

Monitorowanie i kontrola zmian ciśnienia atmosferycznego kopalni dla potrzeb bezpieczeństwa

Zmiana ciśnienia barometrycznego ma znaczący wpływ na migrację gazów zrobowych (tzw. oddychanie zrobów), stąd od wielu lat prowadzi się rejestrację zmian ciśnienia z sygnalizacją zniżki [2,5]. Dynamika zmian ciśnienia jest procesem wolnozmiennym, jednak każdego dnia obserwuje się krótkookresowe skoki ciśnienia. W artykule przedstawiono wybrane metody analizy trendu zmian dla szeregu czasowego jakim jest zarejestrowany przebieg zmian ciśnienia, które następnie poddano weryfikacji skuteczności działania na przykładzie rzeczywistych danych pomiarowych.

1. WSTĘP

Proces zmiany ciśnienia barometrycznego jest procesem wolnozmiennym, wykazującym wyraźną okresowość zarówno na przestrzeni dni jak i miesięcy, czy też pór roku [6,7]. W normalnych warunkach przewietrzania, zmiany te nie wywołują bezpośredniego stanu zagrożenia. Jednak w czasie wybuchu metanu lub pyłu węglowego duże znaczenie ma dynamika zmian ciśnienia, a nie jego wartość. Badania wykazały [6], że zmiany ciśnienia na powierzchni przenoszą się pod ziemię. Wystarczające jest więc rejestrowanie ciśnienia atmosferycznego na powierzchni, aby skutecznie sygnalizować potencjalny stan zagrożenia pod ziemią.

2. WPŁYW ZMIAN CIŚNIENIA ATMOSFERYCZNEGO NA BEZPIECZEŃSTWO

Praktyka górnicza już dawno zauważyła zależność pomiędzy zmianą ciśnienia a występowaniem wypadków. Dotychczas uważano, że jedynie zniżki ciśnienia (sygnalizowane transparentem „Uwaga zniżka barometryczna”) są groźne, gdyż mogą powodować gwałtowny i niekontrolowany wypływ gazów

zrobowych lub też wypływ gazów pożarowych z izolowanych tamami pól pożarowych. Poniżej przedstawiono trzy różne zdarzenia [8,9,10], w których zauważono korelację pomiędzy chwilą ich zaistnienia a stanem zmian ciśnienia barometrycznego.

Przeprowadzona analiza [6] wskazuje na wysoce prawdopodobną korelację pomiędzy gwałtownymi zmianami ciśnienia a najtragiczniejszymi wypadkami w kopalniach w ostatnich latach. Zapalenie i wybuch metanu w KWK Halemba, które miało miejsce 21.11.2006 r. pochłonęło życie dwudziestu trzech górników. Komisja nie ustaliła jednoznacznie miejsca zapoczątkowania zapalenia metanu, ale analizując przebieg zdarzenia postawiła hipotezę, że przyczyną zainicjowania zapalenia metanu mógł być pożar endogeniczny w zrobach ściany związany z migracją gazów wybuchowych [8]. Analizując zapis zmian ciśnienia w dniu wypadku zauważono [6], że moment zapalenia i wybuchu metanu wystąpił w końcowym momencie zniżki barometrycznej wynoszącej 15 hPa, która utrzymywała się na przestrzeni ponad jednej doby.

Dotychczas tylko zniżki barometryczne traktowano jako zjawisko niebezpieczne i stanowiące zagrożenie. Przykład wydarzenia z dnia 13.01.2008 r. w KWK Mysłowice-Wesoła pokazuje jednak, że również wzrost ciśnienia może być zjawiskiem niebezpiecznym. Tego dnia miało miejsce zapalenie i wybuch

metanu. Komisja ustaliła [9], że jedną z przyczyn wypadku mogła być nieszczelność tamy izolacyjnej, co spowodowało zapalenie się i wybuch metanu oraz umożliwiło dopływ tlenu do miejsca zdarzenia. Zestawiając moment czasowy zdarzenia z zarejestrowanymi zmianami ciśnienia, incydent wystąpił w trakcie znacznego wzrostu ciśnienia barometrycznego, wynoszącego blisko 12 hPa w ciągu doby. Nieszczelność tamy w powiązaniu ze wzrostem ciśnienia miała wpływ na migrację tlenu oraz powstanie zapalnej mieszaniny wybuchowych gazów w otamowanym odcinku chodnika.

Konieczność monitorowania zmian ciśnienia atmosferycznego oraz ciśnienia różnicowego w miejscu usytuowania tam izolacyjnych jest wnioskiem Komisji, powołanej decyzją Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego. Komisja ta powstała celem zbadania przyczyn i okoliczności zapalenia się i wybuchu metanu oraz wypadku zaistniałego w dniu 4 czerwca 2008 w Jastrzębskiej Spółce Węglowej SA, Kopalni Węgla Kamiennego Borynia w Jastrzębiu Zdroju [10]. Po zapoznaniu się z raportem Komisji, polecono wdrożyć zawarte w nim wnioski, a w szczególności rozbudować w rejonach ścian, przy współwystępowaniu zagrożeń (metanowego II-IV kategorii pożarowej oraz tąpnięciami) system gazometrii o pomiary ciśnienia bezwzględnego (barometrycznego) i różnicowego. Polecono ponadto zsynchronizować w czasie urządzenia łączności, bezpieczeństwa i alarmowania.

3. METODY ANALIZY STATYSTYCZNEJ TRENDU

Brak jest sprawdzonych „automatycznych” metod identyfikacji składników trendu w danych szeregu czasowego [1]. Jeśli szereg czasowy zawiera w sobie składnik losowy, to pierwszym etapem analizy trendu jest jego wygładzanie. Wiąże się to zawsze z pewnymi formami lokalnego uśredniania danych tak, że niesystematyczne składniki znoszą się nawzajem. Najbardziej powszechną techniką poszukiwania trendu jest wygładzanie przy pomocy średniej ruchomej [1,3], która polega na zastąpieniu każdego elementu szeregu przez średnią. Może to być średnia arytmetyczna, średnia-ważona lub też mediana. Kierunek trendu okna szeregu czasowego wyznacza się metodą najmniejszych kwadratów, metodą wielomianów albo metodą zamiany wielomianów na szereg.

Metoda wygładzania okna szeregu czasowego algorytmem najmniejszych kwadratów polega na wyzna-

czeniu prostej, przy założeniu, że suma kwadratów odległości punktów pomiarowych od prostej jest najmniejsza. Stosuje się również rozwiązania, które stosują metodę sumy różnic oraz metody analizy wariancji.

Można również przedstawić szereg czasowy względem czasu za pomocą wielomianu [4]. Powyższa metoda wyznaczania trendu posiada jednak zasadniczą wadę – obliczenia trendu są czasochłonne (duża złożoność obliczeniowa). Niewątpliwą zaletą tej metody jest fakt, że opisując przebieg zmian funkcją wielomianową, można obliczyć (przewidzieć) charakter zmian w przyszłości, zamieniając otrzymany wielomian na szereg.

Metoda średniej ruchomej

Metoda średniej ruchomej jest oparta na koncepcji, że przyszłe wartości szeregu czasowego równają się średniej:

- arytmetycznej,
- średnio-ważonej,
- medianie.

Szereg czasowy pomiarów analizuje się przyjmując ustaloną liczbę N pomiarów w oknie. Wartość tę wyznacza się arbitralnie lub w taki sposób, aby zminimalizować wartość błędu estymacji.

Gdy N jest nieparzyste, wtedy średnią ruchomą obliczamy ze wzoru:

$$\bar{x}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=t-\frac{N-1}{2}}^{t+\frac{N-1}{2}} x_i, \quad (1)$$

natomiast dla parzystych N z wyrażenia:

$$\bar{x}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=t-\frac{N}{2}}^{t+\frac{N}{2}-1} x_i. \quad (2)$$

Wyrównywanie szeregu czasowego metodą średniej arytmetycznej daje wyniki obciążone błędem systematycznym. Występuje to szczególnie w procesach niestacjonarnych, w przypadku gdy w każdym okresie czasu zmienne szeregu posiadają inny rozkład i charakteryzują się wyraźnym występowaniem tendencji rosnącej lub malejącej. W przypadku tendencji malejącej, wyrównywanie trendu średnią arytmetyczną daje systematyczne przeszacowanie realizacji szeregu czasowego. W przypadku tendencji rosnącej występuje niedoszacowanie szeregu czasowego. Dlatego też często stosowanym sposobem wygładzania szeregu czasowego jest zastosowanie metody średnio-ważonej. Często zamiast średniej arytmetycznej, może być używana mediana, nazywana również wartością środkową.

3.2. Metoda najmniejszych kwadratów

Metody mające na celu dopasowanie funkcji matematycznych do szeregu czasowego noszą nazwę analitycznego wyrównywania szeregu. Klasyczną metodą takiego wyrównania stanowi metoda najmniejszych kwadratów. Stosując metodę najmniejszych kwadratów przyjmujemy, że linia prosta

$$y = at + b \quad (3)$$

jest najlepiej dopasowana do szeregu czasowego. Kryterium metody najmniejszych kwadratów jest następujące:

$$S = \sum (x - y)^2 = \min,$$

$$S = \sum (x - b - at)^2 = nb^2 + 2ab \sum t + a^2 - 2ab \sum x - 2a \sum tx + \sum x^2 \quad (4)$$

$$S = f(a) = \sum t^2 a^2 + 2a (b \sum t - \sum tx + C)$$

$$S = f(b) = nb^2 + 2b (a \sum t - \sum x) + C$$

Proces wyznaczania parametrów a i b równania (4) można uprościć przez zastosowanie innej numeracji pomiarów. Zakłada się, że liczba pomiarów jest nieparzysta. Kolejne pomiary numeruje się przyjmując pomiar środkowy jako zero. Wcześniejsze pomiary oznacza się przez $-1, -2, -3 \dots$, a pomiary późniejsze

przez $+1, +2, +3 \dots$. Wówczas $\sum t = 0$, natomiast równanie (4) przybiera postać:

$$na = \sum x \Rightarrow a = \frac{1}{n} \sum x \quad (5)$$

$$b \sum t^2 = \sum tx \Rightarrow b = \frac{\sum tx}{\sum t^2}.$$

Z punktu widzenia analizy trendu, interesujący jest tylko parametr a – nazywany współczynnikiem kierunkowym prostej. Im większa jest jego wartość, tym kąt trendu jest większy. Znak parametru a oznacza kierunek trendu (dodatni – trend wzrostowy, ujemny – trend malejący).

3.3. Metoda sumy różnic

Metoda ta proponuje obliczenie sumy różnic pomiędzy sąsiadującymi ze sobą elementami szeregu czasowego, jako metryka zakumulowanych zmian. Ogólny wzór jest następujący:

$$\bar{y}_t = \sum_{i=t-N}^t (x_i - x_{i-1}). \quad (6)$$

Algorytm ten cechuje się bardzo niską złożonością obliczeniową. Jak pokazują wyniki analizy technika ta daje wynik zbliżony do metody najmniejszych kwadratów.

3.4. Metoda analizy wariancji

Analiza wariancji dla ciągu liczb jest miarą zmienności zbioru. Jest to jedna z podstawowych statystyk opisujących szereg. Przyjmując do analizy szereg o długości N pomiarów, równanie estymatora wariancji można zapisać w postaci:

$$s_{t^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N}^t (x_i - \bar{x}_t)^2, \quad (7)$$

gdzie x_t jest średnią arytmetyczną szeregu, dana równaniem

$$\bar{x}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N}^t x_i. \quad (8)$$

Obserwując zmianę wariancji w poszczególnych oknach czasowych (przesuwanych w miarę dokonywania nowych pomiarów), można estymować dynamikę trendu. Im wartość wariancji jest wyższa, tym dane tworzą szerszy, bardziej rozproszony zbiór wartości.

4. ANALIZA PRZYDATNOŚCI METOD ESTYMACJI TRENDU

Przydatność zaproponowanych metod w detekcji i sygnalizacji trendu zmian ciśnienia barometrycznego zweryfikowana została poprzez analizę rzeczywistych danych pomiarowych, zarejestrowanych przez elektroniczny barometr rejestrujący PTSv3 firmy BB-Tronik (Rys. 1). Elektroniczny barometr rejestrujący PTSv3 jest autonomicznym rejestratorem ciśnienia z funkcją detekcji trendu oraz sygnalizacją. Po kątem przeprowadzonych badań, najciekawszą funkcją urządzenia była elastyczność jego konfiguracji oraz parametry technicz-

ne. Możliwa jest rejestracja zmian ciśnienia z maksymalną częstotliwością zapisywania 1 s oraz dokładnością 1 Pa. Oprócz ciśnienia, rejestrowane były dodatkowo temperatura i wilgotność powietrza oraz data (jako znacznik czasu próbki pomiarowej).

Na potrzeby eksperymentu, parametry rejestratora zostały ustawione w następujący sposób:

- okres próbkowania ciśnienia: 5 s
- okres zapisywania danych: 60 s
(średnia arytmetyczna 12 próbek)
- rozdzielczość ciśnienia: 1 Pa
- znacznik czasu: sekundy
(format: *D-MI-R GG:MM:SS*)



Rys. 1. Widok barometru PTSv3

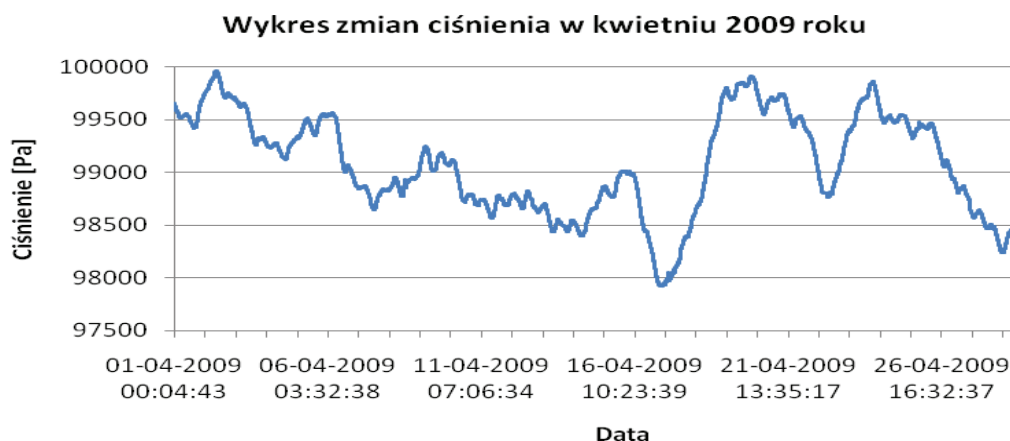
Przystępując do badań założono, iż konieczne jest zarejestrowanie zmian ciśnienia o dynamice podobnej do tych, zarejestrowanych w dniach wystąpienia zapaleń i wybuchów metanu, o których mowa w roz-

dziale 2. Wstępna analiza zarejestrowanego ciśnienia na przestrzeni miesiąca pokazuje, że zgodnie z przedstawionymi obserwacjami [6,7], nawet w tak krótkim okresie czasu dynamika zmian może być dość znacząca (Rys. 2).

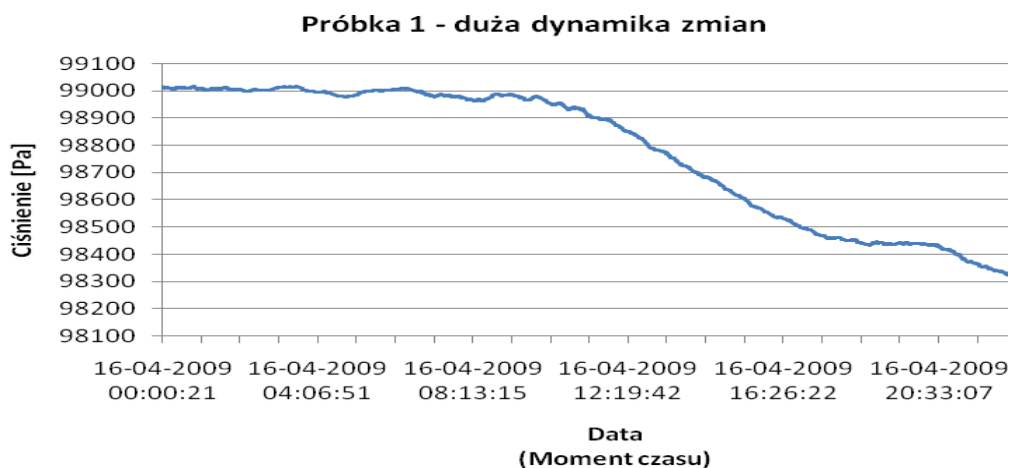
Analizując wykres pokazany na rysunku 2 szczególną uwagę należy zwrócić na przełom 15 i 20 kwietnia. W tym okresie ciśnienie z poziomu 990 hPa (stan na 15 kwietnia) w ciągu 36 godzin obniżyło się do poziomu 978 hPa (dynamika ok. 3.3 hPa/h), by następnie gwałtownie wzrosnąć w ciągu kolejnych 60 godzin do poziomu 997 hPa (dynamika ok. 316 Pa/h). Dla potrzeb analizy, wybrano dwa okresy o długości jednej doby – dzień 16 kwietnia (Rysunek 3) jako początek trendu spadkowego oraz dzień 13 kwietnia (Rysunek 4), kiedy to występowały znaczne fluktuacje zmian ciśnienia. Te dwa okresy poddano następnie szczegółowej analizie.

Pierwsza wyselekcjonowana próbka (Rys. 3) o długości pomiarów z jednej doby (1440 pomiarów) stanowi przykład, w którym zmiana ciśnienia przez pierwsze 10 godzin jest niewielka, aby następnie ulec silnemu spadkowi (który trwał przez blisko dwie doby). Fragment ten jest interesujący pod kątem weryfikacji oraz kiedy każdy z algorytmów wykryje fazę początkową trendu spadkowego i jaką dynamikę zmian przedstawi. Rozstęp zmian ciśnienia (jako różnica pomiędzy wartością maksymalną a wartością minimalną) dla tego fragmentu wynosi ok. 7.7 hPa.

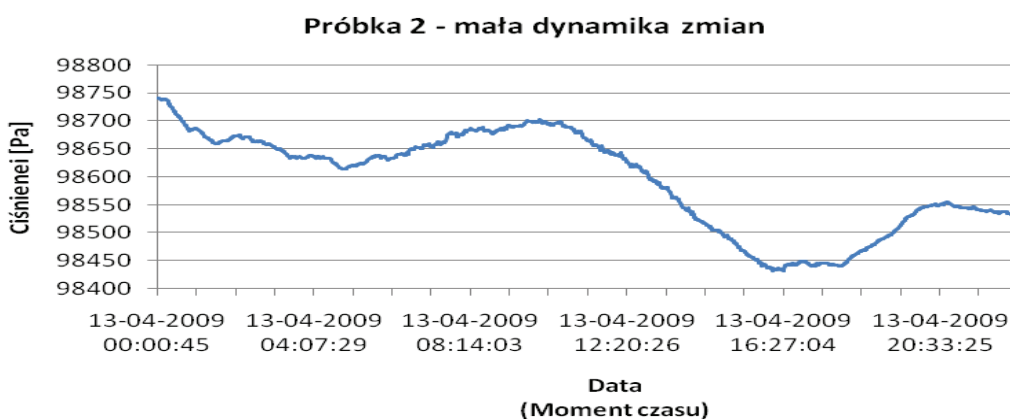
Druga wyselekcjonowana próbka (Rys. 4), również długości jednej doby (1440 pomiarów), stanowi przykład dnia, w którym przebieg zmian ciśnienia barometrycznego charakteryzuje się ekstremami lokalnymi. Interesujący jest tu wpływ, jakie na działanie danego algorytmu ma występowanie krótkookresowych wahań zmian trendu. Rozstęp danych pomiarowych w tym przykładzie wynosi ok. 3.1 hPa.



Rys. 2. Zarejestrowane ciśnienie na przestrzeni jednego miesiąca



Rys. 3. Przykładowa próbka danych o dużej dynamice zmian



Rys. 4. Przykładowa próbka danych o niewielkiej dynamice zmian z lokalnymi ekstremami

Wyselekcjonowane próbki poddano analizom różnymi metodami, w celu określenia trendu zmian ciśnienia. Wyniki analiz przedstawiono w formie wykresów, gdzie oznaczenie osi czasu (odcięta) zmieniono z daty na moment czasu. Dla każdego algorytmu przebadano zachowanie algorytmu dla okna czasowego analizy równego: 1 godzina (60 próbek), 2 godziny (120 próbek), 4 godziny (240 próbek), 8 godzin (480 próbek) oraz 12 godzin (720 próbek). Wyjątkiem jest analiza wariancji, gdzie zrezygnowano z przedstawiania wyniku analizy okna o długości 8 i 12 godzin. We wszystkich przypadkach okno czasowe przesuwane było z okresem pomiarowym (co minutę).

• Analiza metody średniej ruchomej

Badaniu poddano standardowy wariant algorytmu z średnią arytmetyczną, dla ustalonego okna czasowego (Rys. 5). W zależności od długości okna, zmianie ulegał stopień wygładzenia przebiegu, jak rów-

nież ulegała wydłużeniu odpowiedź na zmiany w trendzie sygnału. Z punktu widzenia detekcji trendu zmiany sygnału, istotne jest odpowiednie dobranie wartości okna tak, aby nie wystąpiło zbyt duże opóźnienie. Metoda ta idealnie filtruje lokalne (krótkookresowe) zakłócenia w przebiegu sygnału.

• Analiza metody najmniejszych kwadratów

Wyniki analizy algorytmu estymacji współczynnika kierunkowego prostej metodą najmniejszych kwadratów przedstawiono na rysunku 6. Dla przyjętej rozdzielczości pomiarowej 1 Pa oraz okresu zapisywania 1 minuta, fizyczna interpretacja współczynnika kierunkowego prostej to faktor zmiany ciśnienia o 1 Pa w czasie 1 minuty. Przykładowo, dla wartości $a=0.5$, ciśnienie wzrosło o 3 hPa w czasie jednej godziny ($0.5 \cdot 60 = 30 \text{ Pa} = 3 \text{ hPa}$).

Algorytm estymacji współczynnika kierunkowego prostej metodą najmniejszych kwadratów wydaje się najwłaściwszym algorytmem detekcji trendu zmian

wartości szeregu czasowego. Charakteryzuje się niestety dość dużą złożonością obliczeniową (arytmetyka zmiennoprzecinkowa).

• Analiza metody sumy różnic

Na rysunku 7 przedstawiono wyniki obliczeń oparte o algorytm sumowania różnic pomiędzy sąsiednimi próbkami sygnału, dla ustalonego okna czasowego. Im obliczona wartość jest większa, tym zaobserwowano większy trend, natomiast o kierunku zmian sygnalizuje znak. Jak widać na rysunku 7 przebieg jest szybkozmienny, co może stanowić problem dla stabilnego (bez oscylacji) działania dyskryminatora.

• Analiza zmian wariancji

Analiza wariancji szeregu czasowego dla ustalonego okna czasowego (Rys.8) niesie informację o dynamice zmian. Im wartość wariancji jest większa, tym większą dynamiką charakteryzują się dane (tym większy jest rozrzut wartości od wartości średniej). Analiza wariancji dla próbki (okna czasowego) szeregu czasowego może zostać wykorzystana jako informacja o zmianie trendu przebiegu oraz jego

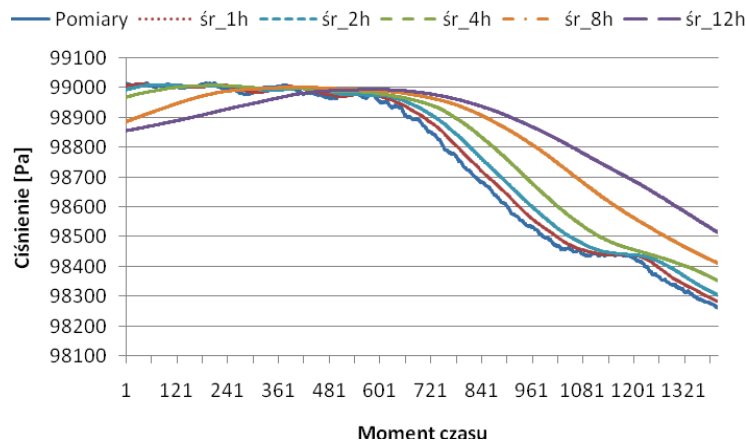
dynamice. Nie niesie ze sobą informacji o kierunku zmian (wzrost czy spadek). Zwiększenie okna czasowego powoduje jedynie opóźnienie reakcji na zmiany.

Z przebiegów przedstawionych na rysunkach 5÷8 wynika, że szerokość analizowanego okna powinna wynosić ok. 12 godzin. Natomiast najlepszą metodą oddającą trend zmian ciśnienia w analizowanych próbkach, okazała się metoda najmniejszych kwadratów.

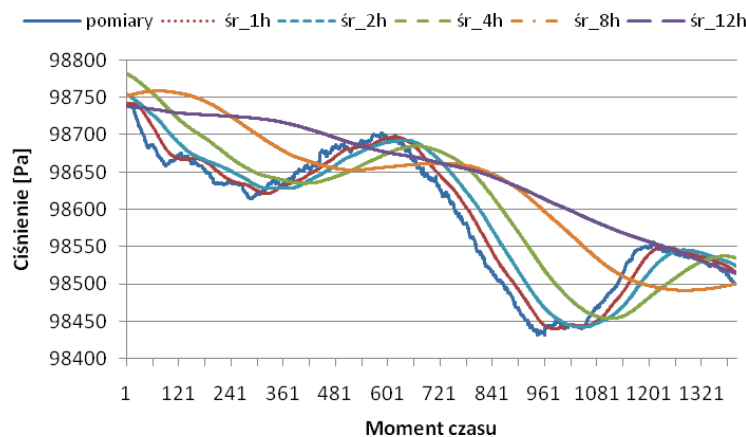
Po wykonaniu analizy zmian trendu ciśnienia kolejnym etapem działania analizatora jest detekcja jednego z trzech możliwych progów: wzrost, spadek lub brak zmian trendu szeregu czasowego pomiarów. Do tego celu można zastosować klasyfikator, który dokona oceny wartości parametru wejściowego Δp .

Zaprezentowane wyniki badań są elementem prac nad kompleksowym systemem pomiarowym czynników stanowiących zagrożenia w środowisku, obejmującym modelowanie i monitoring zagrożeń. W planach jest opracowanie nowych, autonomicznych urządzeń pomiarowych (zawierających autorskie algorytmy matematyczne sterowania i sygnalizacji zagrożenia w środowisku), pracujących w sposób ciągły, w rozproszonej sieci sensorycznej.

a)

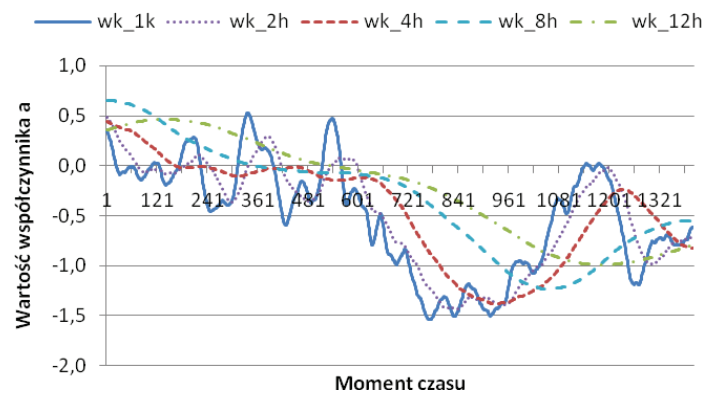


b)

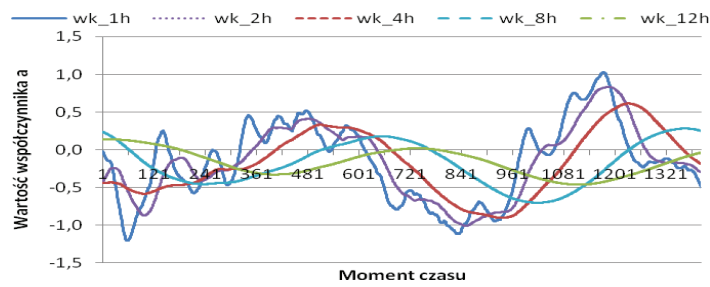


Rys. 5. Analiza wyników metodą średniej ruchomej; a) próbka 1, b) próbka 2

a)

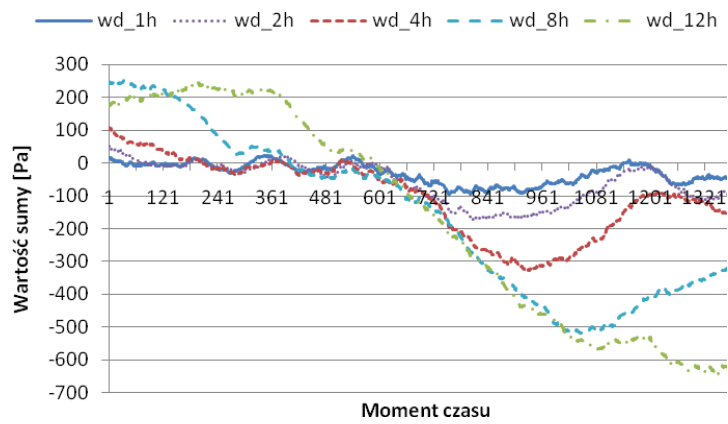


b)

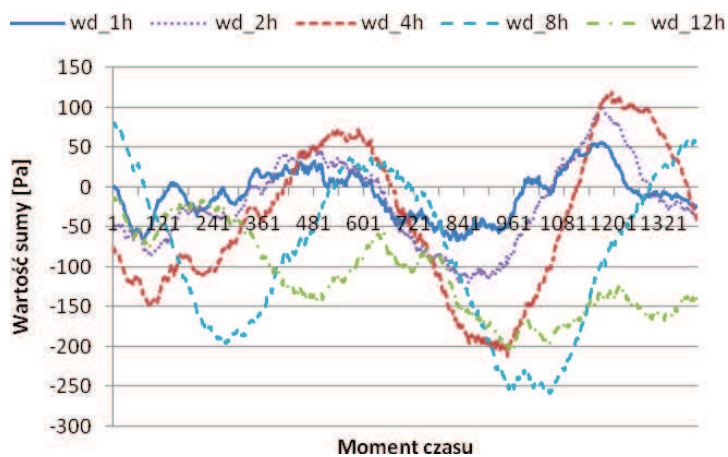


Rys. 6. Analiza wyników metodą najmniejszych kwadratów; a) próbka 1, b) próbka 2

a)

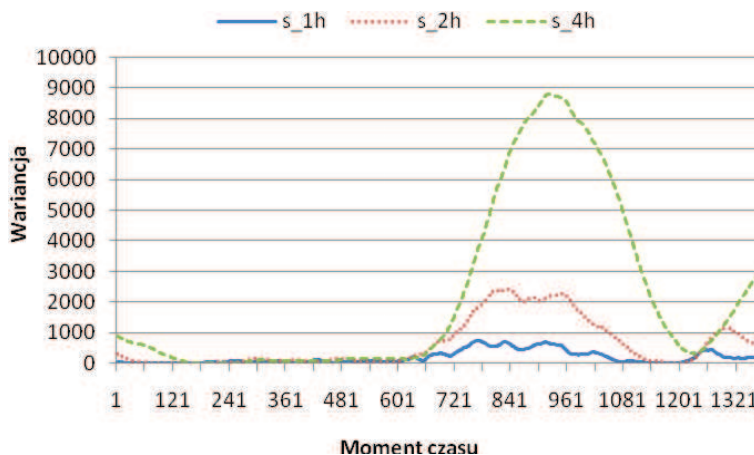


b)

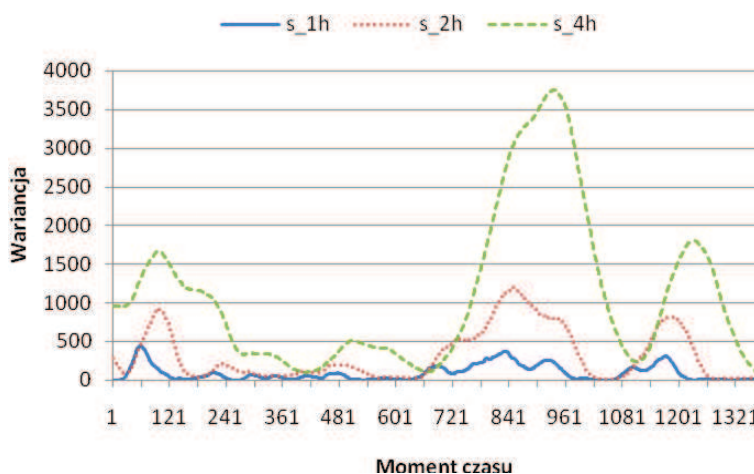


Rys. 7. Analiza wyników metodą sumy różnic; a) próbka 1, b) próbka 2

a)



b)



Rys. 8. Analiza wyników metodą wariancji; a) próbka 1, b) próbka 2

5. WNIOSKI

W pracy przedstawiono kilka technik estymacji trendu zmian szeregu czasowego, jakim był, zarejestrowany w stałych odstępach czasu, przebieg zmian ciśnienia barometrycznego. Działanie prezentowanych metod zostało empirycznie sprawdzone na rzeczywistych danych pomiarowych. Przedstawiono, że istnieją na rynku urządzenia umożliwiające autonomiczną rejestrację zmian ciśnienia, co w połączeniu ze sprawdzonym modelem estymacji trendu daje możliwość zbudowania automatycznego sygnalizatora na potrzeby systemów bezpieczeństwa i ostrzegania w kopalniach.

Literatura

1. Goryl A., Jędrzejczyk Z., Kukula K., Osiewalski J., Walkosz A.: Wprowadzenie do ekonometrii. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009.
2. Hemp R.: The effect of changes in barometric pressure in the Highveld of South Africa. Journal of the Mine Ventilation Society of South Africa, 1998.
3. Lange O., Banasiński A.: Teoria statystyki. PWE, Warszawa 1968.
4. Paszkowski S.: Zastosowanie numeryczne wielomianów i szeregów Czebyszewa. PWN, Warszawa, 1975.
5. Roszczyński W., Trutwin W., Waclawik J.: Kopalniane pomiary wentylacyjne. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice, 1992.
6. Wasilewski S.: Badanie zmian ciśnienia barometrycznego w kopalniach głębinowych. Miesięcznik WUG nr 4/2009.
7. Wasilewski S.: Ciśnienie barometryczne i jego zmiany w kopalniach głębinowych. Materiały 3 Szkoły Aerologii Górniczej, Zakopane, 2004.
8. Sprawozdanie Komisji powołanej dla zbadania przyczyn i okoliczności zapalenia i wybuchu metanu oraz wypadku zbiorowego, zaistniałych w odpowiedzi na dniu 21 listopada 2006r. w Kompanii Węglowej S.A., Oddział Kopalnia Węgla Kamiennego „Halemba” w Rudzie Śląskiej. Katowice, maj 2007.

9. Sprawozdanie Komisji powołanej dla zbadania przyczyn i okoliczności pożaru i wybuchu metanu oraz wypadku zbiorowego, zaistniałych w dniu 13 stycznia 2008 r. w Katowickim Holdingu Węglowym S.A., Kopalni Węgla Kamiennego „Mysłowice-Wesoła” w Mysłowicach, Katowice, wrzesień 2008.
10. Sprawozdanie Komisji powołanej dla zbadania przyczyn i okoliczności zapalenia i wybuchu metanu oraz wypadku zbiorowego, zaistniałych w dniu 4 czerwca 2008 r. w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A., Kopalni Węgla Kamiennego „Borynia” w Jastrzębiu Zdroju. Katowice, kwiecień 2009.

Ten artykuł powstał w wyniku realizacji projektu pt.:

„Czujniki i sensory do pomiarów czynników stanowiących zagrożenia w środowisku – modelowanie i monitoring zagrożeń”.

Projekt finansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i budżet Państwa, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007÷2013.

**Umowa o dofinansowanie
nr POIG.01.03.01-02-002/08-00**

Recenzent: dr inż. Marcin Habrych

**MONITORING AND CONTROL OF CHANGES IN ATMOSPHERIC PRESSURE
OF A MINE AIMED AT NEEDS FOR SAFETY**

A change in barometric pressure has a significant impact on migration of goaf gases (so called goaf breathing). Hence for many years there have been recording the changes in pressure allowing for drops in pressure [2, 5]. Dynamics of changes in pressure is a low-variable process; however every day one may observe short-period pressure jumps. Selected methods of analysis of trends in changes in time series in form of a recorded course of changes in pressure have been presented in the paper. Next the methods have been verified regarding their effectiveness exemplified by real measuring data.

**МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ ШАХТЫ,
НЕОБХОДИМЫЙ В БЕЗОПАСНОСТИ**

Изменение барометрического давления имеет значительное влияние на миграцию газов выработанного шахтного пространства (так называемое дышащее пространство), поэтому в течении многих лет ведется регистрация изменений давления с сигнализацией скидки [2,5]. Динамика изменений давления является медленно-переменчивым процессом, однако каждый день наблюдаются краткосрочные прыжки давления. В статье представлены избранные методы анализа тренда изменений для временной последовательности каким является зарегистрированный ход изменений давления, подданные верификации эффективности действия на примере действительных измерительных данных.