

## Ręczny przyrząd do pomiaru parametrów fizycznych powietrza i innych gazów

*W artykule przedstawiono nowy ręczny przyrząd do pomiaru parametrów fizycznych powietrza THP-2/R przeznaczony do okresowego monitorowania parametrów i zagrożeń wentylacji. Zamieszczono w nim informacje dotyczące działania urządzenia, tryby pracy, możliwości pomiarowe oraz krzywe kalibracyjne czujnika ciśnienia. Urządzenie posiada niezbędną dokładność pomiaru parametrów powietrza (ciśnienie bezwzględne, różnica ciśnień, temperatura i wilgotność) do obliczenia pola potencjałów aerodynamicznych. Przedstawione urządzenie może być wykorzystywane przy obliczeniach wentylacyjnych oraz przy wykrywaniu zagrożeń i akcji podejmowanych w celu likwidacji ich skutków.*

### 1. WSTĘP

---

W kopalniach węgla kamiennego w związku ze zwiększaniem się głębokości oraz występującymi zagrożeniami pożarowymi i metanowymi, przed inżynierami wentylacyjnymi powstają coraz większe problemy w zakresie regulacji sieci wentylacyjnej oraz zwalczania zagrożeń. Jednym z ważniejszych parametrów mierzalnych przy prawidłowej regulacji sieci wentylacyjnej jest ciśnienie bezwzględne powietrza kopalnianego. Pomiaru tego parametru wymagają przyrządów o wysokiej dokładności ze względu na stosunkowo niewielkie spadki ciśnień w chodnikach i w innych obiektach sieci wentylacyjnej. Dotychczas stosowano takie urządzenia jak Barolux lub Mikrobar. Urządzenia te charakteryzowała wysoka dokładność przy bardzo wysokiej cenie. Kopalnie nie mogły sobie pozwolić na zakup takiej liczby urządzeń, aby dokonywać jednoczesnego pomiaru ciśnień w sieci wentylacyjnej, co jest niezbędne do obliczenia potencjałów aerodynamicznych.

W Centrum EMAG podjęto prace nad skonstruowaniem przyrządu stacjonarnego i ręcznego do pomiarów parametrów fizycznych powietrza (ciśnienie, różnica ciśnień, temperatura, wilgotność) i innych gazów, przy szczególnym zwróceniu uwagi na precyzyjny pomiar ciśnienia. Tematem niniejszego artykułu jest ręczny

przyrząd THP-2/R, natomiast przyrząd stacjonarny jest opisany w innej publikacji [1].

### 2. OPIS TECHNICZNY PRZYRZĄDU [2]

---

Ręczny przyrząd do pomiaru parametrów fizycznych powietrza typu THP-2/R jest urządzeniem, przeznaczonym do ciągłego, uśrednionego lub chwilowego pomiaru ciśnienia względnego, różnicy ciśnień, temperatury i wilgotności względnej powietrza w wybranych miejscach kopalni (fotografia 1).



Fotografia 1. Ręczny przyrząd do pomiaru parametrów fizycznych powietrza THP-2/R

Wyniki tych pomiarów w powiązaniu z miejscem pomiarowym w kopalnianej sieci wentylacyjnej mogą posłużyć do obliczenia potencjałów aerodynamicznych.

Urządzenie może być wykorzystywane również do pomiarów parametrów innych gazów, szczególnie w rurociągach, ponieważ jest wyposażone w detektor różnicy ciśnienia na zwężkach umożliwiającymi obliczanie przepływu gazu w rurociągach.

Konstrukcję przyrządu można podzielić na dwie części (rysunek 1):

- pomiarową, obsługującą czujnik ciśnienia względnego, czujnik różnicy ciśnień oraz czujnik wilgotności i temperatury;
- interfejsową, obsługującą tryby pracy przyrządu, wizualizację pomiarów, zapisywanie wyników pomiarów oraz transmisję danych.

Część pomiarowa składa się z mikroprocesora pomiarowego, który obsługuje wysokiej klasy przetwornik ciśnienia bezwzględnego oraz miniaturowy przetwornik różnicy ciśnień. Pobierają one mierzone ciśnienie poprzez wyprowadzone na zewnątrz obudowy króćce. Dodatkowo do pomiaru różnicy ciśnień

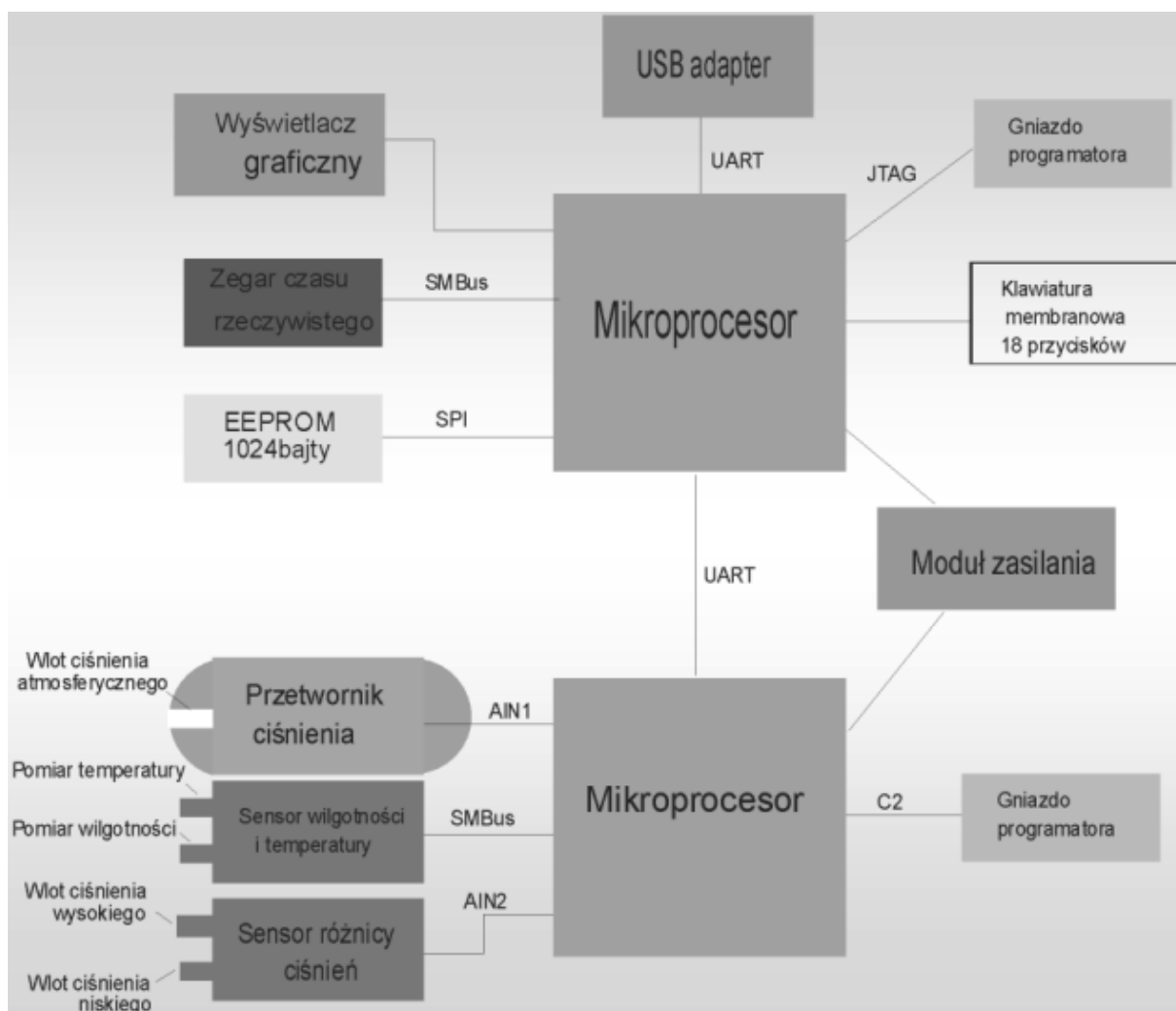
w przewodach wentylacyjnych zastosowano króćce z zewnętrznym zaworem bezpieczeństwa uniemożliwiającym uszkodzenie przyrządu pomiarowego.

Sygnal analogowy z przetworników ciśnienia doprowadzany jest do wejść analogowych procesora pomiarowego, który zamienia go na postać cyfrową za pomocą wbudowanego przetwornika A/C. Pobrane wartości porównywane są z tablicą kalibracyjną, umożliwiającą poprawne wskazanie mierzonych wartości atmosfery kopalnianej.

Na zewnątrz obudowy umieszczono czujnik temperatury i wilgotności zabezpieczony spiekami fosforobrazowym.

Sygnal wyjściowy czujnika wilgotności i temperatury ma postać cyfrową. Kalibrowany jest przez producenta, zapewniając zadowalającą dokładność pomiaru.

Mikroprocesor interfejsowy odpowiada za poprawną pracę przyrządu THP-2/R. Komunikuje się z procesorem pomiarowym, pobierając mierzone parametry (ciśnienie, różnice ciśnień, wilgotność i temperatura).



Rys. 1. Schemat blokowy ręcznego przyrządu do pomiaru parametrów fizycznych powietrza THP-2/R

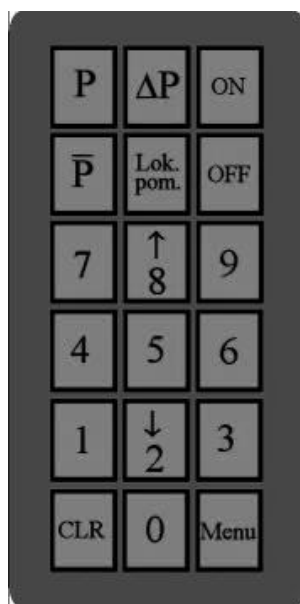
Za pomocą klawiatury (fotografia 2) można wybrać odpowiednie tryby pracy urządzenia.

Przyrząd może działać w trybie pomiaru ciągłego, uśrednionego oraz chwilowego. Funkcje te można wybrać bezpośrednio z klawiatury bądź korzystając z menu. Użytkownik może ustawić zegar czasu rzeczywistego, miejsce pomiaru, odczytać zapisane dane oraz usunąć pomiary wykonywane w danym miejscu, bądź też skasować całą pamięć. Wszystkie wykonywane operacje i dane pomiarowe widoczne są na wyświetlaczu graficznym (rysunek 2).

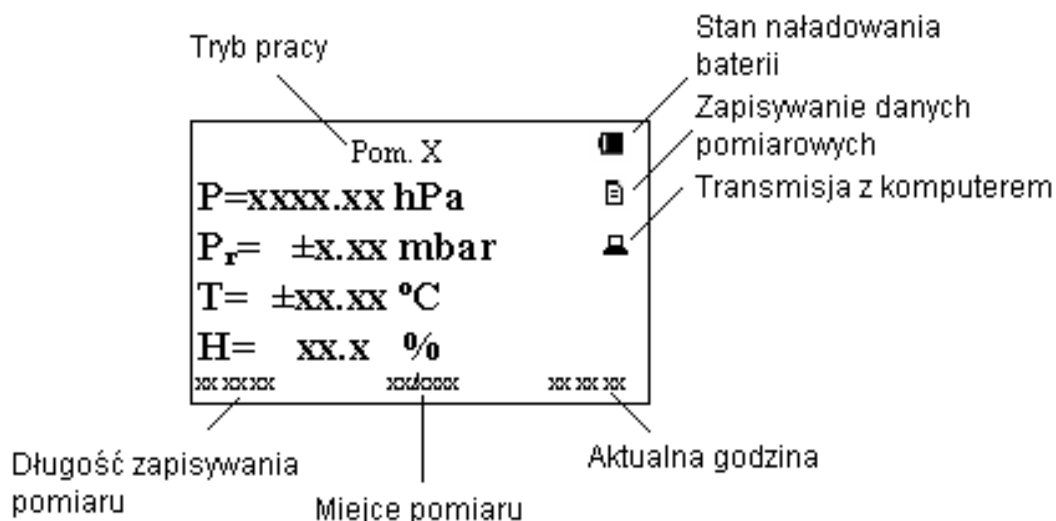
Przyrząd nadzoruje stan naładowania baterii. Informacja ta wyświetlana jest na wyświetlaczu w formie ikony symbolizującej baterie.

Przekazywanie zapisanych danych odbywa się po podłączeniu przyrządu przewodem USB do komputera i wybraniu odpowiedniego trybu z menu. Informacja o przesyłaniu danych do komputera sygnalizowana jest w formie ikony na wyświetlaczu przyrządu.

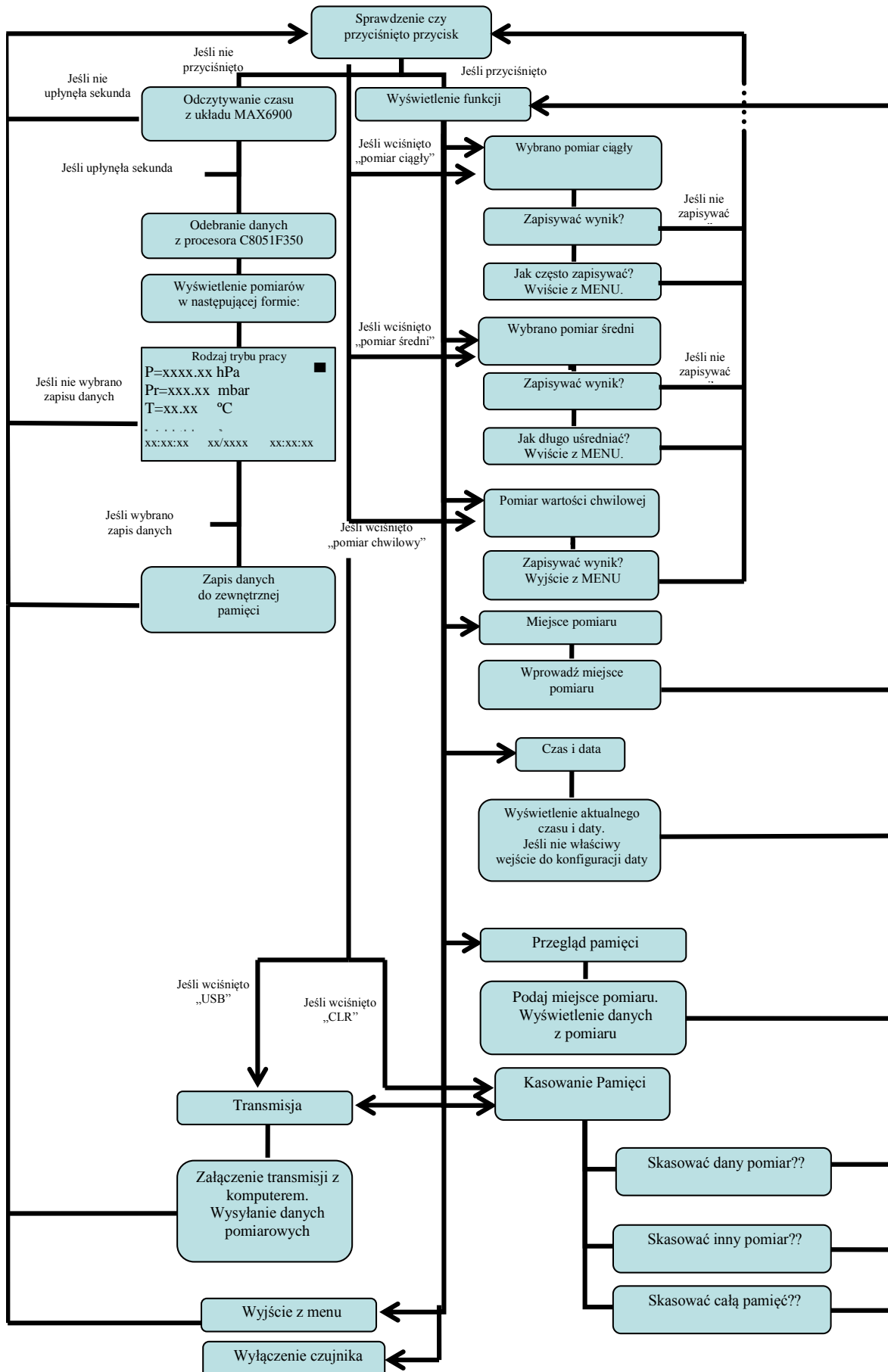
Ogólny zarys działania przyrządu THP-2/R przedstawia rysunek 3.



Fotografia 2. Klawiatura ręcznego przyrządu do pomiaru parametrów fizycznych powietrza THP-2/R



Rys. 2. Rozmieszczenie danych na wyświetlaczu LCD



Rys. 3. Ogólny zarys działania przyrządu THP-2/R

### 3. DANE TECHNICZNE PRZYRZĄDU THP-2/R

**zasada działania przetworników pomiarowych:**

- ciśnienie	barometr SETRA z przetwornikiem pojemnościowym
- czujnik różnicy ciśnień	przetwornikiem rezystancyjnym
- temperatura	półprzewodnikowy z wyjściem cyfrowym
- wilgotność	półprzewodnikowy z wyjściem cyfrowym

**napięcie zasilania:**

z akumulatora Ni-MH 8,4 V

**wymiary gabarytowe:**

220×116×51 mm

**masa:**

około 0,5 kg

**stopień ochrony obudowy:**

IP 54

**zakres pomiarowy:**

- ciśnienie bezwzględne	800 ÷ 1300 hPa
- ciśnienie różnicowe	0 ÷ ±2,5 mbar
- temperatura	-20 ÷ 40°C
- wilgotność	0 ÷ 100%

**warunki pracy:**

- temperatura	-20 ÷ 40°C
- wilgotność względna	0 ÷ 95% bez kompensacji

**cecha budowy przeciwybuchowej:**

II 2G /EExe II

**dokładność:**

- ciśnienie absolutne w zakresie	805 ÷ 1300 hPa ±0,3hPa
- ciśnienie różnicowe	±25 µbar
- temperatura w zakresie 0 ÷ 40°C	± 0,5°C
- dodatkowy błąd w zakresie do -20°C	± 0,5°C
- wilgotność w zakresie 10 ÷ 90% RH	2% RH
- dodatkowy błąd poza zakresem	±1,5% RH

**rozdzielczość odczytu:**

- ciśnienie bezwzględne	0,01 hPa
- ciśnienie różnicowe	0,01 mbar
- temperatura	0,01°C
- wilgotność	0,1% RH

#### 4. KOREKCJA CHARAKTERYSTYKI POMIAROWEJ CIŚNIENIA POWIETRZA

Dla celów wentylacyjnych w kopalniach ważny jest pomiar ciśnienia powietrza z wysoką dokładnością. Zastosowany w przyrządzie przetwornik ciśnienia posiada zapewnioną przez producenta dokładność 0,3 hPa. Przetwornik posiada jednak bardzo małą zmienność charakterystyki wynoszącą 0,1 hPa/rok. Pozwala to na przeprowadzenie korekcji programowej charakterystyki pomiarowej przetwornika używanego w przyrządzie.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki pomiarów uchybu przyrządu dla całego zakresu pomiarowego przed i po korekcji programowej.

Graficznie przedstawiono zmianę uchybu charakterystyki na rysunku 4.

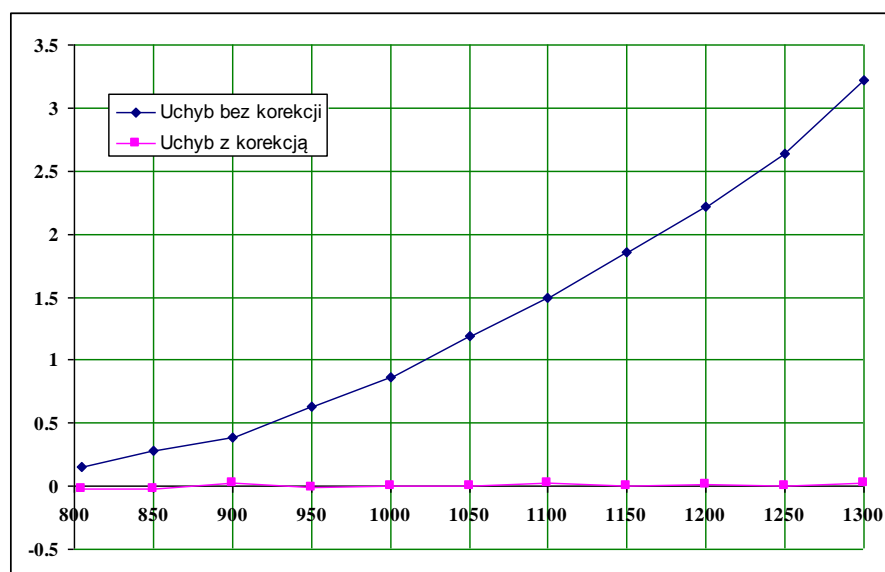
Przyrząd ze skorygowaną charakterystyką poddano badaniom w szerokim zakresie temperatur 0 do 50°C. Wyniki tych badań przestawiono w tabeli 2 i graficznie na rysunku 5.

Z przedstawionych pomiarów można wyciągnąć wnioski, że przyrząd ze skorygowaną charakterystyką pomiarową pozwala wyznaczyć ciśnienie z dokładnością 0,1 hPa w zakresie ciśnień i temperatur spotykanych w kopalniach głębiniowych.

Tabela 1

#### Wyniki pomiarów uchybu przyrządu dla całego zakresu pomiarowego przed i po korekcji programowej

Temp. ot. 24,9 °C	SETRA 470 S/N 2573205	SETRA 278 /N 2766291	THP-2/R bez korekcji	THP-2/R z korekcją
Lp.	P <sub>rzecz</sub> [hPa]	V <sub>out</sub> [mV]	P <sub>out</sub> [hPa]	P <sub>out</sub> [hPa]
1	1300	2096.71	1303.22	1300.03
2	1250	1885.96	1252.64	1250
3	1200	1675.91	1202.22	1200.01
4	1150	1466.07	1151.86	1150
5	1100	1256.22	1101.5	1100.02
6	1050	1046.61	1051.19	1050
7	1000	836.94	1000.87	1000
8	950	627.6	950.63	949.99
9	900	418.27	900.39	900.03
10	850	209.48	850.28	849.98
11	805	21.45	805.15	804.98

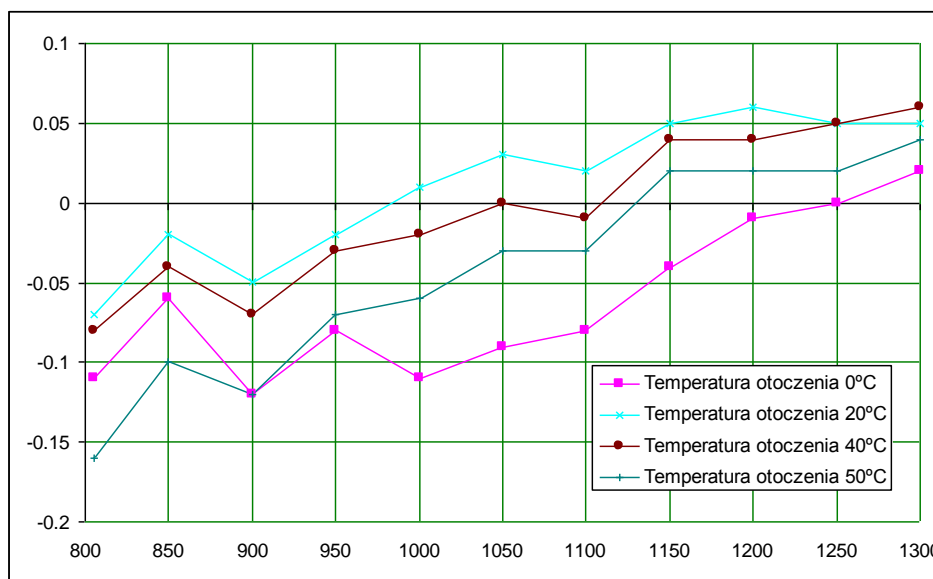


Rys. 4. Graficzne przedstawienie wyników pomiarów uchybu przyrządu dla całego zakresu pomiarowego przed i po korekcji programowej

Tabela 2

Wyniki pomiarów przyrządu dla temperatur od 0 do 50°C ze skorygowaną charakterystyką

SETRA 470 S/N 2573205	Temp. otoczenia 0°C	Temp. otoczenia 20°C	Temp. otoczenia 40°C	Temp. otoczenia 50°C
$P_{rzecz}$ [hPa]	$P_{out}$ [hPa]	$P_{out}$ [hPa]	$P_{out}$ [hPa]	$P_{out}$ [hPa]
1300	1299,98	1299,95	1299,94	1299,96
1250	1250,00	1249,95	1249,95	1249,98
120	1200,01	1199,94	1199,96	1199,98
1150	1150,04	1149,95	1149,96	1149,98
1100	1100,08	1099,98	1100,01	1100,03
1050	1050,09	1049,97	1050,00	1050,03
1000	1000,11	999,99	1000,02	1000,06
950	950,08	950,02	950,03	950,07
900	900,12	900,05	900,07	900,12
850	850,06	850,02	850,04	850,10
805	805,11	805,07	805,08	805,16



Rys. 5. Graficzne zobrazowanie wyników pomiarów przyrządu dla temperatur od 0 do 50°C ze skorygowaną charakterystyką

5. PODSUMOWANIE

Przedstawiony w artykule nowy przyrząd do pomiaru parametrów fizycznych powietrza THP-2/R jest niedrogim i wygodnym urządzeniem do stosowania w kopalniach. Posiada funkcje pozwalające na zapamiętywanie, wstępne przetwarzanie oraz przekazywanie do komputera danych zmierzonych, charakterystycznych dla danego punktu pomiarowego. Urządzenie może być stosowane w pomiarach parametrów sieci wentylacyjnych kopalń oraz przy wy-

znaczaniu przepływów w rurociągach (odmetanowanie, sprężone powietrze, itd.).

Literatura

1. Budziszewski, J. Mróz, M. Szczygielska.: Stacjonarny czujnik do ciągłego pomiaru parametrów fizycznych powietrza i obliczania potencjałów aerodynamicznych. Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa 12/2008 Katowice.
2. Opracowanie modelu urządzenia do pomiaru ciśnienia bezwzględного zbudowanego w oparciu o nową generację czujników oraz oprogramowania niezbędnego do opracowania wyników pomiarów. Praca statutowa Centrum EMAG (2007-2008).

Recenzent: prof. dr hab. inż. Stanisław Wasilewski