₄]
4	—	3,53(16)	2,250(2)
4	---	3,01(19)	2,260(2)
4	---	3,94(19)	2,239(3)
4	---	3,35(17)	2,248(2)
4	---	3,17(17)	2,226(2)
4	---	2,90(17)	2,227(2)
5	---	1,94(11)	1,341(3)
5	---	2,26(8)	1,334(2)
5	---	2,05(9)	1,331(2)
5	---	2,25(10)	1,324(2)
5	---	2,30(12)	1,318(2)
5	---	2,51(12)	1,313(2)
6	---	4,71(25)	2,226(4)

W każdym z przeprowadzonych eksperymentów wzrost ciśnienia powodował wzrost wskazań metanomierza, który dla 1200 hPa nie przekraczał 4% wartości względnej w stosunku do wskazań dla 1000 hPa. Błąd podstawowy zadeklarowany przez producenta metanomierzy [2] wynosi +/- 5% wartości wskazania dla stężeń metanu od 2% do 5% oraz 0,1% CH₄ w zakresie stężeń od 0% do 2%. Na tej podstawie można stwierdzić, iż w zakresie ciśnienia atmosfery od 1000 hPa do 1200 hPa wzrost wskazań metanomierzy mieści się w granicach dopuszczalnego błędu. Natomiast badania w zakresie do 1300 hPa ujawniły przekroczenie deklarowanych wartości błędu. Wartości współczynnika A w równaniu 1, który odzwierciedla „czułość” zmian wskazań metanomierza pellistorowego na zmiany ciśnienia, wynosi 3,3(4)·10⁻⁴ % CH₄/hPa dla mieszanki o stężeniu metanu 2,22% oraz 2,2(2)·10⁻⁴ % CH₄/hPa dla mieszanki o stężeniu metanu 1,32%. Przedstawione powyżej (tab. 2) wartości czułości metanomierza wyznaczono wyłącznie na podstawie wyników uzyskanych w komorze ciśnieniowej, gdyż zdecydowanie lepiej oddaje ona rzeczywiste warunki pracy metanomierzy w porównaniu do nasadki nakładanej na głowicę.

В каждом из выполняемых экспериментов увеличение давления вызывало увеличение показаний метанометра, которое для 1200 гПа не превышало 4% относительного значения, в отношении к показаниям при 1000 гПа. Основная погрешность прибора, указанная производителем метанометров [2], составляет ±5% значения показания для концентрации метана от 2% до 5% и 0,1% для диапазона концентрации от 0% до 2%. На этом основании можно утверждать, что в области давления атмосферы от 1000 гПа до 1200 гПа увеличение показаний метанометров не превышает величины допускаемой погрешности, в то время как в исследованиях в диапазоне до 1300 гПа обнаружено превышение указанного значения погрешности. Величина коэффициента А в уравнении (1), отражающего «чувствительность» изменений показаний pellistorного метанометра на изменения давления, составляет 3,3(4)·10⁻⁴ % CH₄/гПа для смеси содержащей 2,22% метана и 2,2(2)·10⁻⁴ % CH₄/гПа для смеси с концентрацией метана 1,32%. Представленные выше (Таб. 2) значения чувствительности метанометра определены исключительно на основании результатов, полученных в испытательной камере, так как она позволяет значительно лучше воспроизвести действительные условия работы метанометров, в сравнении с насадкой, одеваемой на головку метанометра.

Uzyskane wyniki badań można jakościowo wyjaśnić opierając się o prawa termodynamiki. Wzrost ciśnienia powoduje zawyżanie wskazań metanomierza pellistorowego, gdyż w tej samej objętości komory pomiarowej (wewnątrz głowicy pomiarowej) w wyższym ciśnieniu będzie znajdowało się więcej cząsteczek metanu i tlenu niż przy niższym ciśnieniu. Do tego samego wniosku prowadzą szacunkowe obliczenia w oparciu o równanie Clapeyrona [3]:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (2)$$

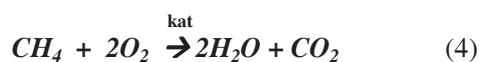
gdzie:

- p – ciśnienie gazu,
- V – objętość,
- n – liczba moli gazu zawarta w objętości V ,
- R – stała gazowa,
- T – temperatura wyrażona w Kelvinach.

Oznaczając przez $N = n/V$ koncentrację cząsteczek gazu wyrażoną w mol/m^3 i przekształcając równanie Clapeyrona, otrzymujemy:

$$N = p / (R \cdot T) \quad (3)$$

Z powyższego równania wynika, że koncentracja cząsteczek gazu w stałej temperaturze i objętości komory pomiarowej jest wprost proporcjonalna do panującego ciśnienia. Oznacza to, że zwiększając ciśnienie z 1000 hPa do 1300 hPa, należy spodziewać się wzrostu koncentracji cząsteczek metanu o ok. 30%. Spowoduje to wzmożenie procesu katalitycznego spalania metanu na pellistorach, co będzie skutkowało wzrostem wskazań przyrządu. Stopień, w jakim wzrost ciśnienia przyczyni się dokładnie do wzrostu wskazań metanomierza pellistorowego, jest trudny do przewidzenia. Związane jest to z obecnością na powierzchni pellistorów katalizatora, który ma decydujący wpływ na reakcję chemiczną zachodzącą w komorze pomiarowej metanomierza:



W dokumentacji udostępnionej przez producenta pellistorów [4] nie zostały zamieszczone dane na temat wpływu ciśnienia gazu na pracę tego elementu. Najprawdopodobniej badania tego typu nigdy nie były przeprowadzone.

Полученные результаты исследований можно по качеству выяснить на основе законов термодинамики. Увеличение давления вызывает завышение показаний pellistorного метанометра, так как в том же объеме измерительной камеры (внутри измерительной головки) при более высоком давлении будет находиться более высокое количество молекул метана и кислорода, чем при более низком давлении. К такому же заключению приведет оценочный расчет, на основании уравнения Клапейрона [3]:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (2)$$

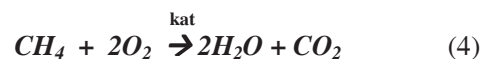
где:

- p – давление газа,
- V – объем;
- n – число молекул газа, содержащееся в объеме V ,
- R – газовая постоянная,
- T – температура, выраженная в кельвинах.

Обозначая $N = n/V$ концентрацию молекул, выраженную в моль/м^3 и преобразовав уравнение Клапейрона, получаем:

$$N = p / (R \cdot T) \quad (3)$$

Из этого уравнения вытекает, что концентрация молекул газа при постоянной температуре и объеме измерительной камеры прямо пропорциональна давлению. Это обозначает, что при увеличении давления с 1000 гПа до 1300 гПа следует ожидать увеличения концентрации молекул на около 30%. Это вызывает повышение интенсивности процесса каталитического горения метана на pellistorах и в результате приведет к увеличению показания прибора. Степень, насколько рост давления вызовет увеличение показаний pellistorного метанометра, точно определить затруднительно. Это связано с наличием на поверхности pellistorов кatalизатора, оказывающего существенное влияние на ход химической реакции, происходящей в измерительной камере метанометра:



В документации, представленной производителем pellistorов [4], не указаны данные о влиянии давления газа на работу этого элемента. Вероятно, такие исследования никогда не проводились.

4. PODSUMOWANIE

Metanomierze pellistorowe wykazują ciśnieniową zależność wartości wskazywanej. Efekt ten jest wynikiem współdziałania głównie dwóch czynników: wzrostu koncentracji cząsteczek w komorze pomiarowej (wewnątrz głowicy), co skutkuje przyspieszeniem procesu spalania metanu w tlenie oraz ciśnieniowej zależności energii aktywacji reakcji z udziałem katalizatora. Drugi z czynników stanowi złożone zagadnienie i jego opisanie wymagałoby dodatkowych badań. Powoduje on najprawdopodobniej osłabienie wzrostu wskazań metanomierza w stosunku do tego, który wynikałby z szacunkowych obliczeń opartych o równanie Clapeyrona. Efekt ciśnieniowy występuje zarówno w głowicach metanomierza MM-4, jak również w głowicy MM-4B różniącej się typem filtrów.

Przeprowadzone badania mają istotne znaczenie praktyczne, ze względu na powszechne stosowanie metanomierzy pellistorowych w kopalniach. Ciśnienie atmosfery kopalnianej jest zależne od poziomu, na którym jest mierzone, a zaprezentowane wyniki badań dostarczają informacji ilościowych i jakościowych na temat zmiany wskazań metanomierzy, wywołanej zmianą ciśnienia.

Literatura

1. Kasprzyczak L., Cuber J., Maślankiewicz G.: Katalityczne i termokonduktometryczne czujniki stężenia metanu – zasada działania, wymagania i badania. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* 2008, nr 12/454, s.32-39.
2. Dokumentacja techniczna K.41.124.ZBB.
3. Encyklopedia PWN: <http://encyklopedia.pwn.pl> Clapeyrona równanie.
4. Rejowicz A.: Detektor gazów palnych (pellistor) typu PC-31xx, Z.B.P. SENSOR GAZ, www.sensorgaz.com.pl

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пеллисторные метанометры указывают на наличие зависимости значения показываемой величины от давления. Этот эффект является результатом взаимодействия двух главных факторов: роста концентрации молекул в измерительной камере (внутри головки), что вызывает ускорение процесса горения метана в кислороде и зависимости энергии активации реакции с участием катализатора от величины давления. Вторым фактором представляет собой сложный вопрос и его описание требует дополнительного исследования. Вызывает он, вероятно, ослабление роста показаний метанометра, в сравнении с ростом, вытекающим из уравнения Клапейрона. Влияние давления имеет место как в головках метанометра MM-4, так и в головке MM-4B, отличающейся от первой видом фильтра.

Проведенные исследования имеют существенное практическое значение, учитывая широкое применение пеллисторных метанометров в шахтах. Давление рудничной атмосферы зависит от горизонта, на котором оно измеряется, а представленные результаты исследований предоставляют качественную и количественную информацию об изменении показаний метанометров, вызванного изменением давления.

Литература

1. Kasprzyczak L., Cuber J., Maślankiewicz G.: Каталитические и термокондуктометрические датчики концентрации метана – принцип работы, требования и испытания] *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa* 2008, 12/454, s.32-39.
2. Техническая документация K.41.124.ZBB.
3. Encyklopedia PWN: <http://encyklopedia.pwn.pl> Уравнение Клапейрона.
4. Rejowicz A.: Детектор горючих газов (пеллистор) типа PC-31xx, Z.B.P. SENSOR GAZ,

Статья прорецензирована двумя независимыми рецензентами

IMPACT OF ATMOSPHERIC PRESSURE ON THE READINGS OF A PELLISTOR METHANE METER

The article features the results of testing the impact of gas pressure on the readings of a pellistor methane meter. Based on the available literature it was found out that relevant tests had not been conducted so far. The results of the work are of great significance due to the use of pellistor methane meters in mines where the pressure value depends on the depth of the level on which the pressure is measured.