

*Zbigniew Kuczera**

WPŁYW ZMIANY LOKALIZACJI CHŁODNICY POWIETRZA NA WARUNKI KLIMATYCZNE W WYROBISKU PRZODKOWYM**

1. Wprowadzenie

Wydobycie węgla kamiennego w Polsce w czasie dużego zapotrzebowania na surowce energetyczne wiąże się z udostępnianiem nowych, coraz to niżej залегаjących pokładów węgla. Robotom przygotowawczym i eksploatacyjnym na dużych głębokościach towarzyszy wzrost zagrożeń naturalnych. Jednym z nich jest zagrożenie klimatyczne.

Na zagrożenie klimatyczne w wyrobiskach górniczych wpływają w głównej mierze takie czynniki, jak [4–11]:

- temperatura skał,
- temperatura urobku,
- procesy utleniania,
- przemiana energii w maszynach,
- parowanie wody z górotworu,
- parowanie wody z otwartych źródeł wilgoci,
- natężenie objętościowe przepływającego powietrza,
- ciśnienie powietrza,
- stosowanie powietrza sprężonego.

Koncentracja wydobywania i związana z nią mechanizacja procesów urabiania i transportu węgla powoduje pogorszenie warunków klimatycznych, szczególnie w wyrobiskach przodkowych.

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** Artykuł wykonano w ramach pracy własnej nr 10.10.100.128

Wentylacja lutniowa ma za zadanie zapewnić górnikom pracującym w tych wyrobiskach właściwy stan atmosfery, ze względu na [1, 2, 3, 6]:

- niskie stężenie zanieczyszczeń gazowych i pyłowych,
- odpowiednią ilość tlenu,
- odprowadzenie powietrzem nadmiaru wydzielającego się ciepła i wilgoci.

Aby zapewnić właściwe warunki klimatyczne (temperaturę, wilgotność i prędkość przepływającego powietrza), zgodne z przepisami bhp w miejscu pracy załogi górniczej, stosuje się intensywne przewietrzanie. Coraz częściej to nie wystarcza, bądź nie jest możliwe ze względów technicznych lub wentylacyjnych i wymusza stosowanie urządzeń klimatyzacyjnych.

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu lokalizacji chłodnicy powietrza w pomocniczym lutniociągu tłoczącym na warunki klimatyczne (temperaturę suchą, wilgotność właściwą i względną powietrza) panujące w wyrobisku przodkowym.

2. Opis obiektu badań

2.1. Charakterystyka obiektu badań pod kątem geologiczno-górnictwem

Badania zostały przeprowadzone w drażonym wyrobisku korytarzowym (upadowa I-S, chodniku badawczy i upadowa badawcza na poziomie 720 w pokładzie 407/4) w KWK „Staszic” — rysunek 1. Przekrój wyrobiska wynosił 18 m², a docelowa długość około 1430 m. Temperatura pierwotna górotworu wynosiła 32°C.

Wyrobisko przodkowe przewietrzane było zasadniczym lutniociągami ssącym i zastosowanym w celu poprawy warunków klimatycznych krótkim pomocniczym lutniociągami tłoczącym z zabudowaną chłodnicą powietrza o działaniu bezpośrednim.

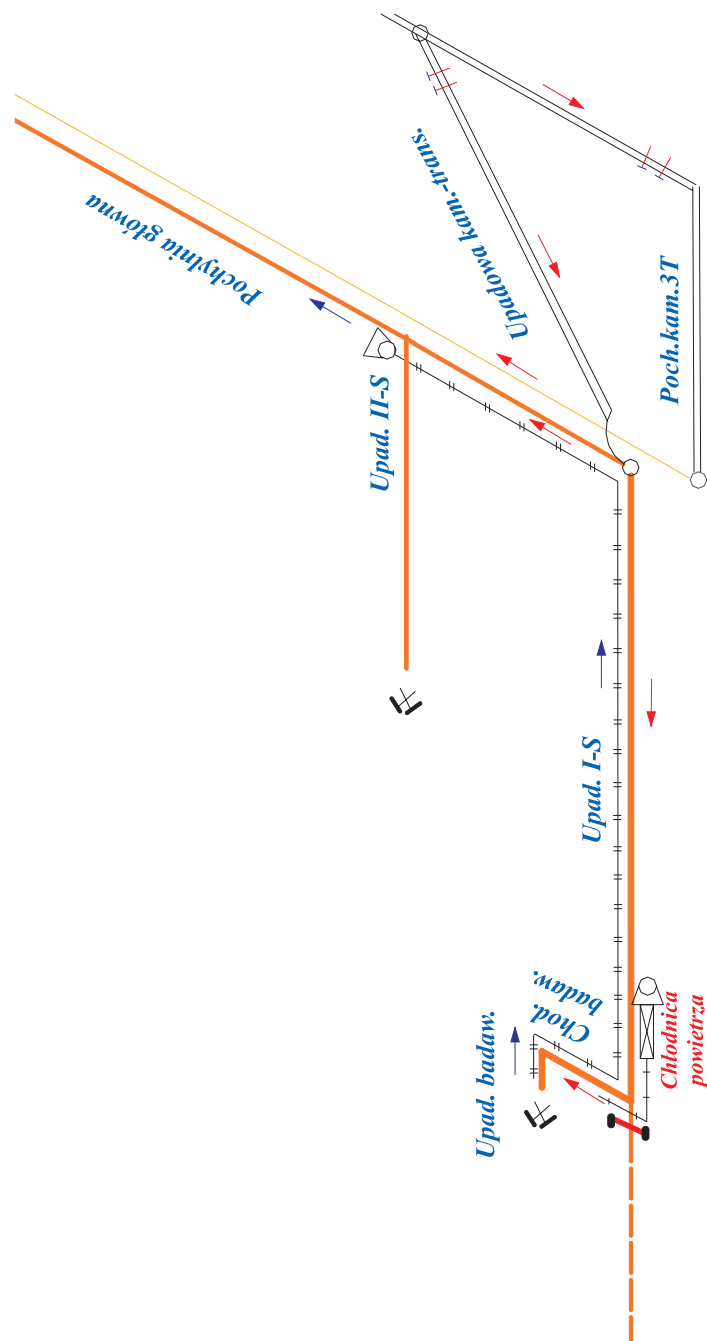
Świeże powietrze doprowadzone było do przodka lutnią spiro o średnicy 1 m i od współrzędnej bieżącej wyrobiska wynoszącej 600 m — lutnią zbrojoną o średnicy 0,8 m.

W lutniociągu ssącym zastosowano połączenie szeregowo dwóch wentylatorów WLE-SIGMA, które w punkcie pracy charakteryzowała wydajność około 600 m³/min i ciśnienie 5100 Pa. W pomocniczym lutniociągu tłoczącym o średnicy lutni elastycznej 0,6 m pracował wentylator WLE-1003B oraz chłodnica powietrza TS-350/1.

Lokalizacja chłodnicy powietrza względem czoła przodka wraz z drażeniem wyrobiska ulegała zmianie, ostatecznie z miejsc zabudowy chłodnicy TS-350/1 zostało przedstawione na rysunku 1.

Wyrobiska prowadzone były w pokładzie węgla 407/4, który zaliczony został przez OUG w Katowicach do [12]:

- II kategorii zagrożenia metanowego,
- B klasy zagrożenia wybuchem pyłu węglowego,
- I i III stopnia zagrożenia wodnego,
- III grupy samozapalności węgla,
- pokładów nietąpionych.



Rys. 1. Schemat ideowy regionu upadowej I-S, chodnika badawczego i upadowej badawczej w pokładzie 407/4 na poziomie 720

Warunki geologiczne w rejonie badanego wyrobiska są następujące [12]:

- upadowa I-S prowadzona jest w pokładzie 407/4 na głębokości od ok. 730 do ok. 830 m;
- upad warstw w rejonie tego wyrobiska skierowany jest na południowy-zachód pod kątem $2\div 3^\circ$;
- miąższość pokładu 407/4 waha się w granicach od 1,35 do 1,90 m;
- w stropie pokładu zalega warstwa iłowca, o zmiennej grubości od 0,1 (otwór Murcki 2 (1977)) do 23,10 m (otwór G-49 (1990));
- lokalnie (otwór G-67 (1990)) w stropie iłowca pojawia się węgiel z przerostami łupkowymi o grubości 0,90 m;
- nad iłowcem lub bezpośrednio w stropie pokładu zalega piaskowiec o grubości do 22,60 m (otwór Murcki 2 (1977));
- w otworze G-49 (1990) piaskowce nie występują;
- powyżej zalegają iłowce i mułowce, a nad nimi wyeksploatowany pokład 407/1;
- w spągu pokładu 407/4 zalega zapiaszczony iłowiec o miąższości od 1,30 (G-67 (1990)) do 11,90 m (otwór Murcki 2 (1977)), a poniżej występuje warstwa piaskowca;
- w odległości ok. 790 m i ok. 1170 m od pochylni głównej wyrobisko przecinają uskoki o zrzucie odpowiednio: 0,90 m na wschód i 1,50 m na wschód.

W trakcie drażenia upadowej I-S pokład 407/4 uległ ścienieniu, co zdecydowało o zmianie koncepcji drażenia tego wyrobiska. Na 1075 m wyrobiska prace zostały wstrzymane i od 686 m rozpoczęto drażenie chodnika badawczego w kierunku prostopadłym do upadowej I-S. Następnie po wydrażeniu 145 m chodnika badawczego, rozpoczęto drażenie upadowej badawczej w kierunku równoległym do upadowej I-S. Udało się w ten sposób obejść lokalny uskok o średnim zrzucie wynoszącym około 2 m oraz prowadzić drażenie wyrobiska w pokładzie o żądanej grubości.

2.2. Charakterystyka obiektu badań pod kątem zastosowanych maszyn i urządzeń

W wyrobisku przygotowawczym (upadowa I-S, chodnik badawczy i upadowa badawcza) wykorzystywane były następujące rodzaje maszyn i urządzeń, które stanowiły jedno z głównych źródeł ciepła:

- kombajn chodnikowy AM-75 z podajnikiem kombajnowym typu BOA-800,
- przenośnik zgrzeblowy SKAT E180 W,
- przenośniki taśmowe GWAREK i PTG,
- wentylator elektryczny WLE 1003B,
- pojazdowe stacje transformatorowe typu IT3Sb-315/6/0,5 oraz IT3Sb-400/6/1,
- pompy stacjonarne OS,
- zespół sprężarkowy chłodnicy TS-350/1.

W tabeli 1 wyszczególniono wszystkie maszyny stosowane w wyrobisku przygotowawczym upadowa I-S, chodnik badawczy i upadowa badawcza podając jednocześnie ich moc.

TABELA 1

Moc urządzeń pracujących w wyrobisku przygotowawczym upadowa I-S, chodnik badawczy i upadowa badawcza w poszczególnych etapach drążenia [12]

Nazwa wyrobiska	Kombajn		Przenośniki			Pompy			Wentylatory, transformatory, sprężarka		
Upadowa I-S+ chodnik badawczy + upadowa badawcza	Typ	Moc [kW]	Typ	Moc [kW]	Liczba	Typ	Moc [kW]	Liczba	Typ	Moc [kW]	Liczba
	AM-75	357	Skat	15	4*	OS	55	1	WLE	55	1
	BOA	15	Gwarek	90	1		90	2	Trafo	400	1
			PTG	55	2		22	1	Trafo	315	1
Moc w wyrobisku przodkowym [kW]	Moc kombajnu [kW]		Moc przenośników [kW]			Moc pomp [kW]			Moc wentylatorów i transformatorów [kW]		
1614	372		215			257			770		

* Stosowane w początkowym etapie drążenia wyrobiska (do około 100 m).

Do celów chłodzenia powietrza zastosowano chłodziarkę o działaniu bezpośrednim TS-350/1 firmy Termospec sp. z o. o. Jej znamionowe dane techniczne przedstawiono w tabeli 2.

TABELA 2

Dane znamionowe chłodziarki powietrza TS-350/1 [13]

Typ chłodziarki	TS-350/1
Typ zespołu maszynowego	TS-350/ZM-1
Typ parownika	TS-350/P
Typ chłodnicy wyparnej	CWW-460
Moc chłodnicza	350 kW
Rodzaj czynnika chłodniczego	R507, R404A, R407C
Wymiary	wysokość 1 200 mm
	szerokość 800 mm
	długość 3 350 mm
Masa z silnikiem	2 750 kg
Typ sprężarki	Carrier 5H120
Silnik elektryczny	Produkcji „CELMA” 90kW, 500V lub 1000V, 50Hz
Obieg chłodzenia skraplacza	otwarty lub zamknięty z filtracją wody
Przepływ wody w obiegu skraplacza	$Q = 18,36 \text{ m}^3/\text{h}$, 28/38°C
Max ciśnienie w obiegu chłodzenia wody	1,6 MPa
Układ sterowania i zabezpieczenia elektrycznego	iskrobezpieczny kategorii Ia –ExiaI i zgodny z Dyrektywą UE ATEX
Znak dopuszczenia WUG	GM-160/03 i GX-149/99

3. Pomiary kopalniane

Dla konkretnych wartości współrzędnej bieżącej wybiegu wyrobiska, licząc od wlotu do upadowej I-S, wykonano szereg pomiarów:

- temperatury suchej T_s i wilgotnej T_w za pomocą psychrometru Assmana,
- ciśnienia bezwzględnego b w wyrobisku za pomocą przyrządu do pomiaru ciśnienia μBAR ,
- prędkości przepływającego powietrza v za pomocą anemometru μAs 4,
- czynnych przekrojów poprzecznych wyrobiska F w miejscach pomiarowych.

Pomiary przeprowadzono w siedmiu charakterystycznych punktach wyrobiska (rys. 2):

- 1) na wlocie do upadowej I-S — około 15 m od pochylni głównej,
- 2) 30 m przed parownikiem chłodnicy powietrza,
- 3) na wlocie do parownika chłodnicy powietrza,
- 4) na wylocie z lutni pomocniczego lutniociągu tłoczącego z chłodnicą powietrza,
- 5) 30 m za wylotem z lutni pomocniczego lutniociągu tłoczącego,
- 6) 8 m od przodka,
- 7) na wlocie do lutni zasadniczego lutniociągu ssącego (około 2 m od przodka).

Na rysunku 2 przedstawiono schemat ideowy wentylacji i klimatyzacji badanego wyrobiska. Schemat ten uwzględnia ww. punkty pomiarowe. Na rysunku prąd świeżego powietrza oznaczono strzałkami w kolorze szarym, zaś prąd powietrza zużytego strzałkami w kolorze czarnym. Punkty pomiarowe oznaczono czarnymi kropkami.

Naniesione na schemacie ideowym wymiary podają:

L_a — długość upadowej I-S [m],

L_b — długość pomocniczego lutniociągu tłoczącego z chłodnicą powietrza [m],

L_d — odległość chłodnicy powietrza od wlotu do upadowej I-S [m],

L_c — długość strefy przodkowej [m],

$L_{a'}$ — długość chodnika badawczego [m],

$L_{a''}$ — długość upadowej badawczej [m],

$L_{b'}$ — długość części pomocniczego lutniociągu tłoczącego z chłodnicą powietrza w upadowej I-S [m],

$L_{b''}$ — długość części pomocniczego lutniociągu tłoczącego w chodniku badawczym [m].

W przypadku drążonego wyrobiska przygotowawczego — upadowa badawcza:

— długość wyrobiska L [m] jest sumą

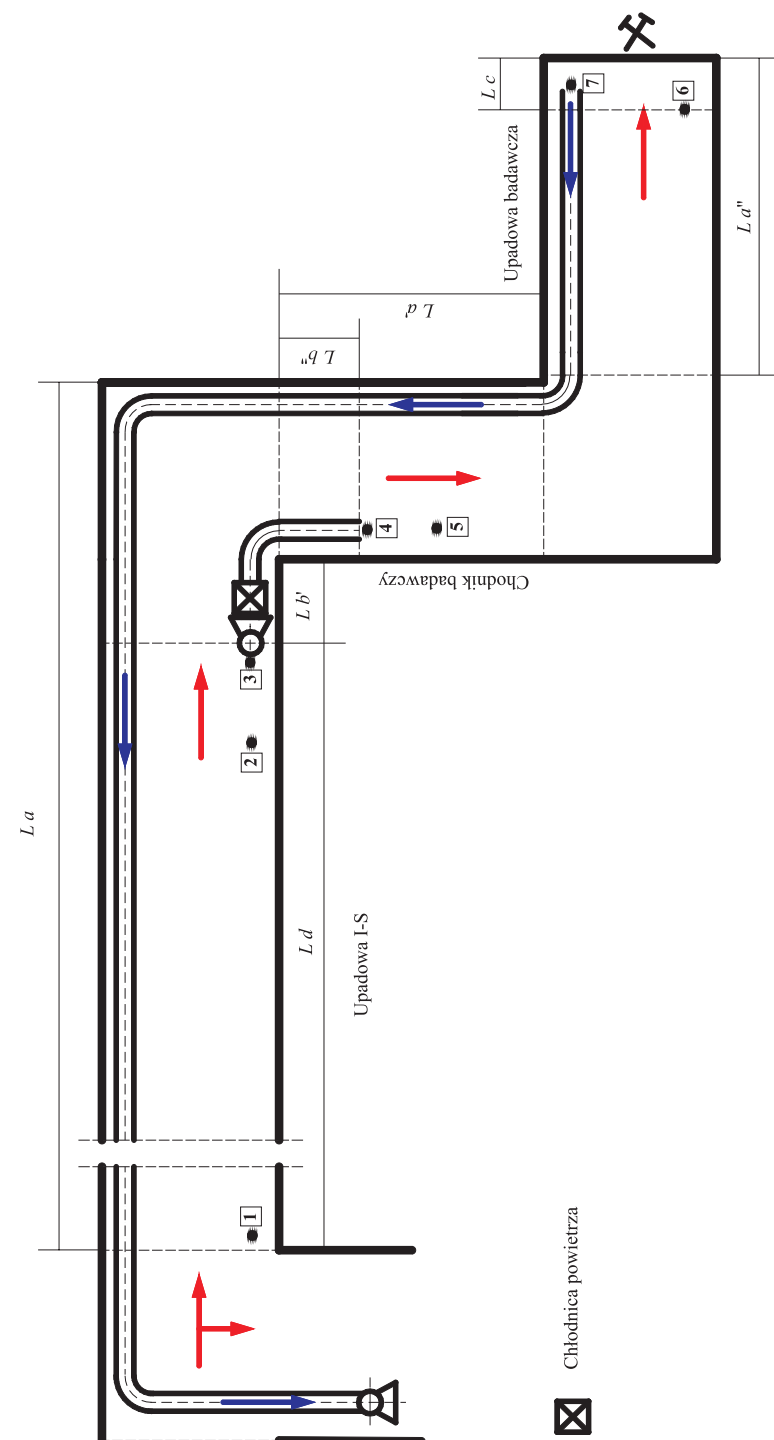
$$L = L_a + L_{a'} + L_{a''}$$

— odległość chłodnicy od przodka L_{ch} [m] obliczono za pomocą wzoru

$$L_{ch} = (L_a + L_{a'} + L_{a''}) - L_d = L - L_d$$

— odległość od wylotu z pomocniczego lutniociągu tłoczącego z chłodnicą powietrza do przodka L_t [m] obliczono wzorem

$$L_t = (L_a + L_{a'} + L_{a''}) - (L_{b'} + L_{b''} + L_d) = L - (L_{b'} + L_{b''} + L_d).$$



Rys. 2. Schemat wentylacji i klimatyzacji upadowej 1-S, chodnika badawczego i drążonej upadowej badawczej w pokładzie 407/4 wraz z punktami pomiarowymi

W tabeli 3 zebrano dane pomiarowe, charakterystyczne wymiary i wielkości obliczeniowe:

- T_s — temperatura termometru suchego [$^{\circ}\text{C}$],
- T_w — temperatura termometru wilgotnego [$^{\circ}\text{C}$],
- b — ciśnienie bezwzględne [Pa],
- Q — natężenie objętościowe przepływającego powietrza mierzone w przekroju wyrobiska [m^3/min],
- L_{ch} — odległość chłodnicy od przodka [m],
- L_t — odległości wylotu z lutniociągu tłoczącego do przodka [m],
- L — długość wyrobiska [m],
- S — wybieg wyrobiska w punktach pomiarowych [m],
- x — obliczona wartość wilgotności właściwej w [kg pary $\text{H}_2\text{O}/\text{kg}$ pow. such.] i [g pary $\text{H}_2\text{O}/\text{kg}$ pow. such.],
- φ — obliczona wartość wilgotności względnej [%].

Wilgotność właściwą x w [kg pary $\text{H}_2\text{O}/\text{kg}$ pow. such.] i wilgotność względną φ [%] obliczono za pomocą wzoru [4, 5]:

$$E(T_w) = 610,6 \cdot 10^{\frac{7,5T_w}{237,29+T_w}}$$

$$E(T_s) = 610,6 \cdot 10^{\frac{7,5T_s}{237,29+T_s}}$$

$$e = E(T_w) - 6,6176 \cdot 10^{-4} (T_s - T_w) b \quad (1)$$

$$x = 0,622 \cdot \frac{e}{b - e}$$

$$\varphi = \frac{e}{E(T_s)} \cdot 100\%$$

gdzie:

- E — prężność pary wodnej nasyconej [Pa],
- e — prężność pary wodnej nienasyconej [Pa].

TABELA 3

Dane pomiarowe, charakterystyczne wymiary i wielkości obliczeniowe w punktach pomiarowych

Lp.	Miejsce pomiaru	T_s [°C]	T_w [°C]	b [Pa]	Q [m ³ /min]	L_{ch} [m]	L_q [m]	L [m]	S [m]	x [kg/kg]	x [g/kg]	φ [%]
1	1	24,6	21,4	106153	572	194	164	862	15	0,0139	13,9	75,1
	2	28,2	22,6	106192	538				630	0,0141	14,1	61,4
	3	29,2	23,2	106221	530				668	0,0145	14,5	59,8
	4	18,2	15,4	106231	224*				698	0,0092	9,2	74,3
	5	23,8	20,2	106243	516				728	0,0126	12,6	71,7
	6	26,8	23,0	106232	505				854	0,0144	15,2	71,7
	7	27,0	23,6	106134	468				860	0,0161	16,1	75,0
2	1	23,0	17,0	108722	578	247	217	915	15	0,0087	8,7	53,6
	2	27,6	22,3	109123	543				630	0,0134	13,4	62,5
	3	28,4	23,6	109230	529				668	0,0150	15,0	66,3
	4	17,2	17,2	109233	220*				698	0,0114	11,4	100,0
	5	23,2	20,0	109255	514				728	0,0122	12,2	74,1
	6	26,4	23,2	109220	498				907	0,0152	15,2	75,9
	7	27,2	24,0	109222	462				913	0,0161	16,1	76,3
3	1	23,2	17,0	105568	586	297	267	965	15	0,0090	9,0	52,9
	2	27,4	22,2	106067	534				630	0,0139	13,9	63,3
	3	28,2	23,4	106113	527				668	0,0153	15,3	66,4
	4	18,2	17,2	106163	218*				698	0,0113	11,3	90,5
	5	23,2	19,8	106178	505				728	0,0124	12,4	72,8
	6	27,2	24,0	106310	463				957	0,0166	16,6	76,5
	7	27,6	24,4	106312	447				963	0,0170	17,0	76,7
4	1	22,8	17,4	105934	578	312	282	980	15	0,0096	9,6	58,0
	2	27,2	20,8	106348	538				630	0,0120	12,0	55,6
	3	28,6	21,8	106428	529				668	0,0127	12,7	54,5
	4	17,8	17,6	106431	220*				698	0,0119	11,9	98,1
	5	23,0	19,8	106462	505				728	0,0124	12,4	74,2
	6	27,8	25,0	106596	463				972	0,0178	17,8	79,5
	7	28,0	25,4	106602	444				978	0,0184	18,4	81,0

* Natężenie objętościowe powietrza mierzone wyłącznie na wylocie łunni pomocniczego luminiociągu tłoczącego z chłodnicą powietrza.

Dla przyjętego schematu pomiarowego przedstawiono wykresy zmian temperatury suchej, wilgotności właściwej i względnej powietrza dla czterech różnych odległości chłodnicy powietrza od przodka L_{ch} wynoszących odpowiednio:

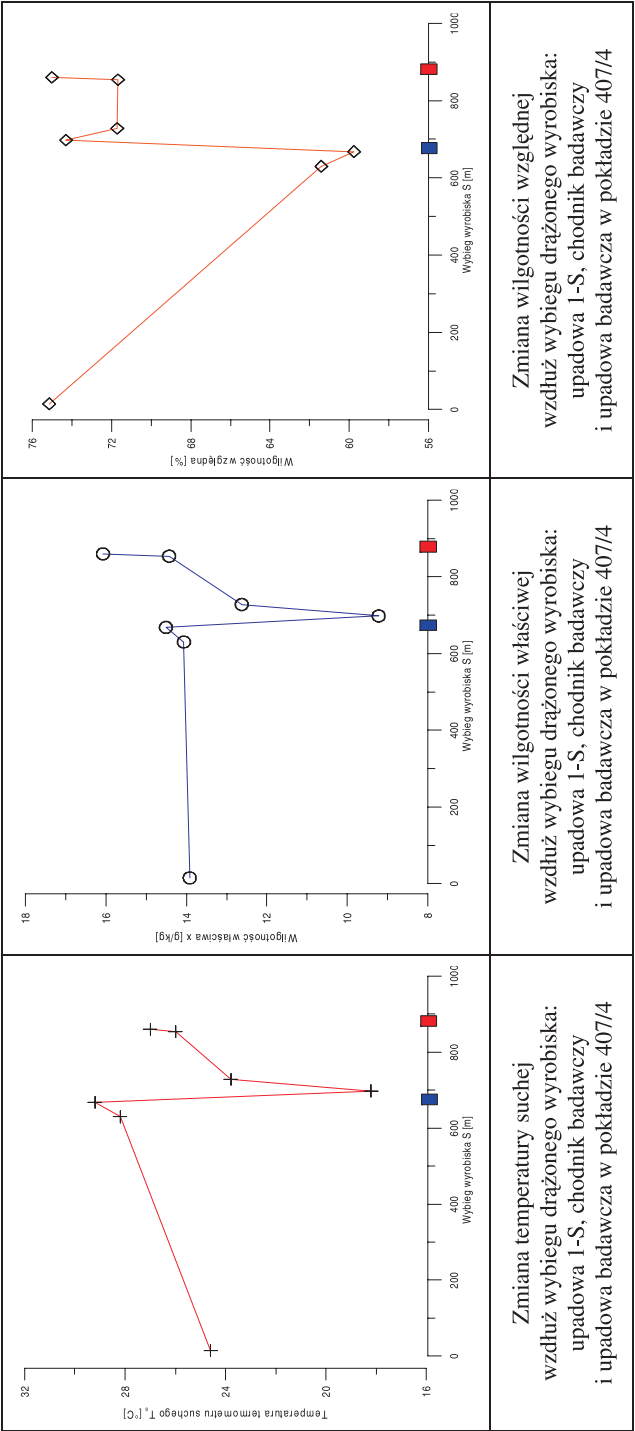
- 194 m — przy całkowitym wybiegu wyrobiska L wynoszącym 862 m (rys. 3),
- 247 m — przy całkowitym wybiegu wyrobiska L wynoszącym 915 m (rys. 4),
- 297 m — przy całkowitym wybiegu wyrobiska L wynoszącym 965 m (rys. 5),
- 312 m — przy całkowitym wybiegu wyrobiska L wynoszącym 980 m (rys. 6).

Na wykresach ciemno- i jasnoszare prostokąty oznaczają strefy wyrobiska, w których znajdują się maszyny i urządzenia o dużych mocach, mające szczególny wpływ na zmianę temperatury i wilgotności w badanym wyrobisku.

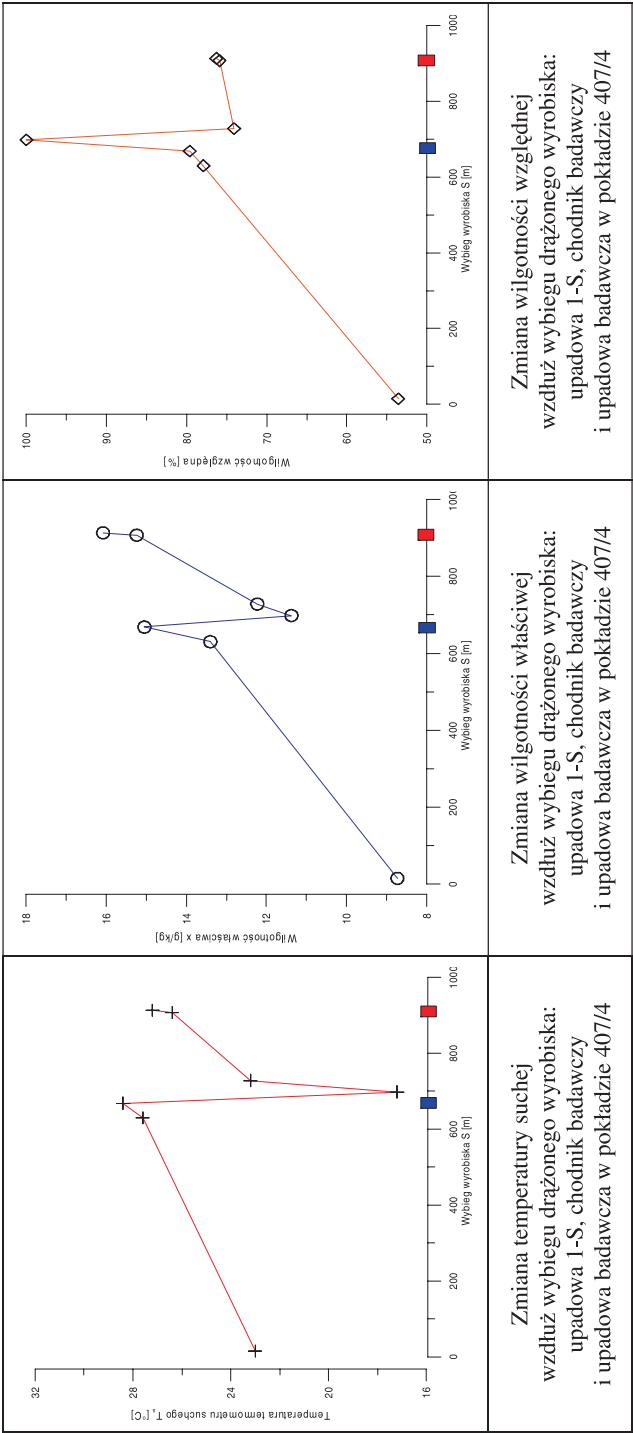
Prostokątem czarnym oznaczono odcinek wyrobiska, gdzie znajduje się zespół maszynowy chłodnicy TS 350/1, wentylator lutniowy WLE1003b, stacje transformatorowe, pompa stacjonarna OS oraz napęd jednego z przenośników taśmowych PTG. Prostokątem szarym oznaczono strefę przodkową, gdzie pracuje kombajn AM75, podajnik kombajnowy BOA800 oraz pompa stacjonarna OS.

Analiza zmian temperatury suchej, wilgotności właściwej i względnej na trasie drążonego wyrobiska przygotowawczego — upadowa badawcza pozwala wysunąć następujące wnioski:

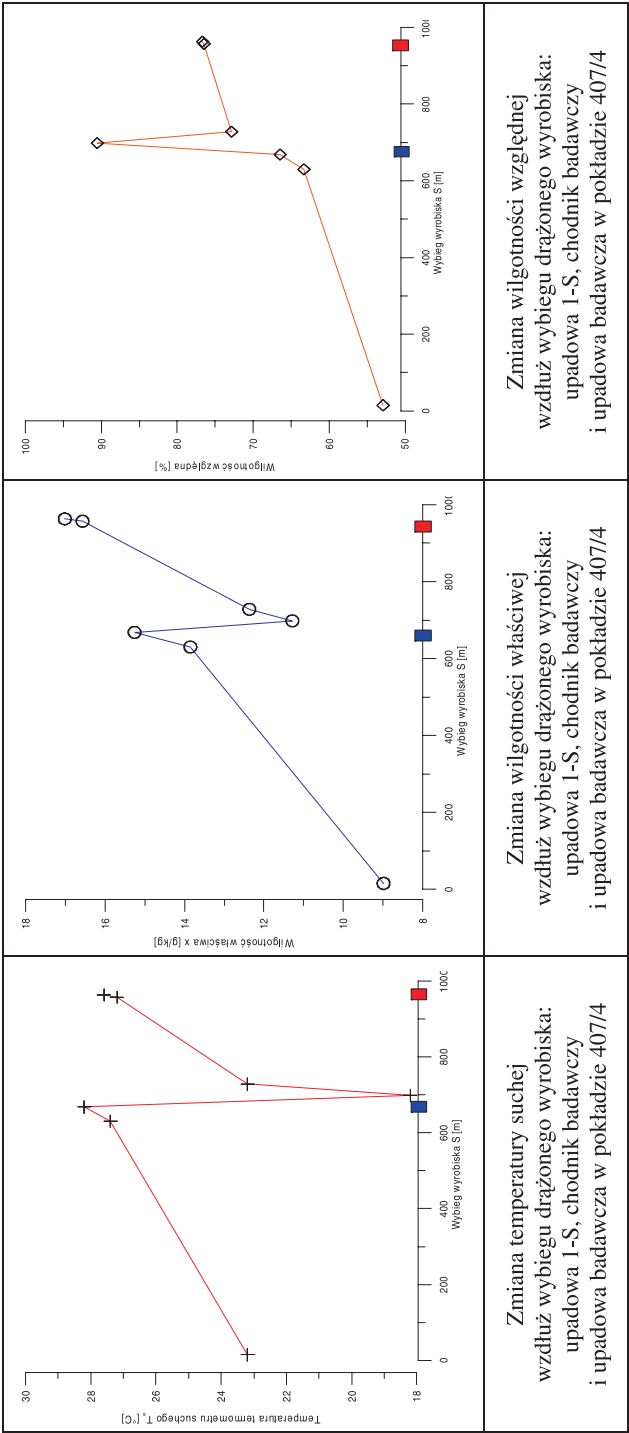
- dla chłodnicy odległej od przodka o 194, 247, 297 i 312 m i długości wyrobiska odpowiednio 862, 915, 965, 980 m, w strefie przodkowej panują dobre dla pracującej tam załogi warunki klimatyczne;
- przy chłodnicy powietrza odległej od przodka o 194 m uzyskano temperaturę suchą w strefie przodkowej rzędu 26,0°C, wilgotność właściwą około 14,4 g/kg, a wilgotność względną 75 %;
- przy chłodnicy powietrza odległej od przodka o 247 m uzyskano temperaturę suchą w strefie przodkowej rzędu 26,4°C, wilgotność właściwą około 15,2 g/kg, a wilgotność względną 76,3%;
- przy chłodnicy powietrza odległej od przodka o 297 m uzyskano temperaturę suchą w strefie przodkowej rzędu 27,2°C, wilgotność właściwą około 16,6 g/kg, a wilgotność względną 76,7%;
- przy chłodnicy powietrza odległej od przodka o 312 m uzyskano temperaturę suchą w strefie przodkowej rzędu 27,8°C, wilgotność właściwą około 17,8 g/kg, a wilgotność względną 81%;
- wzrost odległości chłodnicy od przodka o 53 m spowodował przyrost temperatury suchej o 0,4°C, wilgotności właściwej o 0,8 g/kg, a wilgotności względnej o 1,3%;
- wzrost odległości chłodnicy od przodka o 100 m spowodował przyrost temperatury suchej o 1,2°C, wilgotności właściwej o 2,2 g/kg, a wilgotności względnej o 1,7%;
- wzrost odległości chłodnicy od przodka o 118 m spowodował przyrost temperatury suchej o 1,8°C, wilgotności właściwej o 3,4 g/kg, a wilgotności względnej o 6%;
- na wlocie do wyrobiska w etapach pomiarowych 1 i 4 znajdowało się lokalne nagromadzenie wody, które miało wpływ na wartość wilgotności względnej w tym punkcie.



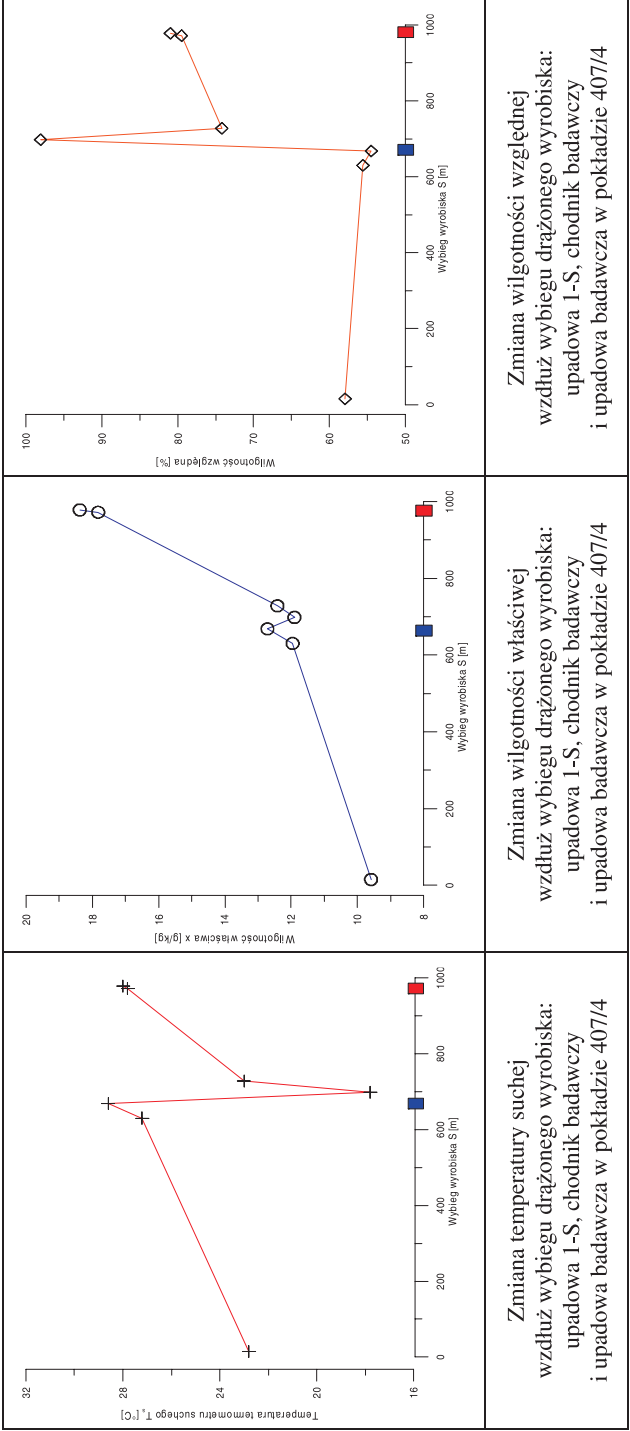
Rys. 3. Zmiana temperatury suchej, wilgotności właściwej i wilgotności względnej przepływającego powietrza przy odległości chłodnicy powietrza od przodka wynoszącej 194 m



Rys. 4. Zmiana temperatury suchej, wilgotności właściwej i wilgotności względnej przepływającego powietrza przy odległości chłodnicy powietrza od przodka wynoszącej 247 m



Rys. 5. Zmiana temperatury suchej, wilgotności właściwej i wilgotności względnej przepływającego powietrza przy odległości chłodnicy powietrza od przodka wynoszącej 297 m



Rys. 6. Zmiana temperatury suchej, wilgotności właściwej i wilgotności względnej przepływającego powietrza przy odległości chłodnicy powietrza od przodka wynoszącej 312 m

4. Podsumowanie i wnioski

W trakcie wykonywanych pomiarów natężenie objętościowe przepływającego powietrza na wlocie do wyrobiska wynosiło ok. 580 m³/min, a w przodku ok. 460 m³/min. Pomimo intensywnego przewietrzania w wyrobisku pojawiły się problemy z zapewnieniem właściwych warunków klimatycznych w miejscu pracy załogi górniczej. Zastosowanie chłodnicy powietrza zabudowanej w pomocniczym lutniociągu tłoczącym pozwoliło na uzyskanie w strefie przodkowej odpowiednich, zgodnych z przepisami bhp, warunków klimatycznych.

Dla chłodnicy oddalonej od przodka o 194 m, w strefie przodkowej temperatura sucha wynosiła 26,0°C, wilgotność właściwa 14,4 g/kg, a wilgotność względna 75%. Gdy odległość chłodnicy od przodka zwiększyła się do 247 m, w przodku nastąpił wzrost temperatury suchej do 26,4°C, wilgotności właściwej do 15,2 g/kg, a wilgotności względnej do 76,3%. Dalszy wzrost wspomnianej odległości do wielkości 297 m spowodował przyrost temperatury suchej do wartości 27,2°C, wilgotności właściwej do 16,6 g/kg, a względnej do 76,7%, natomiast gdy chłodnica znajdowała się od przodka w odległości 312 m, temperatura sucha w strefie przodkowej wyniosła 27,8°C, wilgotność właściwa 17,4 g/kg, a wilgotność względna 81%.

Badania wykazały, że wzrost odległości chłodnicy od przodka o 118 m dla wyrobiska ślepego o długości 980 m spowodował przyrost w strefie przodkowej temperatury suchej o 1,8°C, wilgotności właściwej o 3,4 g/kg, a wilgotności względnej o 6%.

Dalsze badania (dla podobnych warunków geologiczno-górnich i sposobu mechanizacji drażenia wyrobiska korytarzowego) określające wpływ lokalizacji chłodnicy oraz wahań jej mocy na warunki klimatyczne w strefie przodkowej pozwolą służbom wentylacyjnym na wcześniejsze sprecyzowanie przebudowy chłodnicy powietrza wraz z postępem przodka. Ułatwi to planowanie kosztów związanych z przebudową maszyny klimatyzacyjnej na różnych etapach drażenia, przy jednoczesnym zachowaniu funkcjonalnych gabarytów tego wyrobiska.

LITERATURA

- [1] Anon: Single entry roadway research. *The Miner*, 8, October 1990
- [2] *Barker A.H., Highton W.*: Auxiliary ventilation in its wider aspects. *Min. Engr.*, vol 140, No. 233, 573–581, February 1981
- [3] *Barret M.J., Wallman D.*: Ventilation of single entry development at Ellalong Colliery. *Proc. Symp. Ventilation of Coal Mines, Waollongong, May*, edited by A. J. Hargraves, 16-1 to 14, Wallongong: The Aus. I. M. M. Illwara Branch 1983
- [4] *Chochotowa N.N., Jakowlenko A.K.*: Kondicionirowanije wozducha pri stroitelstwie glubokich szacht. Moskwa, Nedra 1985
- [5] *Frycz A.*: Klimatyzacja kopalń. Wydanie II. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1981
- [6] *Nowak B.*: Temperatura i wilgotność powietrza w wyrobiskach korytarzowych przewietrzanych nieszczelnymi lutniociągami. Wydawnictwa AGH, 1997
- [7] *Lürig H.J.*: Einflussgrößen und Einflussmöglichkeiten auf das Strebklima. *Glückauf*, bd. 122, No. 15, 1986, 977–981
- [8] *Wacławik J., Cygankiewicz J., Knechtel J.*: Warunki klimatyczne w kopalniach głębokich. Wydanie II. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Górniczej, Kraków 1998

- [9] *Voss J.*: Grubenklima. Glückauf-Betriebsbücher. Band 27, Essen: Verlag Glückauf, 1980, 285–304
- [10] *Voss J.*: Wetter technische Massnahmen zur Bewältigung grubenklimatischer Probleme. Glückauf, bd. 117, No. 3, 1981, 124–131
- [11] *Voss J.*: Wetterwärmung in einziehenden Wetterwegen. Glückauf, bd. 122, No. 20, 1986, 1329–1336
- [12] Materiały udostępnione przez KWK „Staszic”
- [13] Strona internetowa www.termospec.pl (07.12.2006)