

*Nikodem Szlązak**, *Dariusz Obracaj**, *Łukasz Szlązak***

PROJEKTOWANIE PARAMETRÓW WENTYLACJI LUTNIOWEJ W DRAŻONYCH WYROBISKACH PODZIEMNYCH Z WYKORZYSTANIEM PROGRAMU KOMPUTEROWEGO AGHWEN-3.0***

1. Wstęp

Przewietrzanie drażonych wyrobisk podziemnych realizowane jest za pomocą instalacji lutniowej. Połączone szeregowo segmenty lutni metalowych lub elastycznych tworzą lutniociąg. Strumień powietrza, jaki należy doprowadzić do przodka, winien w zasadzie zapewnić pracującej załodze odpowiedni komfort zdeterminowany składem chemicznym, wilgotnością, temperaturą i prędkością przepływu powietrza. W praktyce chodzi o rozrzedzenie do wartości dopuszczalnych gazów tworzących się podczas procesu technologicznego drażenia wyrobiska podziemnego, bądź też ewentualnie wydobywających się z górotworu, oraz ich usunięcie w zadanym okresie, a także zapewnienie właściwych warunków klimatycznych na stanowiskach pracy.

Przewietrzanie za pomocą lutniociągów może być ssące, tłoczące lub kombinowane [9, 11]. Na rysunku 1 przedstawiono systemy wentylacji lutniowej. Symbole L_1 – L_4 oznaczają odległość zabudowy poszczególnych elementów wentylacji lutniowej. Odległości te regulują przepisy górnicze.

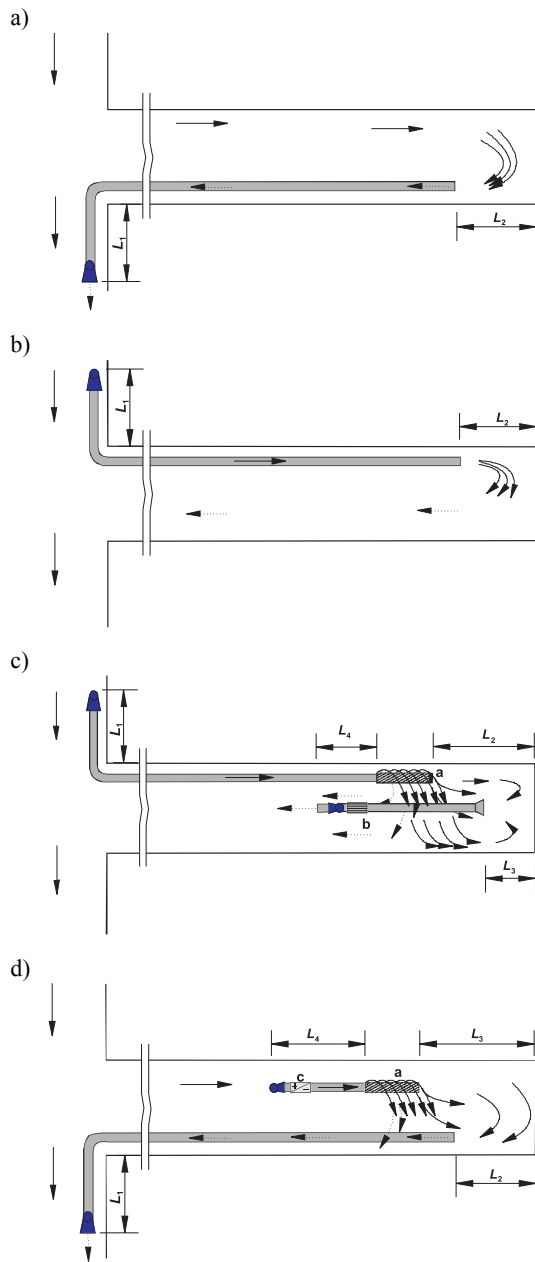
Zgodnie z obowiązującymi przepisami, w przypadku drażenia wyrobiska kombajnem chodnikowym lutniociąg musi być wyposażony w urządzenie odpylające. W wyrobiskach drażonych przy użyciu materiałów wybuchowych nie wymaga się stosowania urządzeń odpylających z uwagi na mniejsze zapylenie w przodka niż przy urabianiu kombajnami.

Wentylacja ssąca składa się z zasadniczego lutniociągu ssącego, którym przepływa powietrze ze strefy przodkowej wyrobiska do prądu opływowego (rys. 1a).

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

** Jastrzębska Spółka Węglowa S.A., KWK „Zofiówka”

*** Artykuł zrealizowano w ramach pracy statutowej nr 11.11.100.950



Rys. 1. Systemy wentylacji lutniowej: a) wentylacja ssąca; b) wentylacja tocząca; c) wentylacja kombinowana z zasadniczym lutniociągiem tłoczącym; d) wentylacja kombinowana z zasadniczym lutniociągiem ssącym.
 Oznaczenia: a — lutnia wirowa, b — odpylacz, c — chłodnica powietrza,
 L_1 – L_4 — odległość zabudowy poszczególnych elementów wentylacji lutniowej

Zasadnicza wentylacja ssąca wyposażona może być w dodatkowe urządzenia wentylacyjne:

- kurtynę powietrzną na kombajnie,
- strumienicę powietrza w wyrobisku w strefie przodkowej,
- krótki lutniociąg tłoczący z chłodnicą powietrza w trasie wyrobiska (poza strefą przodkową).

Wentylacja ssąca jest mniej korzystna przy zagrożeniu klimatycznym i metanowych, chociaż wykorzystywana w niektórych kopalniach metanowych [11].

Wentylacja tłocząca składa się z zasadniczego lutniociągu, do którego podłączony jest wentylator w wyrobisku z opływowym prądem powietrza (rys. 1b). W wentylacji tłoczącej dodatkowo mogą być zabudowane następujące urządzenia wentylacyjne:

- chłodnica powietrza w zasadniczym lutniociągu tłoczącym z dodatkowym wentylatorem,
- chłodnica w dodatkowym lutniociągu tłoczącym w strefie przyprzodkowej.

Wentylacja tłocząca charakteryzuje się doprowadzaniem większej ilości powietrza do przodka wyrobiska niż wentylacja ssąca. Wykorzystywana jest powszechnie w kopalniach o dużym zagrożeniu metanowym. W przypadku wysokiego zagrożenia pożarowego przy eksploatacji pokładów grubych, gdzie wcześniej prowadzona była eksploatacja na warstwy, korzystniejsze okazuje się również stosowanie wentylacji tłoczącej [9, 10, 11].

Przy drażeniu wyrobiska kombajnem chodnikowym i zastosowaniu wentylacji tłoczącej konieczne jest stosowanie pomocniczego lutniociągu ssącego z urządzeniem odpylającym w strefie przodkowej. Rozwiązanie to nosi nazwę wentylacji kombinowanej (rys. 1c, d).

Skuteczność odpylania powietrza w wentylacji kombinowanej jest lepsza niż w przypadku wentylacji ssącej. Zasadniczy lutniociąg tłoczący w polach metanowych musi być zakończony lutnią wirową. Może być również wyposażony w zasobnik lutniowy.

Do wentylacji kombinowanej zalicza się również wentylację z zasadniczym lutniociągiem ssącym i dodatkowym lutniociągiem tłoczącym w strefie przodkowej (rys. 1d).

Do budowy lutniociągów wykorzystuje się obecnie w równie mierze lutnie metalowe, jak i elastyczne [11]. Najczęściej stosuje się lutniociągi o średnicy 800 mm. Lutniociągi o średnicy powyżej 1000 mm stosuje się częściej w wentylacji ssącej.

W przypadku lutniociągów ssących dobiera się wentylatory o średnicach wirnika większych od średnicy lutniociągu. W przypadku lutniociągów tłoczących często wystarczające są wentylatory typoszeregu niższego, np. dla lutniociągów 800 mm — wentylatory typoszeregu 600. Jest to związane przede wszystkim z większymi oporami lutniociągów ssących, które wynikają z konieczności stosowania odpylaczy stacjonarnych przy urabianiu kombajnem.

Przy kilkusetmetrowym lutniociągu w wyrobisku nie da się uniknąć nieszczelności powstających przy łączeniu poszczególnych lutni, co powoduje ucieczki powietrza. Wyznaczenie wielkości ucieczek powietrza dla danego lutniociągu jest zasadniczym elementem projektowania wentylacji odrębnej w wyrobiskach podziemnych. Znane są różne metody obliczania wielkości ucieczek powietrza w lutniociągach [1].

Wymagana wydajność i spiętrzenia wentylatora w zależności od rodzaju lutniociągu oraz wielkości ucieczek wyznaczana jest poprzez rozwiązanie układu równań [2, 11]:

$$\frac{dQ}{dx} = k\sqrt{H} \quad (1)$$

$$\frac{dH}{dx} = rQ^2 \quad (2)$$

gdzie:

Q — wydatek przepływu, m^3s^{-1} ,

k — współczynnik nieszczelności lutniociągu, $\text{m}^3\text{s}^{-1}\text{N}^{-0,5}$,

H — wielkość strat ciśnienia w lutniociągu nieszczelnym, Nm^{-2} ,

x — długość lutniociągu, m ,

r — opór jednostkowy lutniociągu, Ns^2m^{-9} .

W niniejszym artykule przedstawiono zasady doboru parametrów wentylacji odrębnej za pomocą programu komputerowego AGHWEN-3.0 opracowanego na podstawie rozwiązania powyższego układu równań. Na podstawie danych projektowych wyrobiska ślepego program wyznacza wymaganą ilość powietrza w przodku wyrobiska i umożliwia w łatwy sposób dobór parametrów lutniociągu i wentylatora lutniowego. Wybór rodzaju wentylacji, parametrów lutniociągu oraz typu wentylatora lutniowego pozwala w szybki sposób obliczyć wartość natężenia objętościowego powietrza w przodku wyrobiska i jego sprawdzenie z uwagi na wymaganą wartość.

Program AGWEN-3.0 umożliwia również prognozowane warunków mikroklimatu (temperatury, wilgotności właściwej powietrza) wzdłuż wyrobiska oraz prognozę wydzielania metanu, jeżeli wyrobisko jest prowadzone w górotworze karbońskim. Z tego względu oprócz parametrów geometrycznych wyrobiska należy określić sposób i postępowanie drażenia wyrobiska, rodzaj zawodnienia skał, temperaturę pierwotną górotworu, parametry pokładu węgla oraz moc urządzeń elektrycznych w wyrobisku. Prognozy oparte są na znacznych i wykorzystywanych w górnictwie metodach [1, 12].

W dalszej części przedstawiony zostanie tok postępowania przy projektowaniu wentylacji odrębnej oraz prognozowaniu warunków mikroklimatu i metanowości wyrobiska.

2. Opis działania programu komputerowego AGHWEN-3.0

2.1. Parametry projektowe wyrobiska ślepego i wybór systemu wentylacji odrębnej

Projektowanie wentylacji odrębnej rozpoczyna się od zdefiniowania podstawowych parametrów geometrycznych projektowanego wyrobiska ślepego (długość, szerokość, przekrój

porzeczny) oraz sposobu drążenia wyrobiska. Program umożliwia przeprowadzenie obliczeń dla wyrobiska wykonywanego kombajnem chodnikowym lub przy użyciu materiałów wybuchowych. Na rysunku 2 przedstawiono wymagane parametry projektowe wyrobiska w programie AGHWEN-3.0.

The screenshot shows a dialog box titled "Podstawowe Parametry Wyrobiska" with the following fields and values:

- KWK : Morcinek
- Nazwa wyrobiska : Pochylnia_B-24
- Sposób drążenia wyrobiska : Kombajn
- Rodzaj obudowy : V29/A
- Typ : 9
- Długość wyrobiska L : 1000 [m]
- Przekrój w świetle obudowy S : 14,8 [m2]
- Szerokość wyrobiska : 5 [m]
- Uwaga: po upadzie [-]
- Nachylenie : 15 [°]
- Postęp przodka : 16 [m/dobę]
- Grubość warstwy węgla w przekroju wyrobiska : 3 [m]

At the bottom, there are "OK" and "Anuluj" buttons.

Rys. 2. Określenie parametrów projektowanego wyrobiska

W dalszej kolejności należy uściślić stopień zawodnienia skał w rejonie projektowanego wyrobiska, określić temperaturę pierwotną górotworu, metanonośność pokładu i wprowadzić parametry powietrza w prądzie opływowym (strumień objętościowy powietrza, wilgotność względną i ciśnienie barometryczne).

Następnie w celu obliczenia niezbędnego strumienia powietrza w przodku wyrobiska należy przeprowadzić prognozę metanowości wyrobiska. Program komputerowy AGHWEN-3.0 umożliwia przeprowadzenie prognozy metanowości w oparciu o wybór jednej z następujących metod: Kopalni Doświadczalnej „Barbara”, filtracyjnej oraz Instytutu im. A.A. Skoczyńskiego.

Na podstawie tak sprecyzowanych danych można obliczyć wartość strumienia objętościowego powietrza w przodku wyrobiska z uwagi na zapewnienie:

- minimalnej, dopuszczalnej przepisami górnictwami prędkości średniej przepływu powietrza w przekroju poprzecznym wyrobiska;
- dopuszczalnego stężenia metanu w wyrobisku;
- rozrzedzenia gazów postrzałowych przy drążeniu wyrobiska za pomocą materiałów wybuchowych.

Zdefiniowanie parametrów wyrobiska, warunków górniczo-geologicznych i obliczenie wymaganego strumienia powietrza w przodku umożliwia dobór systemu wentylacji odrębnej.

Dla wentylacji kombinowanej z zasadniczym lutniociągiem tłoczącym można dokonać wyboru systemu z odpylaczem przodkowym i chłodnicą powietrza zlokalizowaną w lutniociągu zasadniczym z bocznikiem lub bez bocznika.

Dla wentylacji kombinowanej z zasadniczym lutniociągiem ssącym istnieje możliwość wyboru odpylacza stacjonarnego oraz chłodnicy powietrza przodkowej w dodatkowym lutniociągu tłoczącym. Dodatkowy lutniociąg tłoczący może być zakończony w strefie przodkowej zasobnikiem lutniowym i lutnią wirową. Na rysunku 3 przedstawiono okno programu AGHWEN-3.0 z wyborem systemu wentylacji odrębnej.

Po wyborze systemu wentylacji następuje etap projektowania elementów instalacji lutniowej.



Rys. 3. Wybór systemu wentylacji odrębnej

2.2. Dobór elementów instalacji lutniowej

Dla zapewnienia ciągłej wymiany powietrza w drażonym wyrobisku ślepyim stosuje się lutniociągi wykonywane z lutni metalowych (wsuwane lub kołnierzowe) lub elastycznych. Warunki stosowania konkretnego typu lutni uzależnione są od warunków górniczych i zagrożeń naturalnych [1, 4, 6, 7, 8, 9, 10]. Lutniociąg może być wykonany z lutni tego samego typu i rodzaju lub z odcinków o różnych lutniach.

Na etapie projektowania określa się wielkość strat powietrza w danym typie lutniociągu. W programie komputerowym AGHWEN-3.0 po wprowadzeniu danych wejściowych dokonuje się wyboru rodzaju lutniociągu. Program komputerowy umożliwia dobór lutniociągu składającego się maksymalnie z trzech odcinków lutni różnego rodzaju i typu (rys. 4). Parametry charakteryzujące lutniociąg to średnica D [m] i opór jednostkowy r [Ns^2m^{-9}].

Współczynnik nieszczelności k określany jest poprzez jakość uszczelnienia. W programie AGHWEN-3.0 przyjęto 9 klas szczelności wg PN-G-43024:1999. W obliczeniach oporu zastępczego lutniociągu uwzględnione zostały dodatkowe opory elementów instalacji lutniowej, takich jak: zasobniki lutniowe, lutnie wirowe, kolana, opór wlotu i wylotu lutniociągu, opór zmiany średnicy lutni.

Program umożliwi również dobór urządzenia odpylającego zarówno do wentylacji ssącej, jak i kombinowanej. Zasady obliczania instalacji odpylającej są zgodne z obowiązującymi przepisami i zaleceniami [8, 9, 10]. W programie komputerowym skonstruowano bazę odpylaczy stosowanych zarówno w systemie ssącym, jak i tłoczącym wentylacji. W bazie tej uwzględniono opory zastępcze odpylaczy oraz zakres wydajności urządzenia. W przypadku niewłaściwego obliczenia wydajności instalacji odpylającej program informuje o błędnym doborze wentylatora do danego odpylacza.

Parametry lutniociągu nierozgałęzionego

Długość L3 = 400 [m]

Rodzaj	Średnica D [mm]	Jakość uszczelnienia	Kolano	Odległość od początku odcinka
metalowy	1000	Dobra	1. 90°	10 [m]
metalowy	600	Doskonała	2. 30°	0 [m]
metalowy "spiro"	800	Bardzo dobra	3. 30°	0 [m]
elastyczny	1000	Dobra	4. 30°	0 [m]
elastyczny zbrojony	1200	Prawie dobra		
		Nieś dobra		

Zasobnik lutniowy w odcinku końcowym lutniociągu Tak Nie

Lutniociąg zakończony lutnią wirową Tak Nie

Typ i rodzaj lutni wirowej WIR-700W

Odległość końca lutniociągu od czola przodka 8 [m]

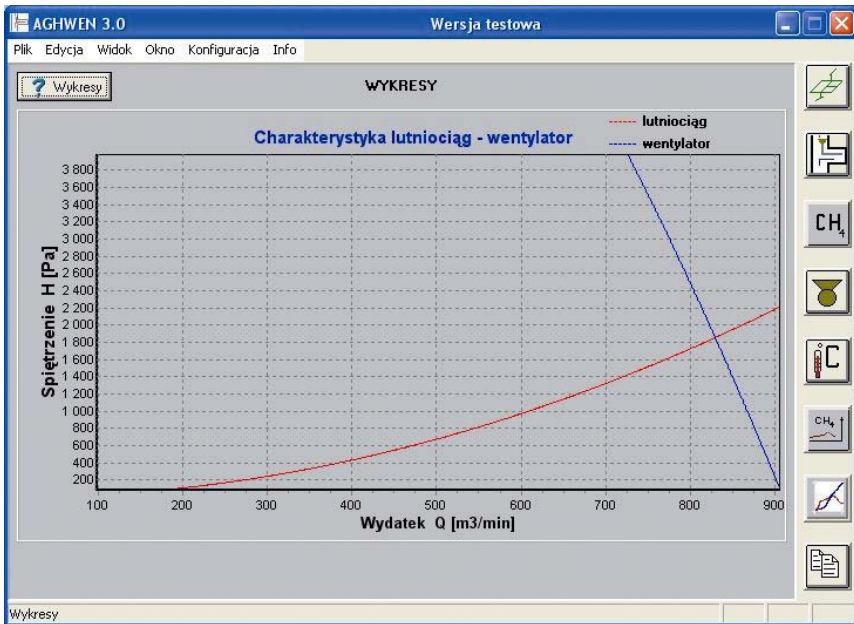
Rys. 4. Parametry projektowe lutniociągu

W przypadku zagrożenia temperaturowego w wyrobisku możliwe jest przeprowadzenie obliczeń prognozy warunków klimatycznych z zastosowaniem chłodnicy powietrza. Program zawiera bazę aktualnie stosowanych chłodnic powietrza.

2.3. Dobór wentylatora lutniowego

Istotą sposobu doboru parametrów wentylacji lutniowej jest dobór oparty na analitycznym wyznaczeniu punktu pracy przy wykonanej aproksymacji charakterystyk wentylatorów lutniowych. Dla rozwiązań analitycznych aproksymowano charakterystyki 36 wentylatorów wielomianem drugiego stopnia oraz dodatkowo określono wypadkowe charakterystyki połączeń szeregowych i równoległych wentylatorów. Szczegółowy sposób aproksymacji charakterystyk wentylatorów lutniowych i obliczanie punktu pracy wentylatora został określony w pracy [10]. Program umożliwia również graficzne przedstawienie punktu współpracy wentylatora z charakterystyką instalacji (rys. 5).

Weryfikacja obliczeń przedstawiona zostanie na trzech przykładach obliczeniowych.



Rys. 5. Graficzne odwzorowanie punktu pracy wentylatora lutniowego z lutniociągiem nieszczelnym

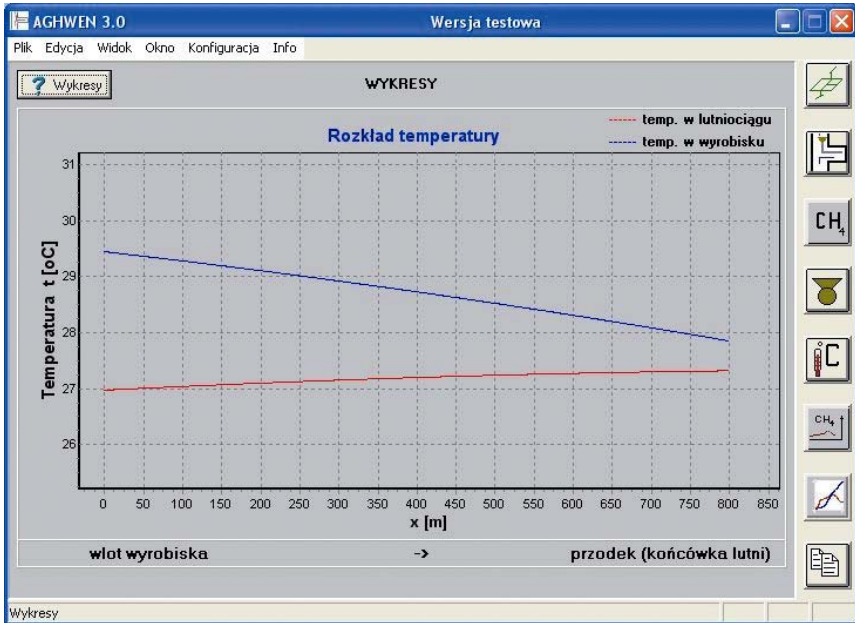
3. Przykłady wykorzystania programu AGHWEN-3.0 przy projektowaniu wentylacji

W celu zaprezentowania możliwości wykorzystania programu komputerowego AGHWEN-3.0 do projektowania wentylacji odrębnej przeprowadzono obliczenia dla trzech przypadków wyrobisk. Przykłady różnią się sposobem drażenia wyrobiska oraz systemem wentylacji stosownie do zasad przytoczonych na wstępie artykułu. Dla każdego przykładu rozważono wariant bez schładzania (wariant a) i ze schładzaniem powietrza (wariant b).

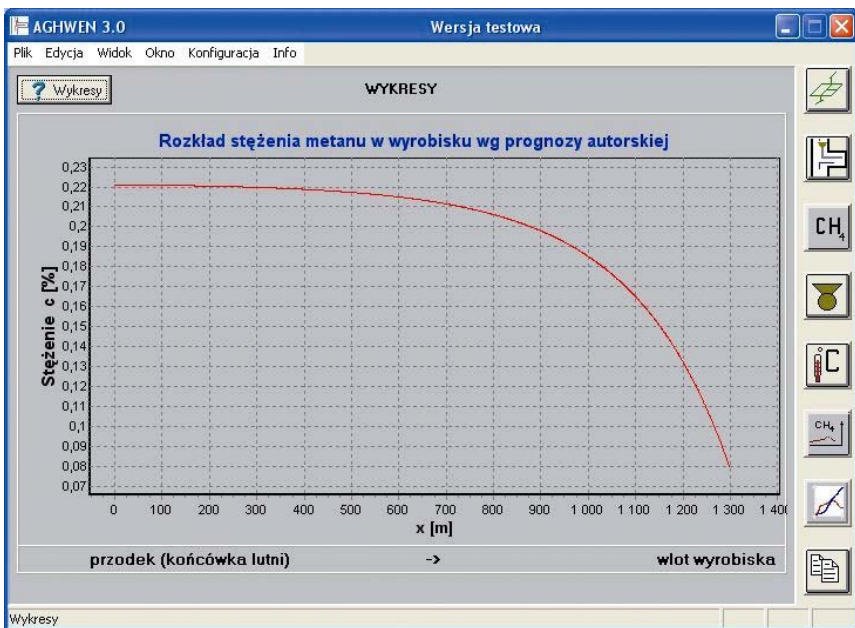
Dane wejściowe w postaci parametrów projektowych wyrobiska i parametrów powietrza w prądzie opływowym oraz wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 1.

W przypadku braku zapewnienia właściwych warunków wentylacyjnych konieczna jest zmiana parametrów instalacji lutniowej lub wentylatora lutniowego. Dzięki wykorzystaniu środowiska Windows możliwa jest zmiana tych parametrów bez utraty pozostałych danych wejściowych. W opcji „zaawansowane” istnieje możliwość wprowadzenia niektórych, własnych współczynników z algorytmu obliczeń po wyłączeniu opcji „tryb automatyczny”.

Program AGHWEN-3.0 umożliwia przedstawienie rozkładu temperatury powietrza i stężenia metanu wzdłuż długości wyrobiska w formie tabelarycznej lub graficznej. Obliczenia oparte są na modelach matematycznych przedstawionych w pracach [2, 6, 7, 10, 12]. Na rysunku 6 przedstawiono rozkład temperatury powietrza dla danych projektowych przykładu 1a w tabeli 1, a na rysunku 7 rozkład stężenia metanu dla przykładu 2.



Rys. 6. Wykres rozkładu temperatury powietrza wzdłuż projektowanego wyrobiska dla przykładu 1a



Rys. 7. Wykres rozkładu stężenia metanu wzdłuż projektowanego wyrobiska dla przykładu 2

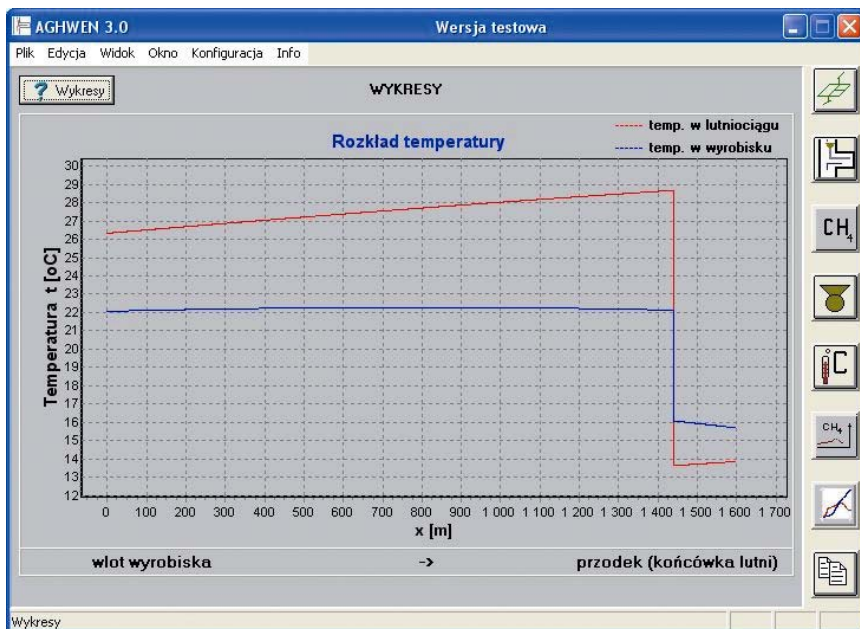
TABELA 1
Dane wejściowe oraz wyniki obliczeń przykładów projektowych

Parametr	Jednostka	Przykład 1		Przykład 2		Przykład 3	
		wariant a	wariant b	wariant a	wariant b	wariant a	wariant b
Dane wejściowe							
Długość wyrobiska	m	800		1300		1600	
Rodzaj obudowy	–	V32/12/4/A		V29/8/A		V21/10A	
Nachylenie wyrobiska	deg	0		15		0	
Prędkość postępu przodka	m/db	4		16		16	
Sposób drażenia wyrobiska	–	MW		kombajn		kombajn	
Moc urządzeń elektrycznych w przodku wyrobiska	kW	110		550		470	
Temperatura pierwotna górotworu	°C	43		41		38	
Zawodnienie skał	–	suche		mokre		suche	
Metanonośność pokładu	m ³ CH ₄ /Mg _{GSW}	0		8		6,78	
Parametry opływowego prądu powietrza	strumień objętościowy,	1710		1360		1530	
	temperatura,	25		23		24	
	wilgotność właściwa	15,85		15,00		13,76	
	ciśnienie barometryczne	1072,1		1060		1050	
stężenie metanu	% obj.	0		0,15		0,2	

TABELA 1 cd.

Wyniki obliczeń										
Prognoza metanowości	-	-	-	3,29	3,29	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38
Jednorazowe zużycie MW wybuchowych	kg	6	6	0	0	0	0	0	0	0
Wymagany strumień objętościowy powietrza w wyrobisku	m ³ /min	320	320	235	235	320	320	320	320	320
System wentylacji	-	tłocząca	tłocząca	ssąca	ssąca	tłocząca	tłocząca	tłocząca	tłocząca	tłocząca
Rodzaj lutniociągu	-	elast.	elast.	metal.	metal.	metal.	metal.	metal.	metal.	metal.
Średnica lutniociągu	mm	800	800	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Jakość uszczelnienia	-	prawie dobra	prawie dobra	dość dobra	dość dobra	prawie dobra	prawie dobra	prawie dobra	prawie dobra	prawie dobra
Zasobnik lutniowy	-	-	-	-	-	tak	tak	tak	tak	tak
Lutnia wirowa	-	-	-	-	-	WIR-700	WIR-700	WIR-700	WIR-700	WIR-700
Chłodnica powietrza	-	-	DV-290	-	DV-290	-	-	DV-290	-	DV-290
Lokalizacja chłodnicy powietrza	m	0	200	0	200	0	200	0	200	180
Temperatura powietrza w przodku	°C	27,8	19,5	31,8	17,6	30,8	30,8	15,8	15,8	15,8
Temperatura powietrza na wylocie	°C	29,4	24,8	23,0	23,0	30,4	30,4	22,1	22,1	22,1
Wentylator	typ	WLE-1004A/1	WLE-1004A	WLE-1003B	WLE-1003B	WLE-1003B	WLE-1003B	WLE-1003B	WLE-1003B	WLE-1003B
	spiętnienie całkowite	Pa	2650	2650	1760	1760	1760	1760	1760	2250
Odpylacz	wydajność	m ³ /min	660	660	770	770	770	770	770	740
	typ	-	-	OM-1000	OM-1000	OM-1000	OM-1000	OM-1000	OM-1000	UO-630
Strumień objętościowy powietrza w przodku	wydajność	m ³ /min	-	-	770	770	770	770	770	260
	typ	-	-	OM-1000	OM-1000	OM-1000	OM-1000	OM-1000	OM-1000	UO-630
Strumień objętościowy powietrza w przodku	m ³ /min	430	460	300	300	380	380	380	380	380

Rysunek 8 przedstawia rozkład temperatury powietrza przy schładzaniu za pomocą chłodnicy DV-290 dla przykładu 3b.



Rys. 8. Wykres rozkładu temperatury powietrza wzdłuż projektowanego wyrobiska dla przykładu 3b

Wykorzystanie programu komputerowego AGHWEN-3.0 umożliwia wariantowe przeprowadzenie obliczeń i wybranie optymalnego rozwiązania wentylacji z uwagi na występujące zagrożenia naturalne.

Zakończeniem prowadzonych obliczeń jest zapis wyników na dysku lub wydruk na drukarce. Wydruk wyników obliczeń następuje w formie raportu projektu wentylacji odrębnej zgodnie z wymaganymi przepisami górnictwymi.

4. Wnioski

Właściwy dobór wentylacji odrębnej ma bardzo istotne znaczenie w przypadku występowania dużego zagrożenia metanowego i temperaturowego. W warunkach kopalnianych szczególną uwagę należy zwrócić na szczelność lutniociągu, gdyż jest to zasadniczy czynnik decydujący o skuteczności przewietrzania wyrobiska ślepego.

Wykorzystując program komputerowy AGHWEN-3.0, można w bardzo krótkim czasie ustalić optymalne parametry wentylacji odrębnej z uwagi na wymagane warunki przewietrzania wyrobiska.

Program umożliwi również przeprowadzenie prognozy metanowości wyrobiska ślepego oraz określenie warunków temperaturowych w wyrobisku łącznie z uwzględnieniem schładzania powietrza.

Podany tok postępowania przy obliczaniu wentylacji odrębnej za pomocą programu AGHWEN-3.0 oparty jest o szeroką bazę rodzajów i typów lutni, wentylatorów lutniowych, odpylaczy, chłodnic powietrza i elementów dodatkowego wyposażenia lutniociągów stosowanych w polskich kopalniach podziemnych.

LITERATURA

- [1] *Pawiński J., Roszkowski J., Strzeński J.*: Przewietrzanie kopalń. Katowice, Wyd. „Śląsk” 1995
- [2] *Pawiński J., Roszkowski J.*: Ruch powietrza w przewodach z uwzględnieniem strat. *Archiwum Górnictwa*, t. 10, z. 4, 1965
- [3] *Pawiński J., Roszkowski J., Szlązak N., Tor A.*: The distribution of methane concentration in drifts being excavated with continuous miners. 26th International Conference of Research Mining Institutes, Katowice, 1995
- [4] *Pawiński J., Roszkowski J., Szlązak N.*: Zmiany koncentracji metanu w wyrobiskach korytarzowych. *Archiwum Górnictwa*, t. 42, z. 3, 1995
- [5] *Pawiński J.*: Straty powietrza w lutniociągach w świetle przepływów z wymianą masy. *Archiwum Górnictwa*, t. 12, z. 3, 1968
- [6] *Szlązak N., Tor A.*: Distribution of methane concentration in mining galleries excavated with continuous miners with regard to air leakages. *Archives of Mining*, vol. 42, No. 4, 1997
- [7] *Szlązak N., Tor A.*: Mining research into the distribution of methane concentration in mining galleries ventilated by duct lines. *Archives of Mining*, vol. 43, No. 1, 1998
- [8] *Szlązak N., Szlązak J., Tor A., Obracaj D., Borowski M.*: Ventilation systems in dead-end headings with coal dust and methane hazard. 30th International Conference of Safety in Mines Research Institutes, Johannesburg 5–9 October 2003
- [9] *Szlązak N., Obracaj D., Borowski M.*: Systemy przewietrzania ślepych wyrobisk ślepych w kopalniach węgla kamiennego. *Przegląd Górniczy*, nr 7–8, 2003
- [10] *Szlązak N., Obracaj D., Borowski M.*: Optymalny dobór parametrów wentylacji lutniowej dla wyrobisk korytarzowych przy wykorzystaniu programu komputerowego AGHWEN. *Kwartalnik AGH Górnictwo*, r. 25, z. 3, 2001
- [11] *Szlązak N., Szlązak J., Tor A.*: Systemy przewietrzania ślepych wyrobisk ślepych w kopalniach węgla kamiennego w warunkach zagrożenia metanowego i pyłowego. Kraków, UWND AGH 2003.
- [12] Wytyczne prowadzenia robót górniczych w warunkach zagrożenia klimatycznego w kopalniach eksploatających złoża na dużych głębokościach. Dokumentacja GIG nr 01.4.05.05./NO1/81D2