

*klimatyzacja kopalń
prognoza temperatury powietrza*

Franciszek ROSIEK*, Marek SIKORA*, Jacek URBAŃSKI*, Janusz WACH*

WYZNACZANIE WSPÓLCZYNNIKÓW TERMICZNYCH DLA ODDZIAŁÓW EKSPLOATACYJNYCH W OPARCIU O POMIARY KOPALNIANE

Prowadzenie wariantowych obliczeń rozplywu powietrza z prognozą temperatury dla lokalnych sieci wentylacyjnych oddziałów przygotowawczych i eksploatacyjnych wymaga znajomości dla poszczególnych bocznic szeregu parametrów. Ustalenie ich wymiarów geometrycznych i parametrów aerodynamicznych nie stanowi większego problemu, natomiast w przypadku wykorzystywania do prognozy temperatury powietrza metody J. Voss'a, problem stanowi wyznaczenie uśrednionych wartości współczynnika ciepła konwekcyjnego i ekwiwalentnego współczynnika przewodzenia ciepła w wilgotnym górotworze otaczającym wyrobiska lokalnych sieci wentylacyjnych oddziałów przygotowawczych i eksploatacyjnych.

W artykule przedstawiono metodę wyznaczania współczynników ε_s i λ_e dla oddziałowych sieci wentylacyjnych z wykorzystaniem wyników pomiarów temperatur powietrza przeprowadzonych w wybranych bocznicach tych sieci.

1. WPROWADZENIE

Stosowany w kopalniach LGOM system filarowo – komorowy prowadzi do powstania lokalnych sieci wentylacyjnych składających się często z kilkuset bocznic o długości od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Chcąc prognozować temperaturę powietrza w takich sieciach konieczna jest znajomość szeregu współczynników, które często są specyficzne dla poszczególnych metod prognozowania temperatury. Ponieważ obecnie do prognozowania temperatury powietrza służby wentylacyjne kopalń LGOM wykorzystują metodę J. Voss'a (Voss, 1981) w niniejszej pracy przedstawiono sposób pozwalający, w oparciu o pomiary kopalniane, wyznaczyć potrzebne w tej metodzie współczynniki termiczne.

* Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, pl. Teatralny 2, 50-051 Wrocław,
e-mail: franciszek.rosiek@pwr.wroc.pl

W pracy korzysta się ze zmodyfikowanej metody J. Voss'a (Rosiek i in., 1988; Rosiek i in., 1989], w której prognozowaną temperaturę powietrza na wylocie z wyrobiska wyznacza się z zależności:

$$t_{sw} = t_x - (t_x - t_{sd}) \exp\left(-\frac{\varepsilon_s \lambda_e B K i}{\dot{m}_a c_{pa} r_0} L\right) \quad (1)$$

przy czym:

$$t_x = t_{pm} + \frac{r_0}{\varepsilon_s \lambda_e B K i} \left(\dot{q}_{za} - \frac{\dot{m}_a g (z_w - z_d)}{L} \right) \quad (2)$$

gdzie:

t_{sw} - prognozowana temperatura powietrza mierzona termometrem suchym na końcu wyrobiska, °C,

t_{sd} - temperatura powietrza mierzona termometrem suchym na początku wyrobiska, dla którego wykonujemy prognozę, °C,

t_{pm} - średnia temperatura pierwotna skał otaczających wyrobisko, °C,

ε_s - współczynnik ciepła konwekcyjnego, które ogrzewa powietrze suche, równy ilorazowi ciepła konwekcyjnego do ciepła całkowitego,

λ_e - ekwiwalentny współczynnik przewodzenia ciepła w wilgotnym masywie skalnym, W/(mK),

Ki - liczba Kirpiczewa,

r_0 - promień równoważny wyrobiska, m,

A - pole przekroju poprzecznego wyrobiska, m²,

B - obwód wyrobiska, m,

L - długość wyrobiska, m,

c_{pa} - właściwa pojemność cieplna powietrza suchego, $c_{pa} = 1005 \text{ J/(kg K)}$,

\dot{m}_a - strumień masy powietrza suchego, kg/s,

\dot{q}_{za} - zagęszczenie strumienia ciepła od dodatkowych źródeł ciepła, W/m,

g - przyspieszenie siły ciężkości, $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$,

z_d, z_w - odpowiednio wysokości niwelacyjne przekroju dopływu i wypływu wyrobiska, dla którego wykonuje się prognozę temperatury powietrza, m.

Chcąc dokonać prognozy temperatury powietrza w wyrobisku korytarzowym, należy, jak to wynika ze wzorów (1) i (2), znać:

- parametry dotyczące wymiarów geometrycznych wyrobiska, jego nachylenia i czasu istnienia,

- parametry początkowe przepływającego wyrobiskiem powietrza,
- parametry dodatkowych źródeł ciepła mogących wystąpić w wyrobisku,
- parametry opisujące górotwór otaczający wyrobisko.

Trzy pierwsze grupy parametrów wyznacza się analogicznie jak dla większości klasycznych metod prognozowania temperatury powietrza. Specyficzne dla tej metody są jedynie parametry opisujące górotwór otaczający wyrobisko. Zakłada się w tej metodzie, że górotwór otaczający wyrobisko jest górotworem wilgotnym i w związku z tym, zamiast współczynnika przewodzenia ciepła wyznaczonego laboratoryjnie (dla górotworu suchego) w metodzie J. Voss'a korzysta się ze współczynników wyznaczonych w oparciu o pomiary kopalniane. W tym celu dla istniejących wyrobisk wykonuje się pomiary parametrów powietrza i wyznacza analitycznie współczynniki termiczne, tj. współczynnik ciepła konwekcyjnego ε_s i ekwiwalentny współczynnik przewodzenia ciepła λ_e w wilgotnym górotworze. Wyznaczone w ten sposób współczynniki wykorzystuje się następnie do prognozy temperatury powietrza w nowoprojektowanych wyrobiskach, przyjmując, że współczynniki te wyznaczono dla warunków geologiczno-górnicych jakie prawdopodobnie wystąpią w projektowanym wyrobisku.

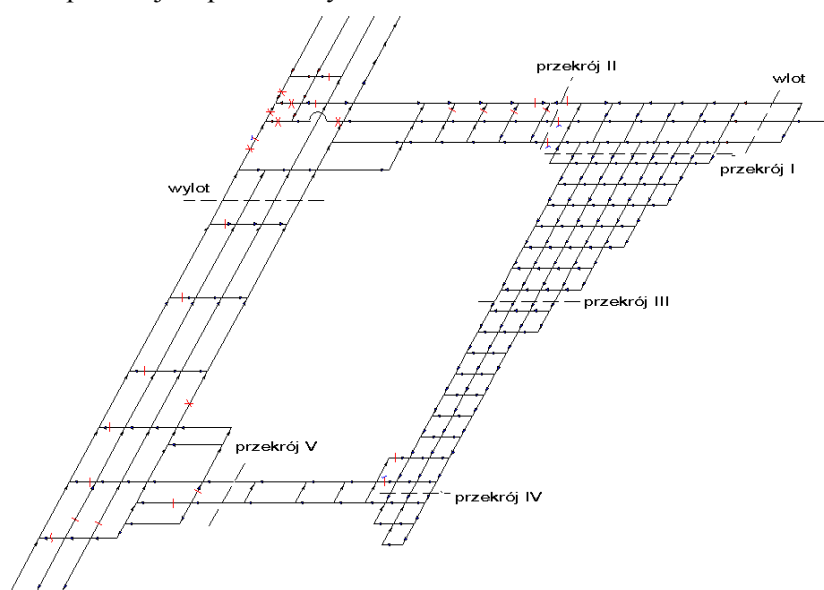
2. WYZNACZANIE WSPÓLCZYNNIKÓW TERMICZNYCH ε_s I λ_e DLA ODDZIAŁÓW FILAROWO-KOMOROWYCH W OPARCIU O POMIARY KOPALNIANE

Dla wyznaczenia, w oparciu o pomiary kopalniane, współczynnika ciepła konwekcyjnego ε_s oraz ekwiwalentnego współczynnika przewodzenia ciepła λ_e w wilgotnym górotworze wykonuje się pomiary parametrów powietrza na wlocie i wylocie wyrobiska. W czasie tych pomiarów powinny być wyłączone dodatkowe źródła ciepła oraz zapewniona niezmienność strumienia powietrza na całej długości wyrobiska. Z uwagi na dokładność stosowanych w praktyce przyrządów pomiarowych mierzone przyrosty temperatur powinny być stosunkowo duże, a to jest możliwe przy dużych długościach wyrobisk. Sposób wyznaczenia dla takich wyrobisk współczynników ε_s i λ_e został przedstawiony w pracy (Rosiek i in., 1988). Jeśli wyrobisko (wyrobiska), z uwagi na niezmienność strumienia powietrza, trzeba podzielić na stosunkowo krótkie odcinki, jak to ma miejsce np. w przypadku wyrobisk wielonitkowych, przedstawiona w pracy (Rosiek i in., 1988) metoda wyznaczania tych współczynników nie daje zadowalających rezultatów. Dla tego typu wyrobisk opracowano metodę wyznaczania uśrednionych wartości współczynników ε_s i λ_e (Rosiek i in., 2003). Przedstawiona w tej pracy metoda wyznaczenia współczynników ε_s i λ_e pozwala wyznaczyć je dla

wyrobisk o zmiennym strumieniu powietrza, złożonych z szeregowo połączonych odcinków o różnej długości i różnych wielkościach płynących przez nie strumieni powietrza.

Opracowane do tej pory metody wyznaczania współczynników ε_s i λ_e nie nadają się jednak dla wyznaczania ich w złożonych sieciach wyrobisk, jakimi są oddziały filarowo-komorowe. Oddziały te złożone są często z kilkuset bocznic o długości od kilkunastu do co najwyżej kilkudziesięciu metrów, przy czym długości te zależą głównie od warunków geologiczno-górnictwowych w miejscu lokalizacji danego oddziału.

Dla wyznaczenia współczynników ε_s i λ_e reprezentatywnych dla danego oddziału filarowo-komorowego konieczna jest znajomość rozplywu powietrza w takim oddziale oraz wykonanie pomiarów temperatury powietrza w wybranych bocznicach sieci wentylacyjnej tego oddziału. Liczba bocznic w których należy wykonać pomiary temperatury powietrza zależy głównie od struktury oddziału. Bezwzględnie należy wykonać pomiary temperatury powietrza w bocznicach wlotowych i wylotowych danego oddziału oraz w bocznicach leżących na kilku charakterystycznych przekrojach w poprzek frontu oddziału (rys. 1). Im większa będzie liczba przekrojów pomiarowych



Rys. 1. Schemat oddziału filarowo-komorowego
Fig. 1. Scheme of room-and-pillar area.

na froncie oddziału tym należy oczekiwać lepszego dopasowania prognozy temperatury powietrza, wykonanej w oparciu o tak wyznaczone współczynniki, z wynikami pomiarów kopalnianych. Dla praktycznego wyznaczenia, w oparciu o

pomiary kopalniane, współczynnika ciepła konwekcyjnego ε_s oraz ekwiwalentnego współczynnika przewodzenia ciepła λ_e w wilgotnym górotworze, wykorzystano model oddziały filarowo-komorowego przedstawiony na rys. 1.

2.1. WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKA CIEPŁA KONWEKCYJNEGO ε_s

Współczynnik ciepła konwekcyjnego ε_s określający jaka część ciepła dopływającego z górotworu do powietrza idzie na podwyższenie temperatury na termometrze suchym definiuje się jako stosunek, między przekrojami dopływu i wypływu, przyrostów entalpii powietrza suchego do wilgotnego. Zależność pozwalająca wyznaczyć ten współczynnik ma więc postać

$$\varepsilon_s = \frac{c_{pa}(t_{sw} - t_{sd})}{c_{pa}(t_{sw} - t_{sd}) + (x_w - x_d)r_b + c_{pw}(t_{sw}x_w - t_{sd}x_d)} \quad (3)$$

gdzie:

t_{sd}, t_{sw} - odpowiednio temperatura mierzona termometrem suchym na początku i końcu wyrobiska, °C,

r_b - ciepło parowania wody; $r_b \cong 2500$ kJ/kg,

c_{pa} - pojemność cieplna powietrza suchego pod stałym ciśnieniem; $r_b \cong 1,005$ kJ/(kgK),

c_{pw} - pojemność cieplna pary wodnej pod stałym ciśnieniem; $r_b \cong 1,86$ kJ/(kgK),

x_d, x_w - odpowiednio stopień zawilżenia powietrza na początku i końcu wyrobiska, kg/kg, przy czym:

$$x_{(d,w)} = 0.622 \frac{P_{p(d,w)}}{P_{(d,w)} - P_{p(d,w)}} \quad (4)$$

gdzie:

p_p - ciśnienie cząstkowe pary wodnej, Pa.

Ciśnienie cząstkowe pary wodnej p_p dla przekroju dopływu (d) i wypływu (w) można obliczyć z przybliżonego wzoru w postaci

$$p_{p(d,w)} = 610.5 \times \exp\left(\frac{17.27 \times t_{w(d,w)}}{237.3 + t_{w(d,w)}}\right) - 0.000644 \times p_{(d,w)} \times (t_{s(d,w)} - t_{w(d,w)}) \quad (5)$$

Z zależności (3,4,5) widać, że dla wyznaczenia współczynnika ciepła konwekcyjnego ε_s dla poszczególnych wyrobisk (bocznic) oddziałowej sieci wentylacyjnej należy przeprowadzić pomiary parametrów powietrza na początku i

końcu każdego wyrobiska wchodzącego w skład oddziału. Parametry te obejmują temperaturę powietrza mierzoną termometrem suchym t_s i wilgotnym t_w , oraz ciśnienie statyczne, bezwzględne powietrza na początku i końcu wyrobiska p_d i p_w .

2.2. WYZNACZANIE EKWIWALENTNEGO WSPÓŁCZYNNIKA PRZEWODZENIA CIEPŁA λ_e W WILGOTNYM GÓROTWORZE

Dla wyznaczenia ekwiwalentnego współczynnika przewodzenia ciepła λ_e korzysta się ze wzoru (1) na prognozowaną temperaturę powietrza na końcu wyrobiska. Po jego przekształceniu otrzymuje się zależność:

$$\lambda_e = \frac{m_a c_{pa} r_0}{\varepsilon_s BLK_i} \ln \frac{t_x - t_{sd}}{t_x - t_{sw}} \quad (6)$$

Ponieważ w tej zależności występuje liczba Kirpiczewa, która jest między innymi funkcją szukanego współczynnika λ_e obliczenia ekwiwalentnego współczynnika przewodzenia ciepła trzeba dokonać w sposób iteracyjny, przyjmując w zerowym przybliżeniu, że wartość współczynnika λ_e równa jest współczynnikowi przewodzenia ciepła λ , wyznaczonemu dla skał otaczających wyrobisko metodami laboratoryjnymi.

Wobec tego zależność ta przyjmie postać:

$$\lambda_e^{(i)} = \frac{m_a c_{pa} r_0}{\varepsilon_s BLK_i^{(i-1)}} \ln \frac{t_x - t_{sd}}{t_x - t_{sw}} \quad (6a)$$

gdzie:

i - numer iteracji.

Proces iteracyjnego wyznaczania ekwiwalentnego współczynnika przewodzenia ciepła λ_e należy prowadzić tak długo, aż spełniona będzie nierówność:

$$\left| \frac{\lambda_e^{(i)} - \lambda_e^{(i-1)}}{\lambda_e^{(i)}} \right| \leq \Delta \quad (7)$$

przy czym za Δ przyjmuje się arbitralnie np. liczbę z przedziału 0,001- 0,01.

Szczegółowo tok iteracyjnego wyznaczania ekwiwalentnego współczynnika przewodzenia ciepła λ_e dla pojedynczego wyrobiska przedstawiono w pracach (Rosiek i in., 1988; Rosiek i in., 1989).

Wyznaczenie w oparciu o zależności (3) i (6a) współczynników ε_s i λ_e jest możliwe jedynie dla wyrobisk, w których mierzalne są (przyrządami stosowanymi w praktyce kopalnianej - psychrometrami Assmana) różnice temperatury powietrza.

W większości elementów oddziałowej sieci wentylacyjnej przyrosty temperatur powietrza są mniejsze niż dokładność stosowanych przyrządów pomiarowych (0,2 °C). Dlatego też wyznaczenie uśrednionych wartości współczynników ε_s i λ_e dla oddziału filarowo-komorowego wymaga innego podejścia. W niniejszej pracy zaproponowano wyznaczenie tych współczynników metodą prognostyczną z wykorzystaniem wyników pomiarów wykonanych w wybranych bocznicach oddziałowej sieci wentylacyjnej.

3. PROGNOSTYCZNE WYZNACZANIE WSPÓŁCZYNNIKÓW TERMICZNYCH ε_s I λ_e W OPARCIU O POMIARY KOPALNIANE

Wyznaczanie uśrednionych wartości współczynników ε_s i λ_e dla oddziałowych sieci wentylacyjnych, z uwagi na dużą złożoność tych sieci, można praktycznie prowadzić jedynie za pomocą specjalnie do tego celu skonstruowanego programu obliczeniowego. Schemat blokowy algorytmu obliczeniowego takiego programu przedstawiono na rys. 2.

Zgodnie z tym algorytmem wartości współczynników ε_s i λ_e wyznacza się w sposób iteracyjny. Prognozując w każdej iteracji temperatury powietrza we wszystkich bocznicach oddziałowej sieci wentylacyjnej i porównując je z wynikami pomiarów kopalnianych uzyskuje się pola temperatur powietrza jak najbardziej zbliżone do wyników pomiarów wykonanych termometrami suchym i wilgotnym w wybranych bocznicach tej sieci.

Funkcję optymalizującą dopasowanie pól temperatur powietrza uzyskanych z prognozy i z pomiarów kopalnianych zdefiniowano dla potrzeb tego algorytmu wzorem

$$F_c = \sum_{i=1}^{N_b} (\Delta t_{sw}^2 + \Delta t_{ww}^2) \quad (8)$$

gdzie:

$$\Delta t_{sw} = t_{sw} - t_{swp} \quad (9)$$

$$\Delta t_{ww} = t_{ww} - t_{wwp} \quad (10)$$

t_{sw} , t_{swp} - odpowiednio temperatura sucha powietrza na końcu bocznicy, uzyskana z pomiarów i temperatura sucha powietrza otrzymana w wyniku prognozy, °C,

t_{ww} , t_{wwp} - odpowiednio temperatura wilgotna powietrza na końcu bocznicy, uzyskana z pomiarów i temperatura wilgotna powietrza otrzymana w wyniku prognozy, °C

N_b - liczba bocznic wchodzących w skład oddziałowej sieci wentylacyjnej.

Zaproponowany algorytm obliczeniowy szuka wartości współczynników ε_s i λ_e przy których funkcja F_c osiągnie minimum. W wyniku działania programu obliczeniowego opartego na tym algorytmie otrzymuje się uśrednione wartości współczynników ε_s i λ_e dla danego oddziału filarowo – komorowego.

Dla zilustrowania działania zaproponowanego algorytmu konieczne było wykonanie stosownego programu obliczeniowego. Wykorzystując program obliczeniowy dla oddziałowej sieci wentylacyjnej przedstawionej na rys. 1. dokonano obliczeń uśrednionych wartości współczynników ε_s i λ_e . W tym celu konieczne było opracowanie modelu cyfrowego tej sieci, pozwalającego odwzorować istniejący w niej rozptył powietrza, a także dokonać pomiarów temperatur powietrza na termometrach suchym i wilgotnym w wybranych bocznicach tej sieci. Wyniki stosownych pomiarów, prognoz oraz wyniki końcowe współczynników ε_s i λ_e dla analizowanego oddziału filarowo-komorowego (rys. 1) zestawiono w tab. 1.

Końcowe wyniki prognozy temperatur powietrza na termometrze suchym i wilgotnym uzyskano po osiągnięciu przez funkcję celu wartości minimalnej równej $F_c = 0,6823$. Funkcja celu osiąga minimum dla wartości współczynników równych $\varepsilon_s = 0,21$ i $\lambda_e = 5,61$ W/(m·K). Zgodnie z przyjętym algorytmem wyznaczone wartości współczynników są szukanymi uśrednionymi wartościami tych współczynników dla badanego oddziału filarowo – komorowego. Porównując wyniki pomiarów temperatur powietrza dla oddziału filarowo – komorowego z rys. 1. z wynikami prognozy widać, że maksymalne różnice na termometrze suchym i wilgotnym wynoszą około 0,3 °C. Jednak większość wyników pomiarów różni się od prognozowanych nie więcej niż dokładność stosowanych przyrządów pomiarowych, czyli 0,2 °C.

Uzyskane różnice temperatur między wynikami prognozy i pomiarów pozwalają stwierdzić, że zaproponowana iteracyjna metoda wyznaczania współczynników ε_s i λ_e może być z powodzeniem stosowana do wyznaczania tych współczynników dla oddziałowych sieci wentylacyjnych. Nadmienić jednak należy, że dokładność wyżej przedstawionej metody zależeć będzie od dokładności odwzorowania oddziałowej sieci wentylacyjnej oraz dokładności i ilości przeprowadzonych pomiarów w bocznicach tej sieci.

4. ZAKOŃCZENIE

Dotychczas znane metody wyznaczania współczynników ε_s i λ_e wykorzystywanych w metodzie J. Voss'a pozwalały wyznaczać te współczynniki dla długich wyrobisk, w których na całej długości płynie ten sam strumień powietrza lub co najwyżej dla wyrobisk wielonitkowych o zmiennym strumieniu powietrza na ich długości. Nie była

jednak do tej pory znana metoda wyznaczania tych współczynników dla oddziaływanych

Tabela 1
Wyniki pomiarów i prognozy temperatury powietrza w wybranych bocznicach sieci z rys. 1

Przekrój przez sieć	Nr bocznic	Temperatura powietrza				Różnica temperatur powietrza		Wyniki
		z pomiarów		prognozowana		na termometrze suchym	na termometrze wilgotnym	
		t_s	t_w	t_s	t_w	Δt_s	Δt_w	
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	
Wlot	1	28,40	24,00	28,37	24,09	0,03	-0,09	$\varepsilon_s = 0,21$ $\lambda_e = 5,61$ $W/(m \cdot k)$ $F_{c \min} = 0,6823$
	2	28,40	24,00	28,35	24,07	0,05	-0,07	
	3	28,40	24,00	28,39	24,12	0,01	-0,12	
Przekrój I	4	29,60	25,70	29,68	25,71	-0,08	-0,01	
	5	29,20	25,20	29,11	25,03	0,09	0,17	
	6	29,40	25,40	29,44	25,44	-0,04	-0,04	
	7	28,40	24,20	28,46	24,22	-0,06	-0,02	
	8	28,60	24,20	28,5	24,26	0,10	-0,06	
	9	28,60	24,40	28,54	24,32	0,06	0,08	
	10	28,60	24,40	28,61	24,41	-0,01	-0,01	
	11	28,80	24,40	28,68	24,5	0,12	-0,10	
	12	28,80	24,60	28,76	24,61	0,04	-0,01	
	Przekrój II	13	28,80	24,80	28,86	24,72	-0,06	
14		29,00	25,00	28,98	24,88	0,02	0,12	
15		29,00	25,20	29,32	25,3	-0,32	-0,10	
Przekrój III	16	29,20	25,00	29,15	25,1	0,05	-0,10	
	17	29,20	25,20	29,23	25,2	-0,03	0,00	
	18	29,40	25,40	29,34	25,33	0,06	0,07	
Przekrój IV	19	29,60	25,40	29,51	25,53	0,09	-0,13	
	20	29,60	25,60	29,63	25,68	-0,03	-0,08	
	21	29,80	25,80	29,73	25,81	0,07	-0,01	
Przekrój V	22	30,00	26,00	29,89	26	0,11	0,00	
	23	30,20	26,40	30,01	26,14	0,19	0,26	
	24	30,20	26,40	29,98	26,1	0,22	0,30	
Wylot	25	30,40	26,60	30,49	26,67	-0,09	-0,07	
	26	30,60	26,80	30,76	26,95	-0,16	-0,15	
	27	30,60	26,80	30,49	26,66	0,11	0,14	
	28	30,40	26,60	30,43	26,59	-0,03	0,01	

sieci wentylacyjnych, które w przypadku stosowania systemów filarowo – komorowych mogą składać się nawet z kilkuset stosunkowo krótkich bocznic. Zaproponowana

w pracy metoda wyznaczania tych współczynników, oparta na algorytmie obliczeniowym, przedstawionym na rys. 2 pozwala z wystarczającą dla praktyki kopalnianej precyzją wyznaczać uśrednione wartości współczynników ε_s i λ_e dla oddziaływanych sieci wentylacyjnych. Współczynniki te umożliwiają wykonywanie wariantowych obliczeń rozplywu powietrza z prognozą temperatury metodą J. Vossa dla danego oddziału oraz innych oddziałów o zbliżonych warunkach geologiczno-górnictwowych.

LITERATURA

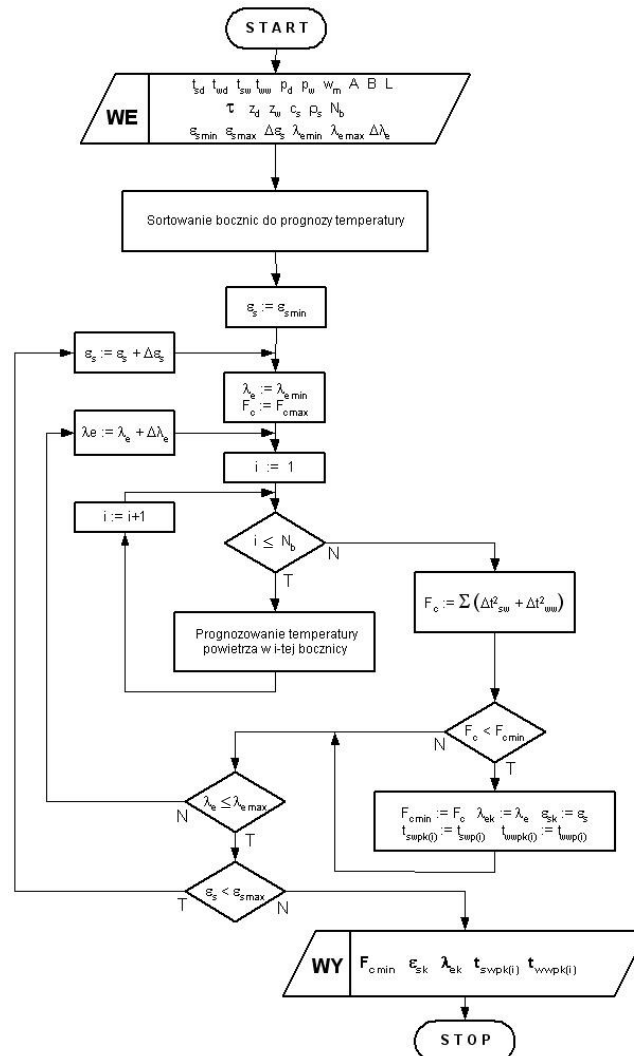
- ROSIEK F., TCHÓRZEWSKI J., URBAŃSKI J.: *Prognozowanie temperatury powietrza w kopalniach LGOM zmodyfikowaną metodą J. Voss'a z wykorzystaniem mikrokomputerów*. Cuprum nr 1 /88.
- ROSIEK F., SIKORA M., URBAŃSKI J.: *Zastosowanie metody J. Voss'a do prognozowania temperatury powietrza w wyrobiskach kopalń LGOM*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Pol. Wrocławskiej, Seria: Studia i Materiały nr 18, Wrocław 1989
- ROSIEK F., SIKORA M., URBAŃSKI J.: *Wyznaczenie współczynników dla metody J. Voss'a w oparciu o pomiary kopalniane*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Pol. Wrocławskiej nr 105, Seria: Konferencje nr 38, Wrocław 2003
- VOSS J.: *Grubenklima*, Gluckauf-Betriebsbucher, Band 27, Essen 1981

*mine air cooling,
air temperature prediction*

DETERMINATION OF THERMAL CONDUCTIVITIES FOR MINING DISTRICTS BASED ON UNDERGROUND MEASUREMENTS

A number of parameters for each airway is necessary to run variant calculations of airflow with temperature prediction for local ventilation networks of mining districts. In case of J. Voss method thermal convection coefficient and effective thermal conductivity are required. Unlike aerodynamic parameters or geometry dimensions these properties are difficult to determine particularly for damp rock mass surrounding local ventilation networks of mining districts.

In the paper the method of determining ε_s and λ_e coefficients for ventilation networks of mining districts is presented. The method bases on underground measurements carried out in selected airways.



Rys. 2. Schemat blokowy algorytmu wyznaczania współczynników ε_s i λ_e

N_b – liczba bocznic sieci oddziałowej, $F_{c \min}$ $F_{c \max}$ – ekstremalne wartości funkcji F_c ,
 $\varepsilon_{s \min}$ $\varepsilon_{s \max}$ ε_{sk} – odpowiednio wartość minimalna, maksymalna i końcowa współczynnika ε_s ,
 $\lambda_{e \min}$ $\lambda_{e \max}$ λ_{ek} – odpowiednio wartość minimalna, maksymalna i końcowa współczynnika λ_e ,
 $\Delta\varepsilon_s$ – przyrost ε_s , $\Delta\lambda_e$ – przyrost λ_e , $t_{swpk(i)}$ $t_{wvpk(i)}$ – odpowiednio temp. sucha i wilgotna powietrza na końcu i -tego wyrobiska (bocznicy)

Fig. 2. Flow chart of ε_s and λ_e calculation algorithm.

N_b – number of airways, $F_{c \min}$ $F_{c \max}$ – extreme values of function F_c ,
 $\varepsilon_{s \min}$ $\varepsilon_{s \max}$ ε_{sk} – respectively minimal, maximal and final value of ε_s ,
 $\lambda_{e \min}$ $\lambda_{e \max}$ λ_{ek} – respectively minimal, maximal and final value of λ_e ,
 $\Delta\varepsilon_s$ – ε_s increment, $\Delta\lambda_e$ – λ_e increment, $t_{swpk(i)}$ $t_{wvpk(i)}$ – respectively dry and wet thermometer temperatures at the end of the i -th airway.