



Analiza turbulentnej strugi powietrza w pobliżu ociosów wyrobiska górniczego w aspekcie poprawności rozmieszczenia anemometrów stacjonarnych w przekroju pomiarowym

Analysis of turbulent air stream near the mine excavation walls in terms of the accuracy of the deployment of stationary anemometers in a cross-section

Dr inż. Przemysław Skotniczny*)

Treść: W artykule omówiono wyniki pomiarów termooanemometrycznych wykonanych w pobliżu ociosów wyrobiska górniczego. Na podstawie uzyskanych rozkładów prędkości oraz intensywności turbulencji strugi powietrza określono optymalny z pomiarowego punktu widzenia obszar rozmieszczenia anemometrów stacjonarnych, wchodzących w skład systemu telemetrycznego kopalni. Uzyskane na drodze pomiarów przebiegi czasowe poszczególnych składowych wektora prędkości strugi powietrza przemieszczającego się wyrobiskiem górniczym mogą być przydatne w procesie numerycznej analizy przepływu powietrza w wyrobisku górniczym.

Abstract: This paper presents the results of thermoanemometric measurements of the velocity components distributions near the mining excavation's walls. On the basis of the measurements, the optimal area for placing the stationary anemometers within excavation's cross section, (from the measuring point of view) was determined. Moreover, the presented data could be also very useful for calibration of the numerical simulation of the air stream flow in mining excavations.

Słowa kluczowe:

fluktuacje składowych prędkości, warstwa przyścienna w wyrobisku górniczym, pomiary termooanemometryczne

Key words:

velocity components fluctuations, boundary layer in mine excavation, thermoanemometric measurements

1. Wprowadzenie

Znajomość rozkładu wektora prędkości strugi powietrza w pobliżu ociosów wyrobiska górniczego ma istotne znaczenie w aspekcie poprawnego wyznaczenia prędkości średniej w wyrobisku. Jak wiadomo, wartość prędkości średniej jest niezbędna (wraz z poprawnie określoną wartością pola przekroju poprzecznego wyrobiska) do wyznaczenia strumienia objętościowego przepływającego powietrza oraz precyzyjnego określenia stężeń mieszaniny powietrzno-metanowej w wyrobisku górniczym [2,3]. Znajomość rozkładu wektora prędkości przepływającej strugi powietrza oraz wartości wielkości turbulentnych w poszczególnych punktach przekroju poprzecznego wyrobiska jest również niezwykle istotna w aspekcie wskazania optymalnego miejsca zabudowy anemometru stacjonarnego wchodzącego w skład kopalnianej sieci telemetrycznej [5]. Dodatkowo, informacje uzyskane z analizy rozkładów prędkości w pobliżu ociosów wyrobiska stanowią dobrą podstawę do zaprojektowania oraz wykonania poprawnej symulacji numerycznej procesu transportu strugi powietrza w wyrobisku kopalnianym [2,3].

Do uzyskania tych informacji konieczne jest stosowanie odpowiedniego sprzętu pomiarowego. Przyrządy do pomiaru prędkości (anemometry skrzydełkowe) powszechnie używane

i znajdujące się na wyposażeniu służb kopalnianych nie mają możliwości pomiaru składowych wektora prędkości oraz ich zmiany w czasie. Stąd też zaistniała konieczność użycia systemów opartych na termooanemometrycznej metodzie wyznaczenia składowych wektora prędkości.

2. Miejsce i cel pomiarów

Omawiane w artykule pomiary miały miejsce na TW „Sobieski”, na poziomie 300, w przekopie „Grodzisko”, (kota 1758 - **przekrój 1**) oraz na poziomie 300 w przecince łączącej przekop „Grodzisko” z wyrobiskiem prowadzącym do szybu „Karolina” (kota 24 - **przekrój 2**). Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych zamieszczono na mapie poniżej (rysunek 1).

W obydwu przypadkach były mierzone rozkłady wektora prędkości w pobliżu ociosów wyrobisk w wybranych przekrojach pomiarowych. Średnie, zmierzone przy użyciu anemometru skrzydełkowego mA54 wartości prędkości w przekroju stanowiska 1 wynosiły od 0,3 do 0,5 m/s, z kolei wartości prędkości w przekroju stanowiska 2 wahały się w granicy 3 m/s.

Przeprowadzone pomiary były kontynuacją przeprowadzonych badań [4] mających na celu określenie postaci funkcji przyściennej dla przepływu powietrza w wyrobisku górniczym. Pomiary przeprowadzono przy użyciu sprawdzo-

*) Instytut Mechaniki Górotworu PAN w Krakowie

nego w warunkach górniczych wielokanałowego systemu termooanemometrycznego [6,1], umożliwiającego określenie fluktuacji składowych wektora prędkości w kierunkach X, Y, Z oraz odpowiadających im wartości intensywności turbulencji poprzecznych $T_{z,y}$ (w kierunku osi Z i Y) oraz podłużnej T_x (zgodnie z kierunkiem osi X), zdefiniowanych zgodnie z (1)

$$T_i = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (u_j - U_i)^2}}{U_{norm}} 100\% \quad (1)$$

gdzie: $i=X,Y,Z$,

u_i – chwilowa wartość prędkości,

U_i – wartość średnia prędkości w i-tym kierunku

U_{nor} – prędkość normalizacji, w omawianym przypadku równa prędkości średniej U w punkcie pomiaru.

Uzyskane z pomiarów dane stanowiły podstawę do:

- Określenia optymalnego miejsca rozmieszczenia anemometru stacjonarnego w przekroju poprzecznym wyrobiska, profil wartości intensywności turbulencji określa strefę, w której ze względu na właściwości metrologiczne przyrządów nie powinno się prowadzić pomiarów.
- Adjustacji rozwiązań numerycznych przeprowadzanych dla przepływu powietrza w wyrobisku górniczym w obudowie typu ŁP.

3. Aparatura pomiarowa

Do realizacji badań opisanych w artykule konieczne było stworzenie specjalistycznej aparatury pomiarowej opartej na koncepcji termooanemometru stałotemperaturowego. Aparatura taka pozwala na wielopunktowe pomiary chwilowych wartości prędkości. Użycie trójwłókowych sond pomiarowych daje dodatkowo możliwość wyznaczenia poszczególnych składowych wektora prędkości w wybranych punktach badanego obszaru. Na podstawie takich danych możliwe jest analizowanie złożonych parametrów przepływu takich jak intensywność turbulencji.

Zaprojektowany i wykonany w IMG-PAN system pomiarowy umożliwia symultaniczne pomiary czterema czujnikami trójwłókowymi. W wyniku tych pomiarów możliwe jest

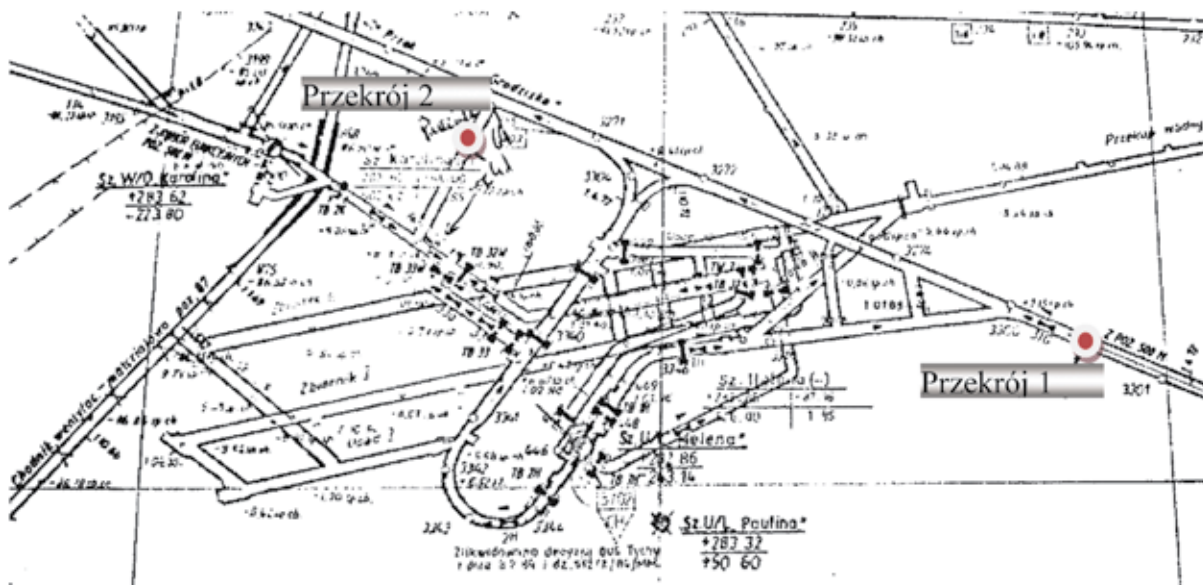
wyznaczenie składowych przestrzennych wektora prędkości przepływu powietrza w czterech punktach jednocześnie. Ogólny widok modułu przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Moduł termooanemometryczny 4 x 3D

Fig. 2. Thermoanemometric module 4x3D

Przyrząd ten powstał na bazie modułu stałotemperaturowo – stałoprądowego ATU 08 przeznaczonego do prowadzenia precyzyjnych pomiarów prędkości i temperatury w przepływach powietrza. Przyrządy te są indywidualnie konfigurowane w zależności od rodzaju zadań badawczych, dla których są dedykowane. Konfiguracja zestawu dotyczy liczby kanałów i torów pomiarowych, ich parametrów, realizowanych funkcji oraz liczby i typu czujników pomiarowych. Termooanemometr stałotemperaturowy (CTA) pracuje w układzie mostkowym. Stanowi on układ regulacji automatycznej zasilający czujnik takim prądem, aby w stanie nagrzania jego temperatura pozostawała na stałym, zadanym poziomie. Dzięki temu prąd czujnika jest funkcją prędkości przepływu. Poziom nagrzania



Rys. 1. Fragment mapy poziomu 300 z zaznaczonymi miejscami pomiarów

Fig. 1. Fragment of the map of level 300 with the marked locations of measurement

czujnika jest stały, indywidualnie dobrany dla każdego toru pomiarowego.

Opracowany przyrząd przystosowany jest do zasilania akumulatorowego. Ma wewnętrzny akumulator 12V, 7 Ah, który w pełni naładowany wystarcza na ok. 10 h pracy przyrządu.

Widok panelu obsługi modułu termooanemometrycznego przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Panel obsługi modułu termooanemometrycznego 4 x 3D
Fig. 3. Control panel of the thermoanemometric module 4x3D

Od lewej widoczne są:

- złącze Fischer Connectors 24 do podłączenia rozdzielacza czujników pomiarowych,
- dwanaście diod sygnalizacji pracy włókien 1 do 12 czujników 1 do 4. Kolor czerwony oznacza brak włókna czujnika, kolor zielony poprawną pracę,
- złącze USB przetwornika analogowo-cyfrowego do podłączenia komputera,
- gniazdo bezpiecznika 3 A włączonego w obwód akumulatora,
- wyłącznik zasilania przyrządu,
- gniazdo zasilacza zewnętrznego do ładowania akumulatora i pracy z zasilaniem sieciowym.

Czujniki podłączone są do przyrządu poprzez rozdzielacz z kablem o długości 5 m. Widok rozdzielacza przedstawia rysunek 4.

Rozdzielacz podłącza się do modułu termooanemometrycznego poprzez złącze Fischer Connectors 24, natomiast czujniki podłącza się do gniazd 1 do 4 rozdzielacza kablami Fischer Connectors 6 o długości 2 m. Kable oznaczone są numerami 1 do 4.

Widok czujnika pomiarowego 3D przedstawia rysunek 5.

Z lewej strony widoczny jest kabel podłączeniowy, z prawej elementy pomiarowe pod osłoną. Osłona zabezpiecza włókna czujnika przed uszkodzeniem i posiada dwa położenia blokowane sprężyną: zabezpieczenie oraz praca. Osłonę należy przesuwać pomiędzy tymi położeniami, natomiast nie należy jej zdejmować, gdyż grozi to uszkodzeniem włókien.



Rys. 4. Rozdzielacz czujników
Fig. 4. Probe's divider

Omawiane w artykule dane zostały pozyskane z pomiarów pojedynczym czujnikiem termooanemometrycznym, trójwłóknowym. Użycie pojedynczej sondy ułatwiało uzyskanie większej rozdzielczości przestrzennej pomiarów bez konieczności żmudnego przeliczania koordynatów przestrzennych w przypadku użycia pełnego zestawu czujników.

4. Wymiary wyrobisk i siatka pomiarowa

Omawiane przekroje pomiarowe były zlokalizowane w wyrobiskach prowadzonych w obudowie typu ŁP. W wyrobisku z przekrojem pomiarowym nr 1 (rys. 1) odległość pomiędzy kolejnymi łukami obudowy wynosiła około 800 mm, natomiast w wyrobisku z przekrojem pomiarowym 2 odległość między łukami wynosiła około 500 mm. Wymiary poszczególnych wyrobisk w miejscach przekrojów pomiarowych schematycznie zaprezentowano na rysunkach 6 i 7.

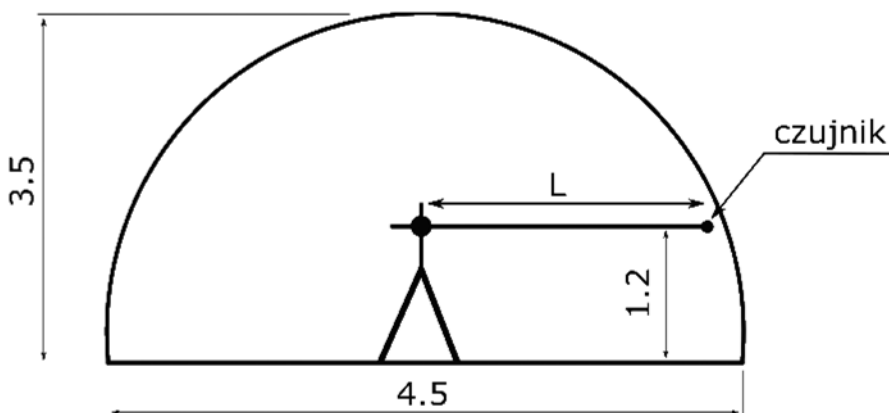
Pomiar w przekroju 1 odbył się tylko dla jednej linii sondowania zorientowanej pod kątem 0° w stosunku do spągu, natomiast w przekroju 2 w dwóch, zorientowanych pod kątem 0° (położenie 1) i 45° (położenie 2) w stosunku do spągu.

Czujnik termooanemometryczny został umieszczony w jednym punkcie, na skraju poprzeczki pomiarowej. Odległość pomiędzy kolejnymi punktami pomiarowymi wynosiła 50 mm i była realizowana poprzez zamieszczenie poprzeczki pomiarowej w uchwycie mocującym o żądanej odległości. Odległość pierwszego punktu pomiarowego, leżącego w pobliżu łuku obudowy w obydwóch przekrojach pomiarowych wynosiła $L_0=3$ mm.

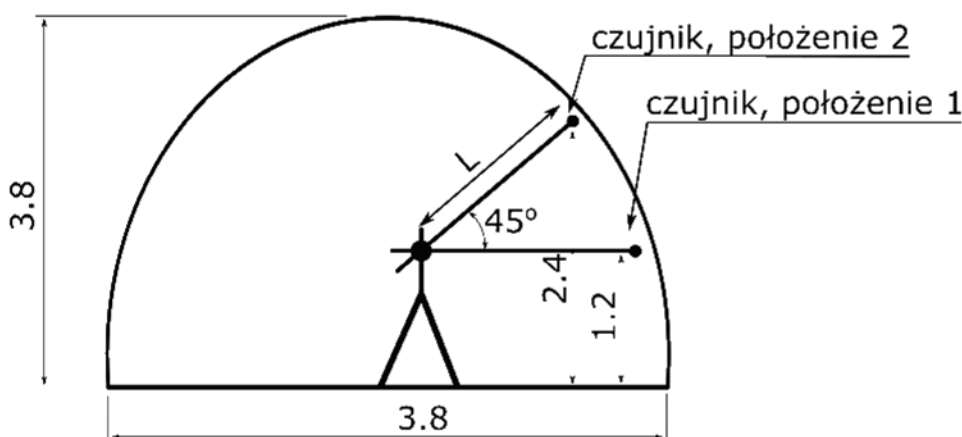
Podczas wykonanych pomiarów zarejestrowano w sumie 200 obserwacji zapisanych w plikach z danymi pomiarowymi. Każdy z plików składał się z 3 kolumn z zapisanymi chwilowymi wartościami składowych prędkości strugi powietrza. W kolejnym kroku należało przeprowadzić obliczenia umo-



Rys. 5. Czujnik pomiarowy 3D
Fig. 5. 3D hot-wire probe



Rys. 6. Przekrój pomiarowy 1
Fig. 6. Measuring section N° 1



Rys. 7. Przekrój pomiarowy 2
Fig. 7. Measuring section N° 2

liwiające określenie parametrów strugi powietrza w omawianym wyrobisku.

5. Wyniki pomiarów

Uzyskane dane eksperymentalne zostały poddane obróbce przy użyciu dedykowanego programu „R4”. Program umożliwia oprócz wyznaczenia podstawowych wielkości opisujących rozkład prędkości i intensywności turbulencji strugi powietrza w strefie przyciosowej na wyznaczenie wartości zaawansowanych wielkości turbulentnych, takich jak energia kinetyczna turbulencji oraz jej dyssypacja. W artykule skoncentrowano się głównie na wartościach prędkości oraz intensywności turbulencji.

Główny formularz programu został zademonstrowany na rysunku 8. Wszystkie obliczenia dotyczące parametrów kinematycznych strugi przepływającej w wyrobisku zostały wykonane automatycznie po wczytaniu plików do programu.

k1	e1	T1	k2	e2	T2	k3	e3	T3	k4	e4	T4
1.68E-2	7.30E-5	9.9	1.36E-2	5.33E-5	8.9	1.96E-2	9.21E-5	10.7	4.59E-2	3.31E-4	12.3
1.90E-2	8.77E-5	10.6	1.50E-2	6.18E-5	9.2	1.84E-2	8.41E-5	10.4	3.54E-2	2.23E-4	10.9
1.58E-2	6.71E-5	9.6	1.26E-2	4.77E-5	8.5	1.72E-2	7.61E-5	10.0	4.12E-2	2.81E-4	11.6
1.58E-2	6.66E-5	9.7	1.06E-2	3.69E-5	7.9	1.35E-2	5.28E-5	8.9	2.21E-2	1.10E-4	8.6
1.44E-2	5.80E-5	9.0	1.43E-2	5.73E-5	9.0	1.52E-2	6.30E-5	9.3	3.27E-2	1.99E-4	10.3
9.50E-3	3.11E-5	7.4	1.05E-2	3.60E-5	8.0	1.19E-2	4.36E-5	8.5	4.12E-2	2.81E-4	11.7
1.53E-2	6.39E-5	9.4	9.97E-3	3.35E-5	7.4	1.11E-2	3.92E-5	7.8	2.80E-2	1.57E-4	9.7
1.91E-2	8.85E-5	10.9	8.92E-3	2.83E-5	7.0	1.23E-2	4.61E-5	8.5	1.94E-2	9.05E-5	8.2
1.80E-2	8.10E-5	10.1	8.99E-3	2.86E-5	7.2	1.13E-2	4.06E-5	8.1	1.21E-2	4.49E-5	6.3
8.56E-3	2.66E-5	7.0	1.14E-2	4.09E-5	8.3	1.52E-2	6.31E-5	9.4	1.03E-2	3.52E-5	5.7

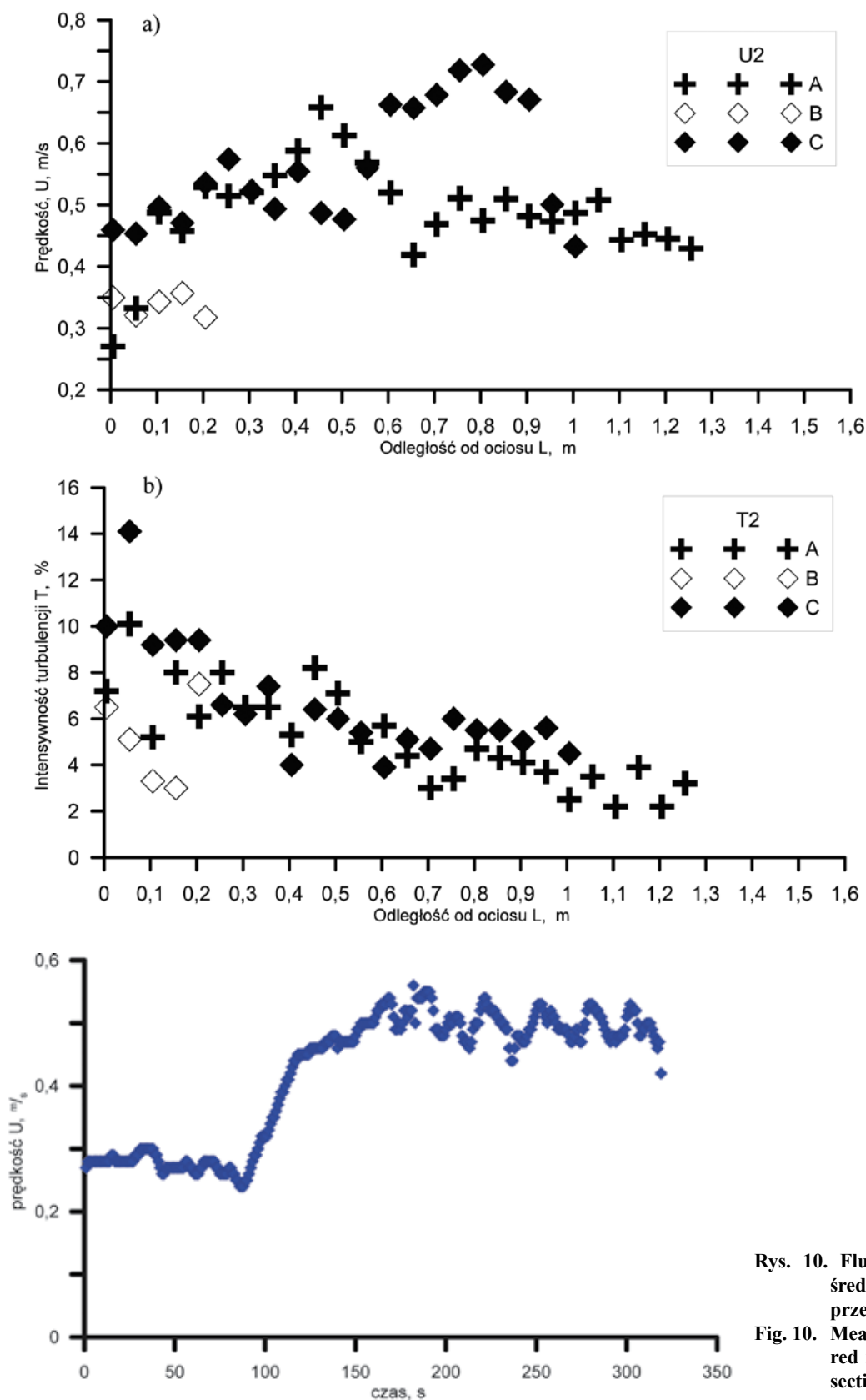
Rys. 8. Formularz programu R4
Fig. 8. Main form of the R4 program

W dalszej części przedstawiono wyniki obliczeń dla dwóch przekrojów pomiarowych: „Przekrój 1” oraz „Przekrój 2”.

5.1. Wyniki „Przekrój 1”

Profile prędkości dla trzech serii pomiarowych A, B i C wykonanych w przekroju 1 dla punktów pomiarowych leżących

na linii sondowania umieszczonej pod kątem 0 stopni w stosunku do spągu wyrobiska zostały zaprezentowane na rysunku 9a. Z kolei rozkład wartości intensywności turbulencji dla punktów leżących na tej linii został zaprezentowany na rysunku 9b.



Rys. 9. Zestawienie rozkładów prędkości a) oraz intensywności turbulencji b) dla przekroju 1

Fig. 9. Velocity distribution: a) and turbulent intensity distribution b) for section No 1

Rys. 10. Fluktuacje wartości prędkości średniej w osi wyrobiska dla przekroju 1

Fig. 10. Mean velocity fluctuation measured in the axis of excavation for section 1

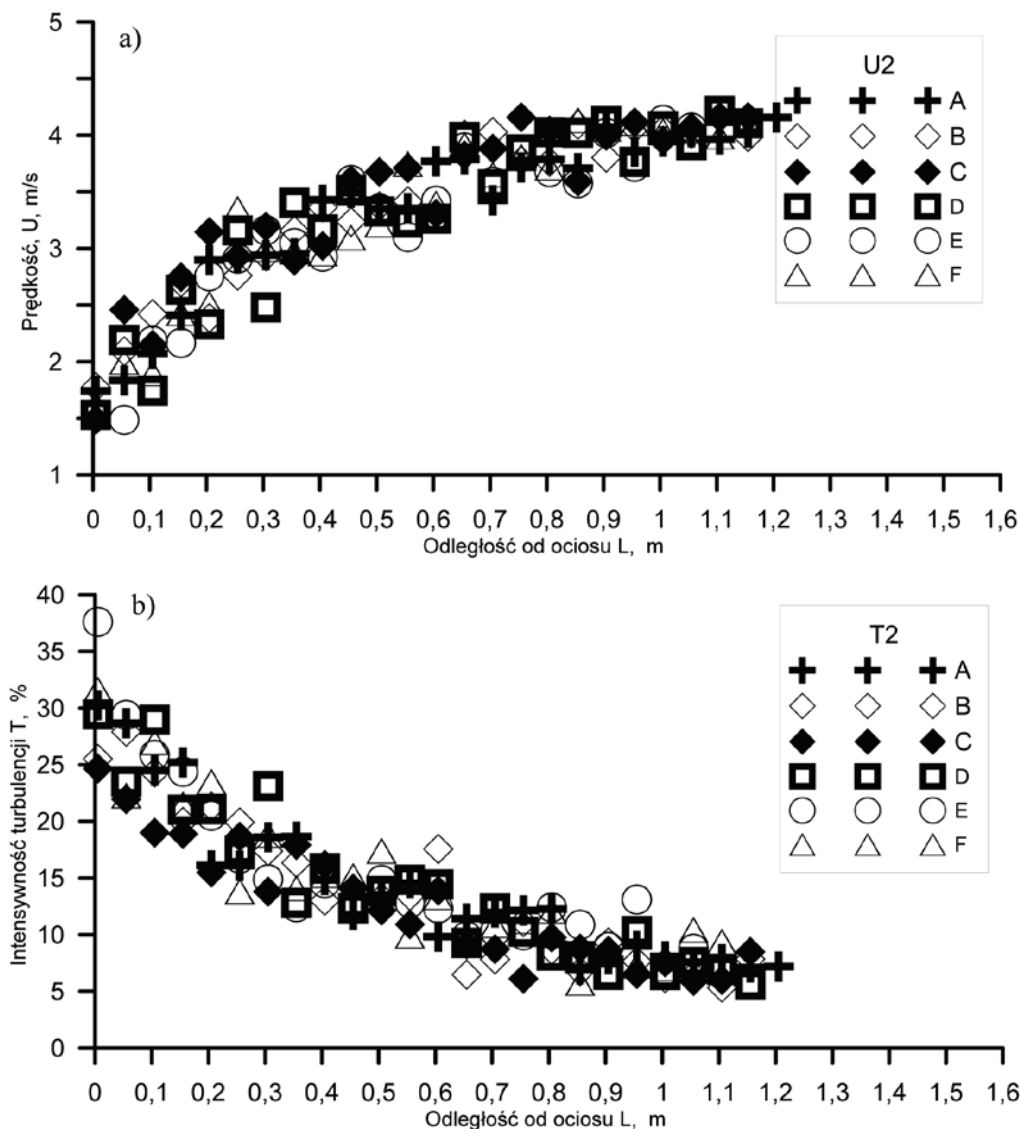
W celu ciągłego monitorowania zmian prędkości średniej w osi wyrobiska, podczas wykonywania pomiarów termomanometrycznych użyto anemometru skrzydełkowego typu μ AS4. Przyrząd ten umożliwiał rejestrację punktowych zmian prędkości przepływu strugi powietrza z częstotliwością $f = 1$ Hz. Przykładowy fragment przebiegu zmienności prędkości w przekroju 1 został zaprezentowany na rysunku 10. Wahanie prędkości w osi wyrobiska były zmienne w czasie, a ich amplituda wynosiła około 0.25 m/s, przy zarejestrowanej prędkości maksymalnej $U_{max} = 0.55$ m/s. Zmiana wartości prędkości odbywała się w sposób przypadkowy. Obserwowane duże nierównomierności w przebiegu prędkości w obrębie strefy przyociosowej obserwowane na rysunku 9a wynikały najprawdopodobniej z dużej zmienności przepływu powietrza w przekroju omawianego wyrobiska. Najprawdopodobniej było to spowodowane częstym oraz losowym otwieraniem i zamykaniem tam wentylacyjnych w górnym biegu przekopu „Grodzisko”.

Oprócz wyraźnej niestacjonarności przepływu kolejnym czynnikiem utrudniającym uzyskanie miarodajnych wyników była niska prędkość średnia w omawianym wyrobisku.

Termoanemometry wchodzące w skład systemu pomiarowego były wzorcowane w zakresie 0.5 do 15 m/s. Istniało ryzyko, że wartości prędkości oscylujące w zakresie 0.2 – 0.5 m/s mogły być wyznaczone z dużą niepewnością. Z tego powodu zdecydowano się zmienić przekrój pomiarowy na taki, dla którego średnie wartości prędkości były wyższe. Przekrój pomiarowy o żądanych parametrach występował w przecince łączącej przekop „Grodzisko” z wyrobiskiem prowadzącym do szybu „Karolina”.

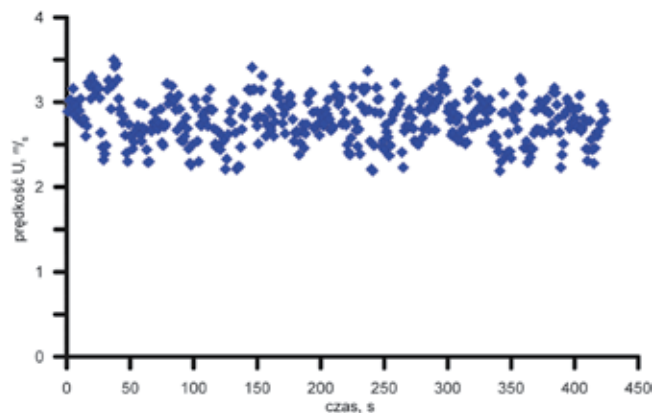
5.2. Wyniki „Przekrój 2”

Zaprezentowane poniżej wyniki uzyskane z pomiarów w przekroju 2 są zdecydowanie bardziej spójne i powtarzalne niż te uzyskane z pomiarów w przekroju 1. Zarówno rozkłady wartości prędkości, jak i intensywności turbulencji z sześciu serii pomiarowych A-F, (rysunek 11a oraz b) wykazują podobny do siebie charakter przepływu. Niewielkie różnice w przebiegach wartości prędkości oraz intensywności turbulencji wynikają z fluktuacyjnego charakteru przepływu strugi powietrza w wyrobisku (rysunek 12), która ma wpływ na wartości prędkości chwilowej w poszczególnych punktach.



Rys. 11. Zestawienie rozkładów prędkości a) oraz intensywności turbulencji b) dla przekroju 2
 Fig. 11. Velocity distribution: a) and turbulent intensity distribution b) for section No 2

Podobnie jak w przypadku wykonywania pomiarów w przekroju 1, zmiana prędkości w punkcie była rejestrowana przy użyciu anemometru μ AS4. W omawianym przekroju anemometr znajdował się w odległości około 0.4 m od ociosu. Rejestracja przebiegu zmienności wartości prędkości w punkcie została zaprezentowana na wykresie (rysunek 7). Pomimo obserwowanych zmian w prędkościach w poszczególnych chwilach czasowych, przepływ charakteryzował się większą stacjonarnością niż ten występujący w przekroju pomiarowym 1. W związku z tym, można było przeprowadzić wiele pomiarów profili prędkości i intensywności turbulencji w odległości od 0.05 do 1.25 m od ociosu.



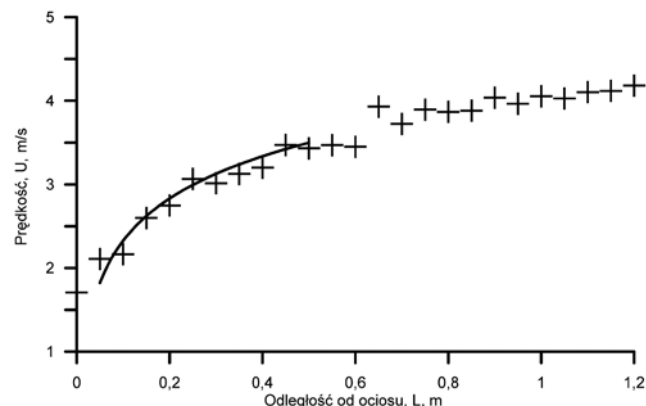
Rys. 12. Fluktuacje prędkości średniej w odległości 0.4 m od ociosu wyrobiska dla przekroju 2

Fig. 12. Mean velocity fluctuation measured 0.4 m from the wall of excavation for section 2

Serie pomiarowe A-D zostały zarejestrowane dla linii sondowania umieszczonej pod kątem 0° w stosunku do spągu, natomiast serie E-F dla linii umieszczonej pod kątem 45° w stosunku do spągu.

Analizując rozkłady zmienności prędkości oraz intensywności turbulencji, można zauważyć, że profile prędkości, zarówno dla linii sondowania 0° , jak i 45° są do siebie bardzo zbliżone. Może to sugerować występowanie jednolitego oraz rozwiniętego przepływu powietrza w omawianym wyrobisku

Spostrzeżenie to jest o tyle istotne, że sugeruje pewną dowolność w rozmieszczaniu stacjonarnych anemometrów w przekroju poprzecznym wyrobiska w omawianym przypadku (przy ociosie lub pod stropem).



Rys. 13. Uśredniony profil prędkości w strefie przyociosowej (krzyżyki) wraz z funkcją aproksymującą (linia)

Fig. 13. Averaged velocity profile in the vicinity of excavation's wall (cross) with approximating function (line)

Łączna liczba wykonanych pomiarów profili prędkości w strefie przyociosowej dla przekroju 2 umożliwiała konstrukcję uśrednionego profilu prędkości. W celu przybliżenia zjawiska wykonano prostą średnią arytmetyczną wartości zmierzonych prędkości w poszczególnych punktach pomiarowych leżących na linii sondowania dla pomiarów A-F. W wyniku tej czynności otrzymano średni profil prędkości zaznaczony na rysunku 13 krzyżykami. Następnie, na podstawie znajomości przebiegu uśrednionej prędkości wykonano aproksymację profilu prędkości (linia ciągła), dla przedziału ufności 95%. Postać funkcji aproksymującej określonej z prawdopodobieństwem $p > 95\%$ dla przedziału odległości od ociosu wyrobiska $X = 0.15$ do 0.4 przedstawia się następująco: $Y = 0.73 \ln(X) + 4.0$.

Należy jednak zwrócić uwagę, że powyższa funkcja nie opisuje wprost profilu prędkości w omawianej strefie. Do pełnego wyznaczenia funkcji opisującej profil w strefie przyociosowej potrzebna jest znajomość wielkości związanych z opisem rozkładu wektora prędkości w układzie odniesienia U^+ , $\ln(X^+)$; (gdzie U^+ oznacza bezwymiarową prędkość, a X^+ bezwymiarową odległość od ociosu), z których najbardziej problematyczną jest wartość naprężeń stycznych na ociosie wyrobiska.

6. Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych rozkładów prędkości oraz intensywności turbulencji strugi powietrza w obszarach przyociosowych uzyskanych z pomiarów w przekroju 1 oraz w szczególności przekroju 2 (rysunki 11 oraz 12) można uznać, że optymalna odległość zainstalowania stacjonarnego anemometru, wchodzącego w skład kopalnianej sieci telemetrycznej, powinna być nie mniejsza niż 50 cm od ociosów i stropu wyrobiska. Należy równocześnie pamiętać o tym, że uzyskana z pomiarów odległość minimalna jest słuszną dla geometrii omawianego wyrobiska.

W przypadku innych przekrojów pomiarowych, każdorazowo podczas montażu anemometru stacjonarnego powinno się eksperymentalnie określać zasięg stref niższej wartości prędkości oraz podwyższonej wartości intensywności turbulencji. Ponieważ termooanemometryczne pomiary rozkładów składowych wektora prędkości oraz intensywności turbulencji prowadzone w warunkach ruchowych są bardzo kłopotliwe, należy opracować metodę umożliwiającą określenie optymalnej strefy rozmieszczenia przyrządu stacjonarnego na podstawie dokładnych pomiarów rozkładu prędkości średniej w obszarze przyociosowym. Pomiary te, pod pewnymi warunkami mogą być przeprowadzane anemometrami ręcznymi będącymi w posiadaniu kopalnianych służb wentylacyjnych.

Dodatkowo należy zauważyć, że pomiar małych prędkości (poniżej 0.15 m/s) klasycznymi przyrządami pomiarowymi stosowanymi w pomiarach górniczych należy uznać za bezwartościowy z uwagi na wysoką niepewność wyników uzyskanych dostępnymi przyrządami pomiarowymi.

Podziękowania

Autor pragnie podziękować zespołowi prof. dr. hab. inż. Pawła Ligęzy z Pracowni Metrologii Przepływu Instytutu Mechaniki Górotworu PAN za konstrukcję oraz adaptację wielokanałowego systemu termooanemometrycznego na potrzeby pomiarów kopalnianych.

Artykuł opracowano w ramach zadania badawczego nr 9 pt. „Wyznaczenie współczynnika korekcji pomiędzy automatycznym pomiarem prędkości powietrza a uśrednioną wartością prędkości mierzoną anemometrem ręcznym”,

projektu strategicznego pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”, finansowanego przez NCBiR

Literatura

1. *Jamróz P., Ligeza P., Socha K.*: Dynamic properties of hot-wire anemometric measurement circuits in the aspect of measurements in mine condition, Archives Of Mining Sciences, vol. 57, Issue 3, pp. 699-714, 2012.
2. *Krawczyk J., Janus J.*: Modeling of the Propagation of Methane from the Longwall Goaf, Performed by Means of a Two-Dimensional Description, Archives of Mining Sciences vol. 59, issue 4 (2014), pp 851-868. DOI: 10.2478/amsc-2014-0059.
3. *Krawczyk J., Janus J.*: The Numerical Simulation of a Sudden Inflow of Methane into the end Segment of a Longwall with Y-Type Ventilation System, Archives of Mining Sciences vol. 59 issue 4 (2014), pp 941-958. DOI: 10.2478/amsc-2014-0065.
4. *Krawczyk J.; Ligeza P.; Poleszczyk E., Skotniczny P.*: Advanced hot-wire anemometric measurement systems in investigation of the air flow velocity fields in mine headings, Archives of Mining Sciences Volume: 56 Issue: 4 Pages: 683-699, 2011.
5. *Kruczkowski J., Ostrogórski P., Janus J.*: Analiza ruchowej metody sprawdzania poprawności metrologicznej anemometrów stacjonarnych. Wybrane problemy eksploatacji pokładów węgla kamiennego ze szczególnym uwzględnieniem zagrożeń aerologicznych. Główny Instytut Górnictwa. Katowice 2014.
6. *Ligeza P.; Poleszczyk E.; Skotniczny P.*: Method and the system of spatial measurement of velocity field of air flow in a mining heading, Archives of Mining Sciences Volume: 54 Issue: 3 Pages: 419-440, 2009.

NACZELNY REDAKTOR

w zeszycie 1-2/2010 Przeglądu Górniczego, zwrócił się do kadr górniczych z zachętą do publikowania artykułów ukierunkowanych na wywołanie

POLEMIKI – DYSKUSJI.

Trudnych problemów, które czekają na rzetelną, merytoryczną wymianę poglądów – jest wiele! Od niej – w znaczącej mierze – zależy skuteczność praktyki i nauki górniczej w działaniach na rzecz bezpieczeństwa górniczego oraz postępu technicznego i ekonomicznej efektywności eksploatacji złóż.

Od naszego wysiłku w poszukiwaniu najlepszych rozwiązań – zależy przyszłość polskiego górnictwa!!!