

# Wyznaczenie wartości parametrów charakteryzujących turbulentny przepływ powietrza w pobliżu ociosu wyrobiska kopalnianego

PRZEMYSŁAW SKOTNICZNY, PIOTR OSTROGÓRSKI, JERZY KRAWCZYK, JAKUB JANUS

*Instytut Mechaniki Górotworu PAN; ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków*

## Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę przepływu powietrza w pobliżu ociosu wyrobiska górniczego prowadzonego w obudowie typu ŁP. Analiza została przeprowadzona na podstawie danych eksperymentalnych pochodzących z ulepszonego wielopunktowego systemu pomiarowego opartego na termooanemometrach trójwłóknowych. W zmodyfikowanym rozwiązaniu, system umożliwił pomiar zmienności składowych czasowych wektora prędkości w dowolnie długim przedziale czasu, z częstotliwościami próbkowania sięgającymi do 20 kHz na kanał (włókno). Ulepszone parametry akwizycyjne systemu umożliwiły otrzymanie pełniejszego obrazu turbulentnego przepływu powietrza. Omawiany w pracy eksperyment został przeprowadzony w obszarze przyociosowym wybranego wyrobiska Kopalni Doświadczalnej „Barbara”. Mierzono w punktach leżących w przekroju poprzecznym wyrobiska, usytuowanym w połowie szerokości łuku obudowy. Pomiar odbył się w warunkach ustabilizowanego przepływu powietrza wentylacyjnego, z wyłączeniem zakłóceń powodowanych przez normalny ruch kopalni. Podczas pomiarów zarejestrowano czasowe przebiegi zmienności składowych wektora prędkości w dwóch seriach składających się z 11 obserwacji sześćdziesięciosekundowych oraz dwie dłuższe – dziesięciominutowe.

**Słowa kluczowe:** przepływ powietrza, obszar przyociosowy, warstwa przyścienna w wyrobiskach górniczych, termooanemometr, obudowa ŁP, intensywność turbulencji, energia kinetyczna turbulencji.

## Wstęp

Dobrze zorganizowana sieć wentylacyjna kopalni umożliwia łatwe i bezpieczne kontrolowanie przepływu powietrza w wyrobiskach. Utrzymanie sieci wentylacyjnej sprowadza się do ciągłych modyfikacji jej struktury. Aby skutecznie i bezpiecznie modyfikować sieć konieczne jest dobre rozpoznanie zjawisk przepływowych tam zachodzących. Obserwację i rozpoznanie zjawisk można przeprowadzać drogą pomiaru. W tym celu wykorzystanie termooanemometrów trójwłóknowych pozwala na pomiar i identyfikację zjawisk w strefie przyociosowej. Jednak miejscowe pomiary nie dają pełnego obrazu zjawisk i trudno jest wnioskować drogą indukcji o całym wyrobisku, innych wyrobiskach w tej samej obudowie, czy wręcz uogólnić na wszystkie obudowy wyrobisk. Narzędziem pozwalającym na wysnuwanie ogólnych wniosków jest oprogramowanie CFD, dzięki któremu możliwe jest wykonanie obliczeń dla całego wyrobiska uzyskując dane w dodatkowych punktach dla których pomiar nie był wykonywany.

Wykorzystywanie technik termooanemometrycznych w metrologii górniczej z pewnością wprowadza dodatkowy walor poznawczy jak również docelowo wspomaga rozwój metod numerycznych wykorzystywanych do obliczania skomplikowanych przypadków przepływowych mających miejsce w wyrobiskach podziemnych. Jednak, należy pamiętać o tym że ze względu na trwałość sond termooanemometrycznych, termooanometrię można używać tylko w celach badawczych w kontrolowanych warunkach [Ligeza, 2017].

Przedstawione w artykule wyniki badań eksperymentalnych stanowią kontynuację badań przeprowadzonych w kopalni węgla kamiennego podczas jej normalnego ruchu [Skotniczny i Ostrogórski, 2018]. Zauważona wówczas możliwość wystąpienia przepływów niestacjonarnych, spowodowała konieczność wykonania zmian w torze pomiarowym, jak również w procedurach oprogramowania służącego do obli-

czeń. Celem badań było określenie wartości parametrów charakterystycznych dla przepływu turbulentnego w strefie przyociosowej wyrobiska. Wstępnie szacowano zwiększenie czasu pojedynczego pomiaru do około 20 s przy częstotliwości próbkowania przynajmniej 1 kHz [Skotniczny i Ostrogórski, 2018].

## Opis aparatury pomiarowej

Do pomiarów wykorzystano opisywany wcześniej wielokanałowy system termooanemometryczny [Krawczyk i in., 2011; Skotniczny i Ostrogórski, 2018]. Widok głównego modułu pomiarowego zaprezentowano na rysunku 1a, z kolei widok sondy termooanemometrycznej trójwłóknowej zaprezentowano na rysunku 1b. Omawiane w bieżącym artykule dane zostały pozyskane z pomiarów zestawem czterech czujników termooanemometrycznych, trójwłóknowych (Rys. 3b), umożliwiających współczesne pomiary wielkości turbulentnych w czterech założonych punktach.



a)



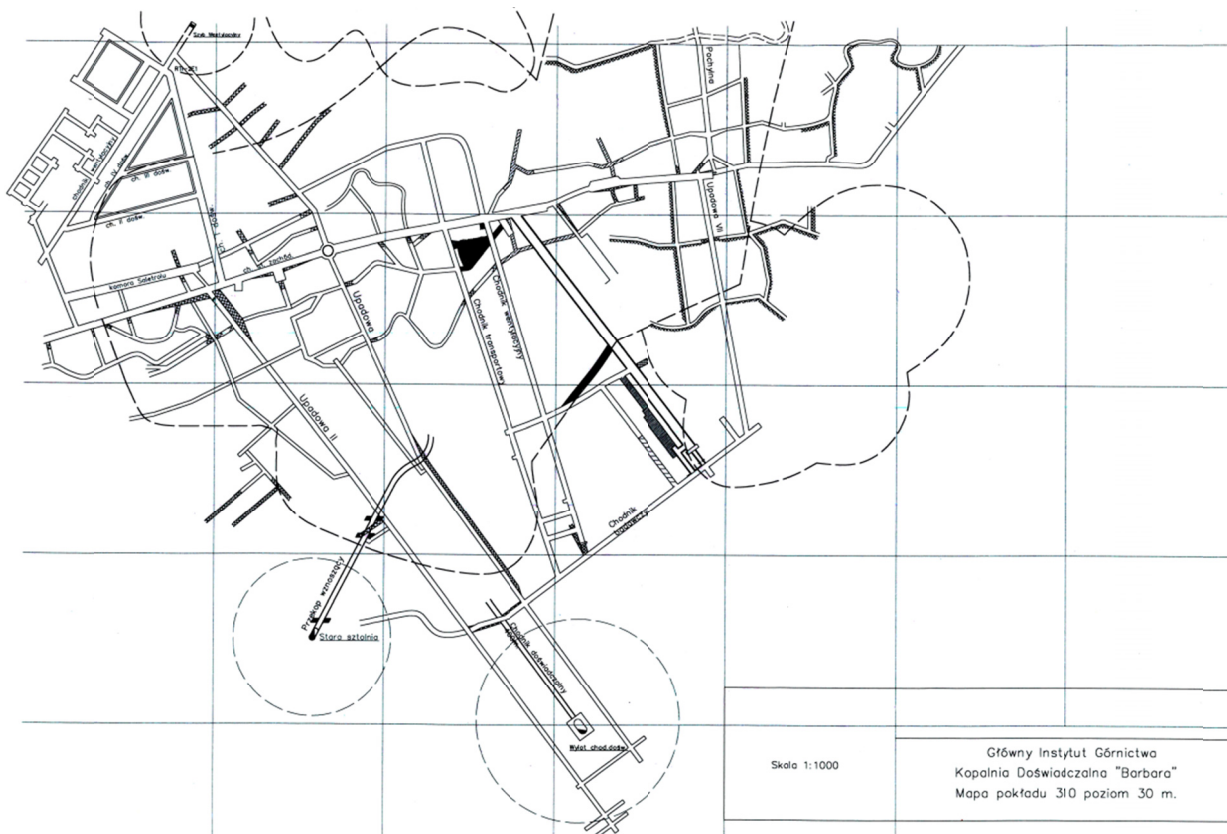
b)

Rys. 1. Wielokanałowy system termooanemometryczny a) wraz z sondą termooanemometryczną trójwłóknową b)

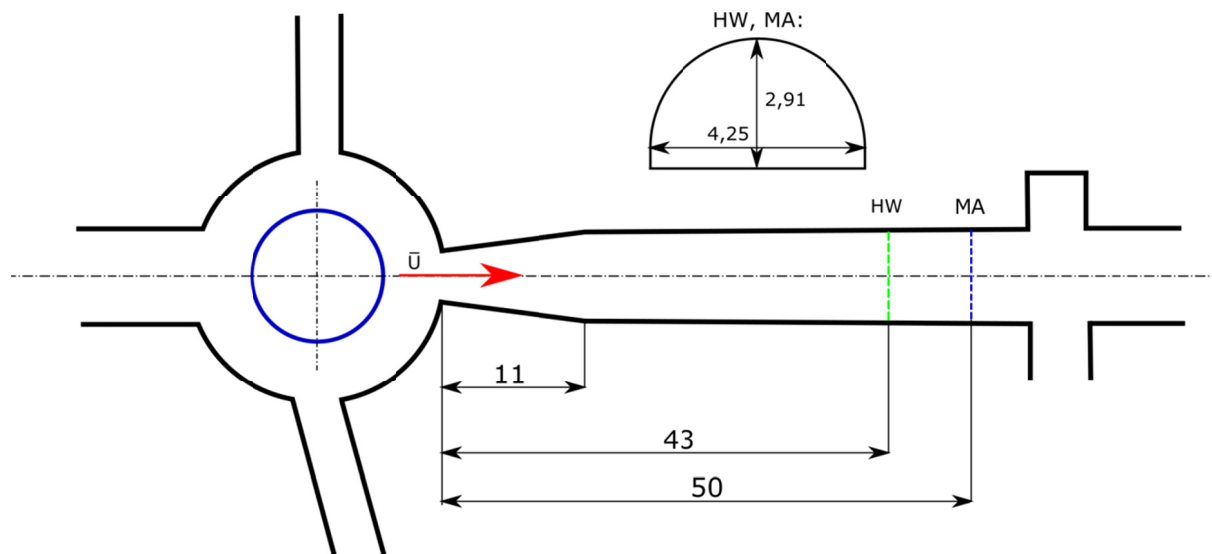
W stosunku do poprzedniego rozwiązania [Skotniczny i Ostrogórski, 2018], w bieżącym systemie została zaimplementowana nowa procedura akwizycji danych pomiarowych umożliwiająca gromadzenie danych ze znacznie dłuższego odcinka czasu. Obecnie, oprogramowanie pomiarowe umożliwia pełne wykorzystanie możliwości zastosowanej w układzie karty pomiarowej, dyskretyzując przebiegi czasowe składowych wektora prędkości z częstotliwością do 20 kHz na każdy kanał pomiarowy. System umożliwia akwizycję długich przebiegów, a opracowane na nowo oprogramowanie na analizę dużych zbiorów danych. W krótkim czasie możliwe jest przeprowadzenie podstawowej analizy danych z przebiegów o długości 10 min z maksymalną częstotliwością 20 kHz dla każdego z dwunastu kanałów.

## Miejsce i sposób wykonania pomiarów

Omawiane w bieżącym artykule pomiary zostały wykonane w Kopalni Doświadczalnej „Barbara”, na poziomie 30. Mapa pokładowa z zaznaczonym miejscem, w którym zostały zlokalizowane przekroje pomiarowe znajduje się na rysunku 2. Tym razem, zdecydowano się na wprowadzenie kontroli pomiarów termooanemometrycznych za pomocą zestawu anemometrów skrzydełkowych MA, umiejscowionych w przekroju znajdującym się w odległości 7 m od przekroju, w którym mierzono rozkłady wielkości turbulentnych za pomocą zestawu czterech termooanemometrów. Szkic sytuacyjny przekrojów pomiarowych MA (z zabudowaną kolumną z anemometrami MA), oraz HW (w którym odbywały się pomiary termooanemometryczne) zamieszczono na rysunku 3.



Rys. 2. Mapa poziomu 30 KD Barbara (źródło: materiały KD „Barbara”)

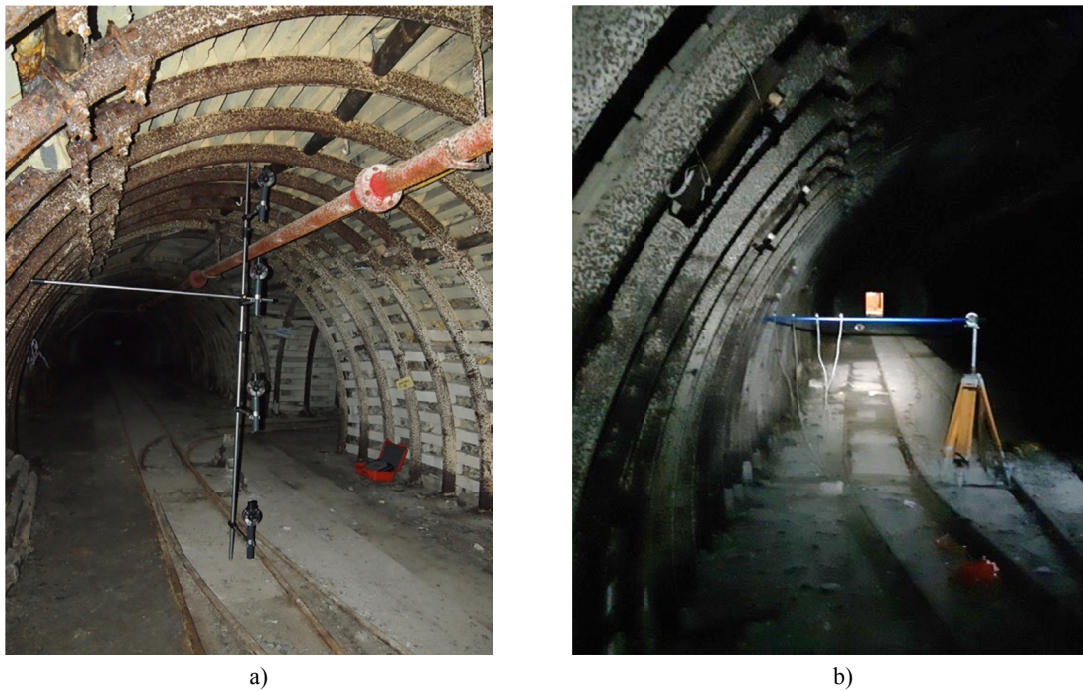


Rys. 3. Szkic usytuowania przekrojów pomiarowych HW i MA w wyrobisku

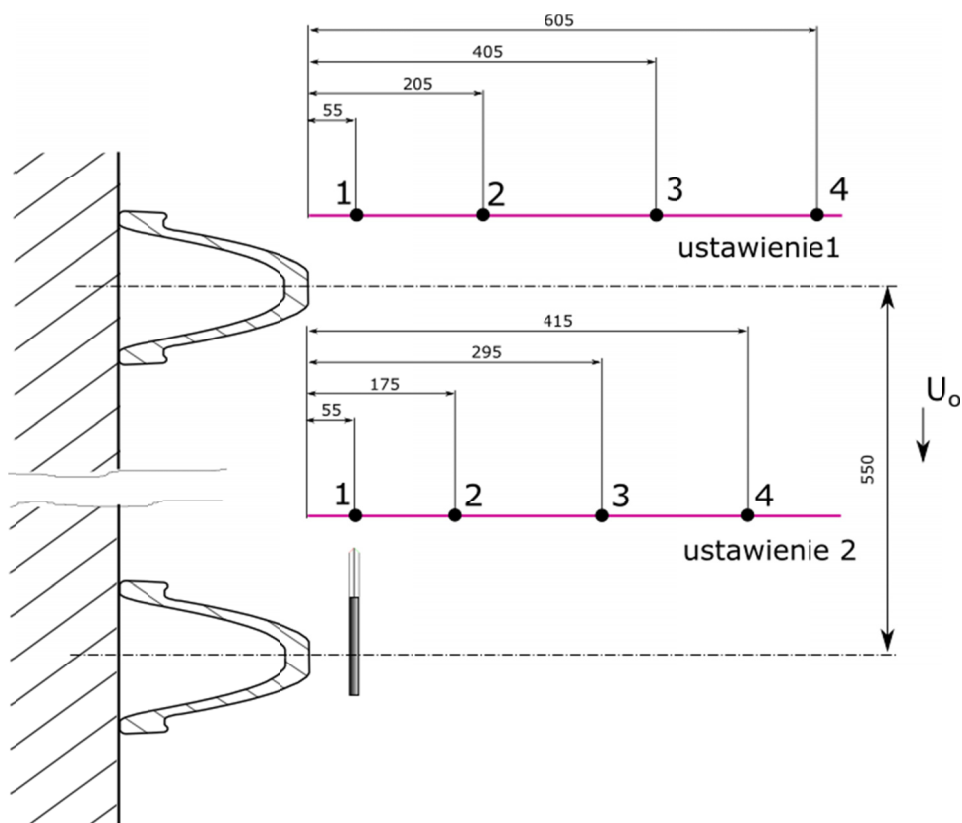
Widok przekroju MA z zabudowaną kolumną anemometryczną przedstawiono na rysunku 4a, z kolei rysunku 4b przedstawia widok przekroju HW z rozłożonym stanowiskiem pomiarowym.

Podczas pomiarów wykonano dwie serie pomiarowe dla dwóch ustawień czujników termooanemometrycznych na linii sondowania (Rys. 5).

Zaprezentowane na rysunku 5 linie sondowania zarówno w przypadku ustawienia 1 jak i ustawienia 2 były usytuowane prostopadłe do kierunku przepływu powietrza wentylacyjnego i przechodziły przez oś symetrii łuku obudowy. Na rysunku 5 zaznaczono również rozmieszczenie punktów pomiarowe na linii sondowania wykorzystywanej podczas pomiaru w ustawieniu 1 jak i w ustawieniu 2. Obie serie pomiarowe (ustawienie 1 i ustawienie 2) składały się z zestawu 11, jednoczasowych rejestracji zmienności wartości



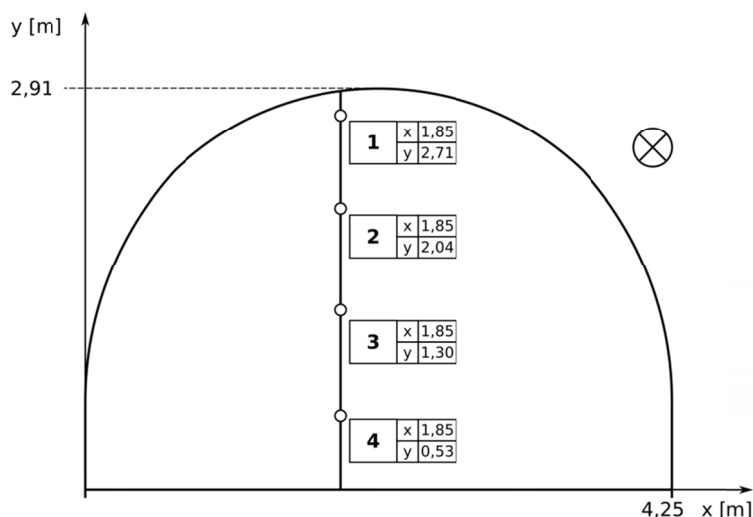
Rys. 4. Zabudowanie przyrządów w a) przekroju MA b) przekroju HW



Rys. 5. Rozkład czujników termooanemometrycznych na dwóch liniach sondowania (ustawienie 1 oraz ustawienie 2)

prędkości fluktuacji  $u_i$ , ( $i = 1, 2, 3$ ), oraz dwóch realizacji dziesięciominutowych dla ustalonych warunków przepływowych. Maksymalna prędkość w omawianym wyrobisku  $U_{MAX}$  wynosiła 2 m/s.

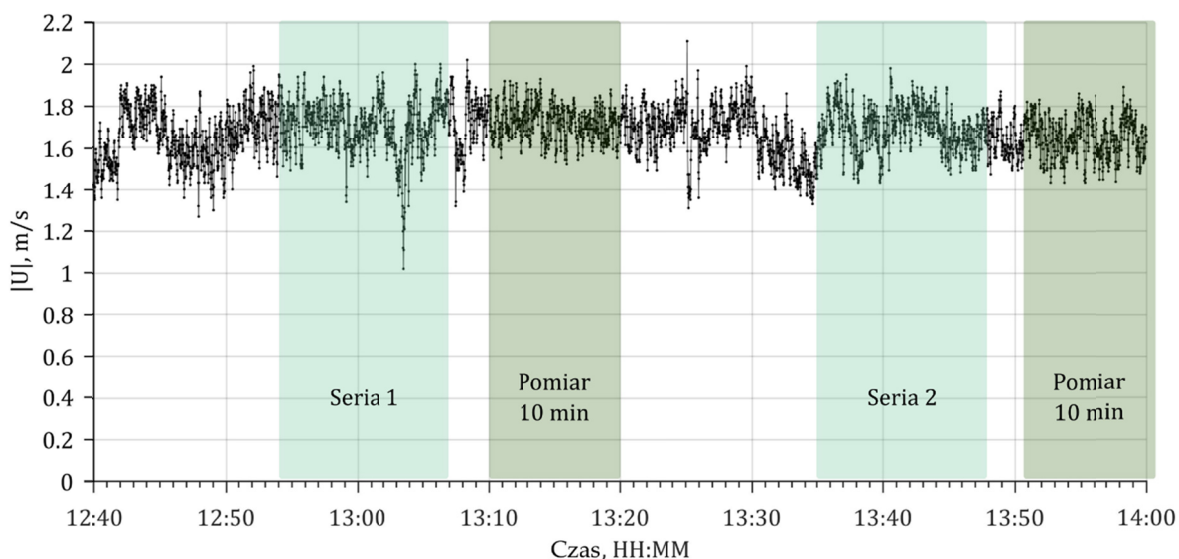
Rozmieszczenie anemometrów w przekroju MA zaprezentowano na rysunku 6. Rozmieszczone w tym przekroju przyrządy pracowały przez cały czas trwania pomiarów w przekroju HW, rejestrując dane dotyczące zmienności wartości wektora prędkości z częstotliwością 1 Hz.



Rys. 6. Rozmieszczenie czujników anemometrycznych w przekroju MA

## Wyniki

W pierwszej kolejności analizowano dane z anemometrów skrzydełkowych służących do kontroli stanu ustalonego przepływu oraz ciągłej rejestracji prędkości powietrza podczas całego czasu wykonywania eksperymentów. Rejestracje pozwalają określić, czy wystąpiła istotna zmiana prędkości przepływu powietrza przez wyrobisko [Ostrogórski, 2016].

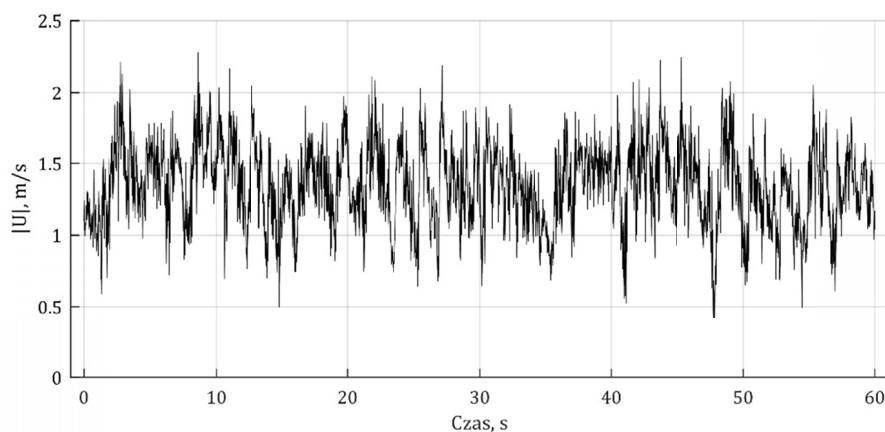


Rys. 7. Zmiany wartości wektora prędkości zmierzone za pomocą anemometru MA1

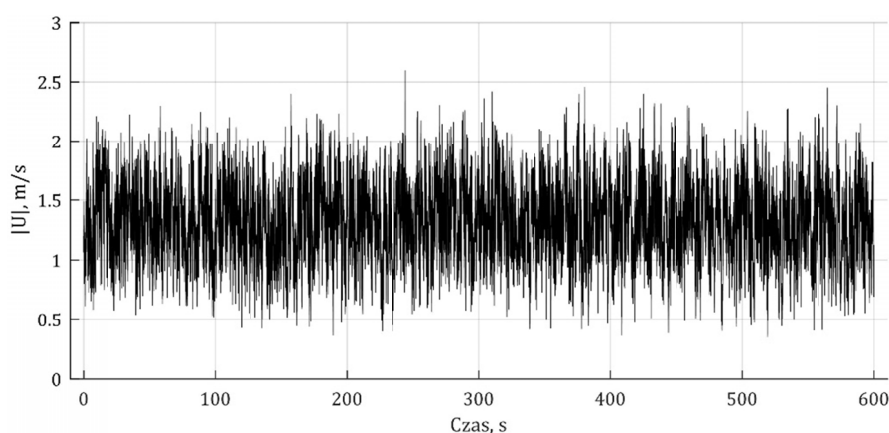
Na wykresie przedstawionym na rysunku 7 zaprezentowano przebieg zmian wartości wektora prędkości w czasie, zmierzonego za pomocą anemometru MA1. Dane z anemometru MA1 cechują się najmniejszym wpływem eksperymentatorów, gdyż przyrząd umieszczony był najwyżej – na wysokości 2,7 m.

Tab. 1. Statystyka U z pomiaru anemometrem MA1

Liczba próbek	4921
Średnia	1,49
Odchylenie standardowe	0,120
<b>Minimum</b>	<b>1,04</b>
<b>Maximum</b>	<b>1,86</b>
Rozstęp	0,820



Rys. 8. Wykres prędkości z termooanemometru 1, pomiar nr 5 z serii w ustawieniu 1



Rys. 9. Wykres prędkości z termooanemometru 1, pomiar dziesięciominutowy w ustawieniu 1

Na podstawie uzyskanych przebiegów czasowych wykonano szereg obliczeń statystycznych, umożliwiających ocenę charakteru turbulentnego przepływu powietrza w strefie przyociosowej omawianego wyrobiska.

Wyznaczenie wartości intensywności turbulencji odbyło się na podstawie zależności:

$$T = \frac{\sqrt{\frac{1}{3}(\overline{u_1^2} + \overline{u_2^2} + \overline{u_3^2})}}{\overline{U}}$$

Wartości składowych tensora naprężeń Reynoldsa oraz wartości energii kinetycznej turbulencji wyznaczane są jako współczesowe, punktowe korelacje prędkościowe.

Niediagonalne składowe tensora naprężeń określają wartość turbulentnych naprężeń stycznych. W przypadku dyskretnego przebiegu sygnału, charakterystycznego dla danych pomiarowych, obliczane są z następującej zależności:

$$\overline{u_i u_j} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (U_{ik} - \overline{U}_i)(U_{jk} - \overline{U}_j) \quad (1)$$

gdzie:

$$i = \{1, 2, 3\},$$

$$j = \{1, 2, 3\},$$

$$k = 1-N, (N - \text{liczba obserwacji w próbce}),$$

$u_i$  – prędkość fluktuacyjna odpowiedniej składowej,

$\overline{U}_i$  – prędkość średnia odpowiedniej składowej w punkcie,

$U_i$  – prędkość chwilowa.

Ponieważ tensor naprężeń turbulentnych jest tensorem symetrycznym o sześciu, na ogół nierównych składowych, dlatego obliczano jedynie korelacje  $u_1u_2, u_1u_3, u_2u_3$ , które w pełni określają turbulencje styczne w danym punkcie pomiarowym.

Składowe diagonalne, czyli naprężenia normalne przypadające na jednostkę masy przepływającego płynu, określane są jako punktowe korelacje prędkościowe i wyznaczone ze wzoru:

$$\overline{u_i^2} = \overline{u_i u_i} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (U_{ik} - \overline{U_i})(U_{ik} - \overline{U_i}) \quad (2)$$

$$i = \{1, 2, 3\},$$

$$k = 1-N, (N - \text{liczba obserwacji w próbce}),$$

$u_i$  – prędkość fluktuacyjna odpowiedniej składowej,

$\overline{U_i}$  – prędkość średnia odpowiedniej składowej w punkcie,

$U_i$  – prędkość chwilowa.

Energia kinetyczna turbulencji przypadająca na jednostkę masy przepływającego powietrza, jest zależna od naprężeń normalnych może być wyznaczona z zależności:

$$e = \frac{1}{2} (\overline{u_1^2} + \overline{u_2^2} + \overline{u_3^2}) \quad (3)$$

Tab. 2. Wyniki obliczeń, ustawienie 1

Nr pomiaru	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>4</sub>
1	1,26	1,55	1,94	2,02	20,4	14,5	11,0	10,5	0,0992	0,0757	0,0686	0,0669
2	1,28	1,53	1,94	2,02	20,2	15,5	11,2	9,5	0,1000	0,0845	0,0709	0,0557
3	1,29	1,56	1,97	2,04	20,5	14,7	10,7	9,0	0,1051	0,0791	0,0666	0,0507
4	1,35	1,59	1,97	2,04	18,7	14,0	10,0	9,0	0,0961	0,0739	0,0588	0,0502
5	1,22	1,44	1,88	1,99	21,2	16,6	12,1	10,3	0,1005	0,0862	0,0782	0,0622
6	1,31	1,57	1,91	1,96	17,9	13,7	10,8	9,5	0,0827	0,0692	0,0641	0,0526
7	1,31	1,55	1,94	1,99	18,5	13,6	10,4	9,9	0,0872	0,0667	0,0609	0,0585
8	1,28	1,54	1,93	2,02	20,6	15,1	10,4	8,7	0,1053	0,0810	0,0611	0,0462
9	1,25	1,51	1,94	1,99	19,4	14,4	9,7	9,2	0,0883	0,0716	0,0533	0,0502
10	1,28	1,55	1,92	1,98	19,0	14,3	10,3	9,5	0,0884	0,0731	0,0585	0,0527
11	1,33	1,56	1,93	2,00	18,9	14,4	11,1	9,8	0,0956	0,0750	0,0689	0,0570

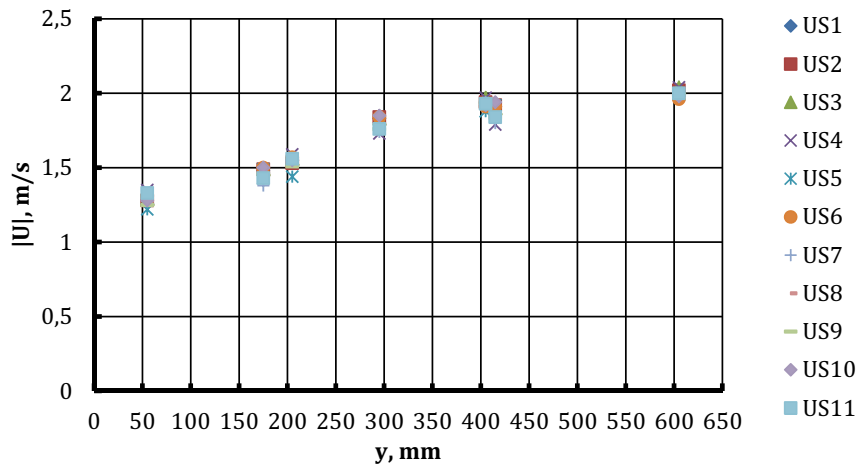
Tab. 3. Wyniki obliczeń, ustawienie 2

Nr pomiaru	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>4</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	e <sub>1</sub>	e <sub>2</sub>	e <sub>3</sub>	e <sub>4</sub>
1	1,28	1,48	1,83	1,91	19,5	15,5	12,8	11,9	0,0937	0,0788	0,0819	0,0779
2	1,31	1,49	1,84	1,92	20,1	15,9	12,5	11,2	0,1031	0,0841	0,0791	0,0691
3	1,26	1,49	1,83	1,90	19,0	14,9	11,7	11,4	0,0865	0,0737	0,0687	0,0699
4	1,26	1,43	1,73	1,79	18,7	16,1	13,4	12,5	0,0835	0,0798	0,0805	0,0745
5	1,29	1,49	1,82	1,92	19,5	15,1	12,7	11,2	0,0943	0,0753	0,0808	0,0697
6	1,28	1,50	1,84	1,91	19,6	14,5	12,2	11,3	0,0939	0,0711	0,0757	0,0704
7	1,22	1,38	1,74	1,80	19,7	16,5	13,5	13,2	0,0863	0,0780	0,0831	0,0852
8	1,29	1,45	1,79	1,86	18,2	15,1	12,3	11,3	0,0819	0,0719	0,0722	0,0663
9	1,25	1,46	1,76	1,84	20,2	15,3	13,0	12,4	0,0957	0,0747	0,0783	0,0783
10	1,31	1,50	1,85	1,94	19,7	15,7	12,6	11,6	0,0995	0,0836	0,0824	0,0759
11	1,22	1,43	1,76	1,84	20,4	15,9	12,8	11,7	0,0925	0,0772	0,0761	0,0699

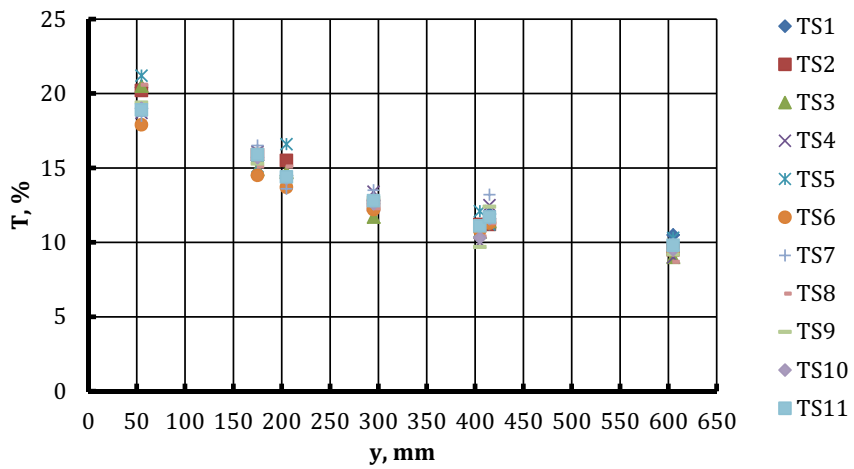
Wykresy przedstawiające zmienność wartości modułu prędkości, intensywności turbulencji, oraz energii kinetycznej turbulencji zamieszczono odpowiednio na rysunkach 6a, b, oraz c.

Dla danych (Tab. 2 i Tab. 3) przedstawionych na wykresach (Rys. 6) wykonano testy statystyczne Shapiro-Wilka oraz obliczono wielkości statystyki opisowej.

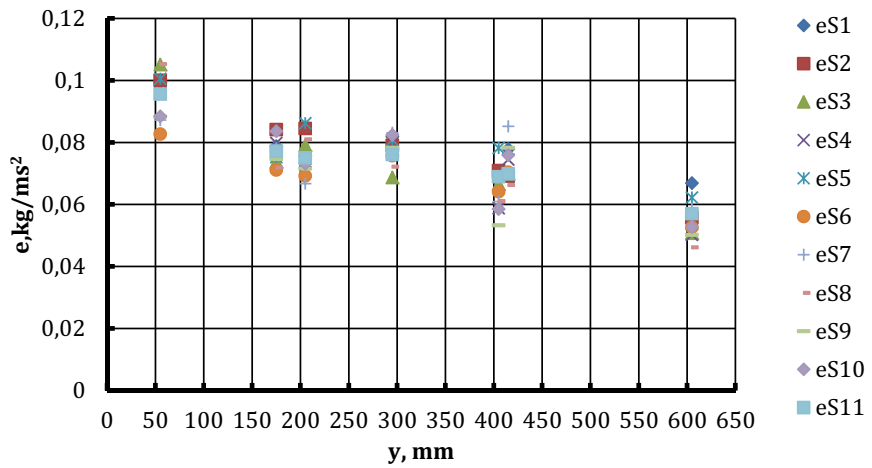
- H0: Próba pochodzi z populacji o rozkładzie normalnym
- H1: Próba nie pochodzi z populacji o rozkładzie normalnym.



a)



b)



c)

Rys. 6. Wykresy zmienności wartości modułu prędkości a), intensywności turbulencji b) oraz energii kinetycznej turbulencji dla ustawienia 1 oraz ustawienia 2

obliczamy wartość statystyki testowej:

$$W = \frac{\left[ \sum_{i=1}^{n/2} a_{n-1+i} (x_{n-1+i} - x_{(i)}) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

$n$  – liczba obserwacji w próbce



- $x(i)$  – uporządkowany rosnąco ciąg wartości badanej zmiennej  
 $a_{n-i+1}$  – odczytujemy ze specjalnych tablic współczynników a dla testu normalności Shapiro-Wilka jeżeli wartość  $p$ -value odczytana dla wyliczonej wartości  $W$ :  $p$ -value  $> a$  (poziomu ufności) – wtedy brak podstaw do odrzucenia hipotezy  $H_0$ .

Poniżej przedstawiono wyniki testu Shapiro-Wilka dla wartości średnich prędkości wyznaczonych z 11 serii pomiarowych.

Tab. 4. Test Shapiro-Wilka na rozkład normalny dla  $U$  z 11 pomiarów, seria 1

	Statystyka W	$p$ -Value
$U_1$	0,9812	0,967
$U_2$	0,8276	0,023
$U_3$	0,9153	0,268
$U_4$	0,9386	0,483

Dla termooanemometri nr 2 w serii pierwszej nie zostały spełnione warunki normalności rozkładu wg testu Shapiro-Wilka. Pozostałe wyniki miały rozkład normalny.

Tab. 5. Statystyki  $U$  z 11 pomiarów, seria 1

	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$
Średnia	1,287	1,541	1,934	2,0046
Odchylenie standardowe	0,0369	0,0394	0,0254	0,0254
<b>Minimum</b>	<b>1,22</b>	<b>1,44</b>	<b>1,88</b>	<b>1,96</b>
<b>Maksimum</b>	<b>1,35</b>	<b>1,59</b>	<b>1,97</b>	<b>2,04</b>
Skośność	-0,9667	-2,441	-0,7361	-0,1235
Kurtoza	0,0115	2,942	0,7920	-0,520

Skośność i kurtoza, wyrażana współczynnikiem ekscesu ( $Ex = Ku - 3$ ), były w normie dla termooanemometrów o numerach 1,3,4, natomiast dla termooanemometru nr 2 wartości przekroczyły dopuszczalną granicę.

Tab. 6. Test Shapiro-Wilka na rozkład normalny dla  $U$  z 11 pomiarów, seria 2

	Statystyka W	$p$ -Value
$U_1$	0,9237	0,3348
$U_2$	0,8658	0,0679
$U_3$	0,8796	0,10047
$U_4$	0,9019	0,187

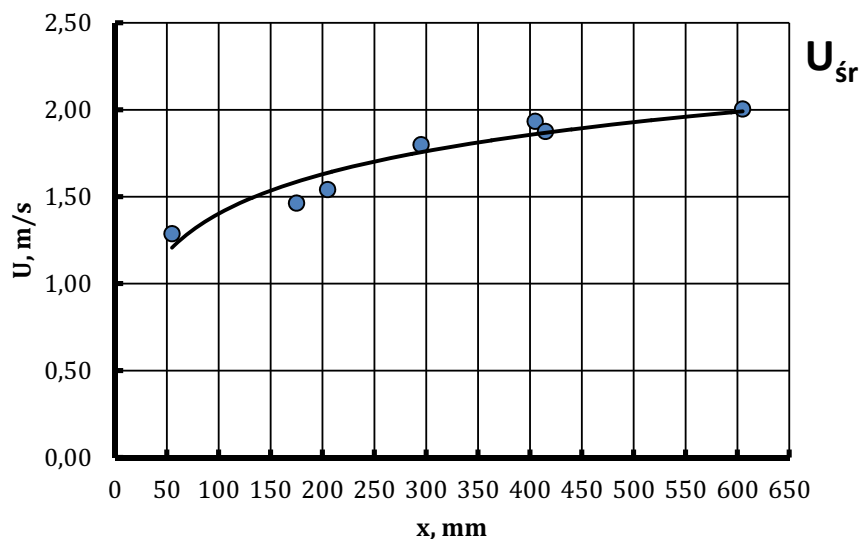
W przypadku drugiej serii wyniki z wszystkich termooanemometrów wskazały na brak podstaw do odrzucenia hipotezy  $H_0$  – o rozkładnie normalnym.

Tab. 7. Statystyki  $U$  z 11 pomiarów, seria 2

	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_4$
Średnia	1,273	1,464	1,799	1,875
Odchylenie standardowe	0,03131	0,03802	0,04437	0,05183
<b>Minimum</b>	<b>1,22</b>	<b>1,38</b>	<b>1,73</b>	<b>1,79</b>
<b>Maksimum</b>	<b>1,31</b>	<b>1,50</b>	<b>1,85</b>	<b>1,94</b>
Skośność	-0,6149	-1,5304	-0,6047	-0,7169
Kurtoza	-0,4765	0,5381	-1,0925	-0,8030

Procedura obliczeniowa została powtórzona dla pozostałych zmierzonych wartości turbulencji  $T$  oraz energii kinetycznej turbulencji  $e$ .

Dla wartości średnich z serii wykreślono krzywe logarytmiczne aproksymujące kształt profilu prędkości w warstwie przyociosowej (Rys. 7) oraz zmianę intensywności turbulencji w funkcji odległości od ociosu (Rys. 8).



Rys. 7. Zmiana prędkości powietrza w strefie przyociosowej wyrobiska w obudowie ŁP

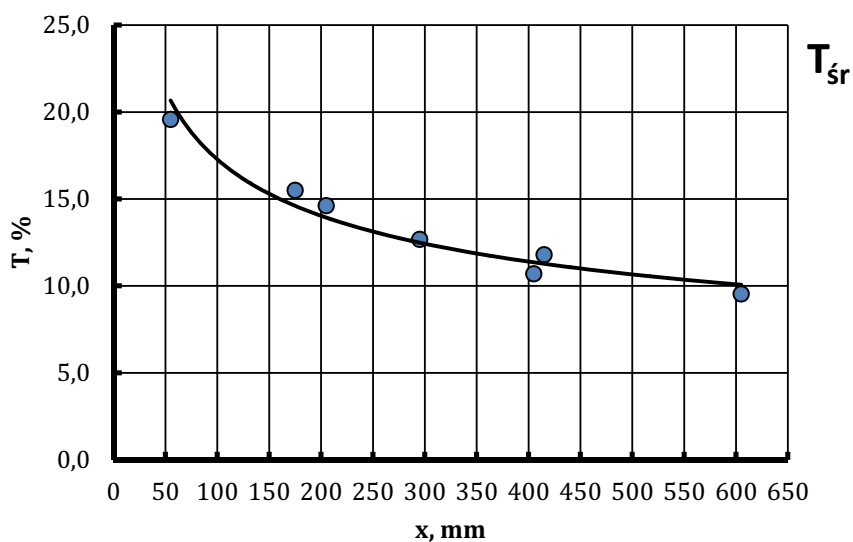
Funkcja aproksymująca:

$$y = A \cdot \ln(x) + B \quad (5)$$

Tab. 8. Współczynniki aproksymacji dla kolejnych pomiarów w serii

Numer pomiaru	A	B
1	0,317	0,726
2	0,306	0,763
3	0,318	0,734
4	0,289	0,796
5	0,312	0,715
6	0,292	0,801
7	0,301	0,732
8	0,301	0,760
9	0,308	0,721
10	0,299	0,787

Współczynniki funkcji aproksymującej miały niewielki rozrzut, którego wielkość  $3\sigma$  dla współczynnika A wyniosła 0,0280 i składnika B wyniosła 0,0921.



Rys. 8. Zmianę intensywności turbulencji w funkcji odległości od ociosu

## Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzono eksperymenty wskazujące na charakter i zachowanie się strugi powietrza w strefie przyociosowej wyrobiska górniczego. Zadbano szczególnie do warunki przeprowadzania eksperymentów zapewniając brak ruchu załogi kopalni i minimalizując wpływ eksperymentatorów. Ponadto monitorowano prędkość powietrza w dodatkowych punktach poza przekrojem pomiarowym, pozwoliło to upewnić się, że podczas wykonywania eksperymentów systemem termoanemometrycznym nie zachodziły zmiany powodujące naruszenie warunku stacjonarności pomiaru. Wyniki potwierdziły logarytmiczny charakter zmiany prędkości wraz z oddalaniem się od ociosu. Jednocześnie intensywność turbulencji malała, czego główną przyczyną jest rosnąca prędkość średnia, prędkość odniesienia. Szczególnie jest to widoczne w pomiarach z pierwszej serii, gdzie odchylenie standardowe dla termoanemometrów nr. 3 i 4 było mniejsze od pozostałych, znajdujących się bliżej ociosu. W drugiej serii tendencja odchylenia standardowego była rosnąca wraz z odległością od ociosu, co przekłada się na osłabienie tendencji spadkowej intensywności turbulencji.

W dalszych badaniach planowane jest lepsze, łatwiejsze i bardziej powtarzalne ustawienie czujników na szynie pomiarowej. Pozwoli to na wykonywanie większej liczby serii pomiarowych oraz da możliwość łatwego powrotu do poprzedniego ustawienia. Takiej potrzebie odpowiada konstrukcja nowej szyny pomiarowej umieszczanej na statywie oraz posiadającej możliwość zdalnego sterowania położeniem sond termoanemometrycznych.

Składamy wyrazy szacunku i podziękowania pracownikom Kopalni Doświadczalnej Barbara za umożliwienie przeprowadzenia badań.

Artykuł powstał w ramach prac statutowych Instytutu Mechaniki Górniczej Polskiej Akademii Nauk.

## Literatura

- Krawczyk J., Ligęza P., Poleszczyk E., Skotniczny P., 2011: *Advanced Hot-Wire Anemometric Measurement Systems in Investigation of the Air Flow Velocity Fields in Mine Headings*. Arch. Min. Sci. **56**, 683-699.
- Skotniczny P., Ostrogórski, P., 2018: *Three-Dimensional Air Velocity Distributions in the Vicinity of a Mine Heading's Sidewall*. Arch. Min. Sci. **63**, 335-352. <https://doi.org/10.24425/122451>
- Ligęza P., 2017: *Badania modelowe zależności pasma przenoszenia anemometru stalotemperaturowego od współczynnika nagrzania włókna oraz wartości średniej prędkości przepływu*. Pr. Inst. Mech. Górniczej Pol. Akad. Nauk **19**, 25-34.
- Ostrogórski P., 2016: *Detekcja nagłych zmian w przebiegu strumienia objętości mierzonych przy użyciu Systemu Wielopunktowego Pomiaru Pola Prędkości*. Pr. Inst. Mech. Górniczej Pol. Akad. Nauk **18**, 57-62.

## Determination and acquisition of parameters which characterise the turbulent flow in vicinity of sidewall in deep coal mine

### Abstract

The paper describes air flow analysis form data gattered in the vicinity of a mine heading's sidewall. Analysis was built upon experimental data which was acquired from updated multi point system. System consists of 3D-wire thermoanemometers. In modified solution the system was enhanced for better frequency sampling 20 kHz per wire, what it allowed to measure velocity vector components in much better quality. Updated acquisition parameters helped us to get wider spectrum of turbulent phenonena in the air flow.

The experiment was prepared and run in KD Barbara experimental mine. The measurements was carried out in horizontal line in a cross section through arch of LP-type arch support. During the measurements the air flow was stabilized, excluding interference flows from normal work of mine. Eleven observations for 1 minute and two observations for 10 minutes was acquired.

**Keywords:** air flow, vicinity of sidewall, thermoanemometr, boundary layer in the mine drift, LP-type support, intensity of turbulence, kinetic energy of turbulence