

Eugeniusz Krause

Główny Instytut Górnictwa, Kopalnia Doświadczalna „Barbara”, Mikołów

Model bezpieczeństwa dla projektowanych ścian w pokładach metanowych

WPROWADZENIE

Proces restrukturyzacji polskiego górnictwa, stymulowany wymaganiami gospodarki rynkowej, wymusił obniżenie jednostkowego kosztu produkcji węgla, co osiągnięte jest głównie poprzez wzrost koncentracji wydobycia.

Zwiększająca się od szeregu lat koncentracja wydobycia, przy sukcesywnym prowadzeniu eksploatacji na większej głębokości w silnie metanowym złożu, spowodowała skumulowanie ilości wydzielającego się metanu w mniejszej liczbie ścian, tym samym wzrost ich metanowości bezwzględnej. Powyższa sytuacja spowodowała, że w ścianach eksploatujących silnie metanowe pokłady wentylacyjne sposoby zwalczania zagrożenia metanowego, nawet przy prowadzeniu odmetanowania, są często niewystarczające. Taka sytuacja wymaga, przy braku możliwości zmian w warunkach przewietrzania oraz odmetanowania, ograniczenia postępu eksploatacyjnego ściany, tym samym i wielkości wydobycia. Planowana wielkość wydobycia ze ściany powinna być zatem wynikiem przeprowadzonego bilansu wentylacyjno-metanowego w warunkach projektowanego sposobu przewietrzania oraz odmetanowania.

Ustalenie planowanej wielkości wydobycia ze ściany, jedynie na podstawie parametrów takich, jak: długość, wysokość i postęp ściany, jest niewłaściwe, ponieważ właśnie te parametry rzutują bezpośrednio na objętość strefy odprężonego złoża i pośrednio wpływają na ilość uwalnianego metanu do środowiska ściany z odgazowywania pokładów podebranych i nadebranych.

Wiarygodne oszacowanie poziomu zagrożenia metanowego na etapie projektowania eksploatacji, powinno bazować na wynikach prognoz dla kolejnych odcinków wybiegu ściany. Metoda prognozowania zawarta w Instrukcji nr 14 Głównego Instytutu Górnictwa pt. „Dynamiczna prognoza metanowości bezwzględnej ścian” [2] pozwala na wykonanie prognostycznych obliczeń, przy założeniu różnych wartości parametrów projektowanej ściany.

Prognoza wydzielania metanu na wybiegu projektowanej ściany powinna uwzględniać zmieniające się nasycenie metanem zarówno pokładu eksploatowanego, jak i otaczającego złoża oraz umożliwiać obliczenie wielkości wydzielania metanu dla różnych postępów eksploatacyjnych.

Wartości prognozowanego wydzielania metanu dla projektowanego rejonu eksploatacyjnego, przy założeniu zmiennych postępów ściany, powinny być podstawą do doboru układu przewietrzania wraz z wydatkami powietrza, decyzji o zastosowaniu lub nie odmetanowania, jak i określenia dopuszczalnych bezpiecznych wielkości wydobycia na eksploatacyjnym wybiegu ściany.

W świetle powyższego, na etapie projektowania ściany w pokładach metanowych, należy wyprzedzająco określić możliwą dopuszczalną wielkość wydobycia, zapewniającą bezpieczną pracę załogi po uruchomieniu ściany. Spełnienie kryteriów warunkujących bezpieczną eksploatację można przeprowadzić w oparciu o algorytm postępowania zawarty w Instrukcji nr 17 Głównego Instytutu Górnictwa

wydanej w 2004 roku pt. „Zasady prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego” [3] zarówno dla projektowanych, jak i eksploatowanych ścian. Opracowane „Zasady...” wprowadzają pojęcie metanowości kryterialnej, której wartość należy obliczać dla ścian usytuowanych w pokładach zaliczonych do II, III i IV kategorii zagrożenia metanowego. Pod pojęciem metanowości kryterialnej rozumiemy taką wartość metanowości bezwzględnej, przy której w danych warunkach przewietrzania i odmetanowania oraz przy nierównomiernym wydzielaniu metanu do środowiska ściany, nie będą występować przekroczenia dopuszczalnej zawartości metanu w prądzie powietrza zużytego.

Nadmienić należy, że „Zasady...” [3] są stosowane w kopalniach metanowych i pozwalają na jednoznaczną ocenę poziomu zagrożenia metanowego zarówno na etapie projektowania, jak i prowadzenia eksploatacji.

WPLYW PARAMETRÓW ŚCIANY NA WIELKOŚĆ WYDZIELANIA METANU

Parametrami ściany, które w zasadniczy sposób kształtują wydzielanie metanu do rejonu eksploatacyjnego, są:

- wysokość eksploatowanej ściany,
- długość ściany,
- postępowanie ściany,
- czas trwania cyklu urabiania kombajnem,
- prędkość urabiania kombajnem.

Wysokość ściany wpływa proporcjonalnie na wielkość wydobycia z 1 cyklu, ponadto jest parametrem rzutującym na ilość uwalnianych desorbowlanych zasobów metanu z pokładu eksploatowanego oraz pośrednio wpływa na stopień odgazowania pokładów podebranych i nadebranych, objętych strefą odprężenia eksploatacyjnego.

Objętość desorbowlanych zasobów metanu uwalnianych do ściany podczas wykonywania cyklu urabiania zwiększa się w jednostce czasu wraz z prędkością urabiania kombajnem.

Z wysokością ściany wiąże się pośrednio objętość uwalnianych zasobów metanu z pokładów podebranych i nadebranych, które znalazły się w zasięgu odprężenia eksploatacyjnego.

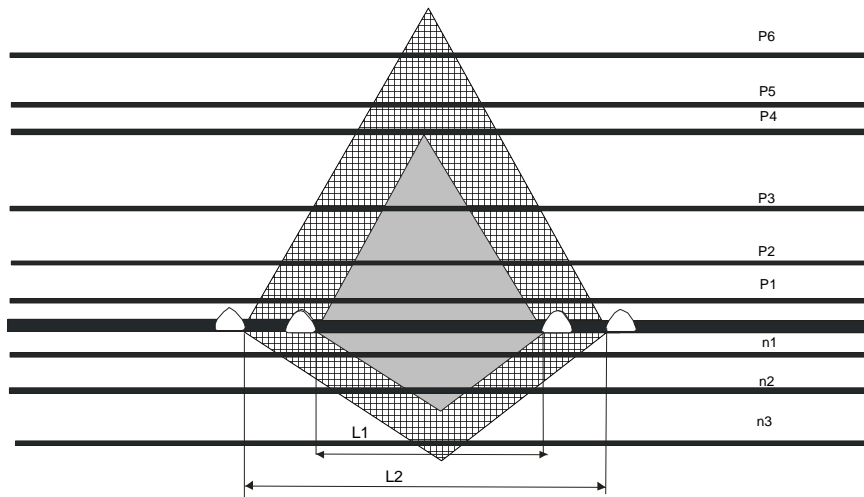
Powyższa zależność związana jest ze stopniem odgazowania pokładów podebranych i nadebranych zgodnie ze wzorami (7) i (8) w metodzie prognozowania metanowości bezwzględnej zawartej w Instrukcji nr 14 Głównego Instytutu Górnictwa [2].

Zasięg desorpcji metanu z pokładów podebranych i nadebranych jest bezpośrednio związany z długością ściany oraz kątem nachylenia pokładu. Wraz z wydłużaniem ściany wzrasta zasięg odgazowania warstw stropowych i spągowych, zwiększa się objętość strefy odprężenia i odgazowania węgla z pokładów podebranych i nadebranych.

Zmiana pola przekroju przez strefę desorpcji, dla dwóch długości ścian L_1 i L_2 , przedstawia poglądowo rysunek 1. Kolor szary przedstawia pole przekroju pionowego ściany o długości L_1 , natomiast kratka dodatkowe zwiększenie pola przekroju w przypadku zwiększenia długości ściany. Zasięg odgazowania pokładów podebranych i nadebranych przy długości ściany L_2 jest znacznie większy niż przy długości ściany L_1 . Powyższe przekłada się na objętość złoża odgazowującego się w wyniku prowadzenia eksploatacji. Przy długości ściany L_1 odgazowują się pokłady podebrane p_1 , p_2 i p_3 oraz dwa pokłady nadebrane n_1 i n_2 .

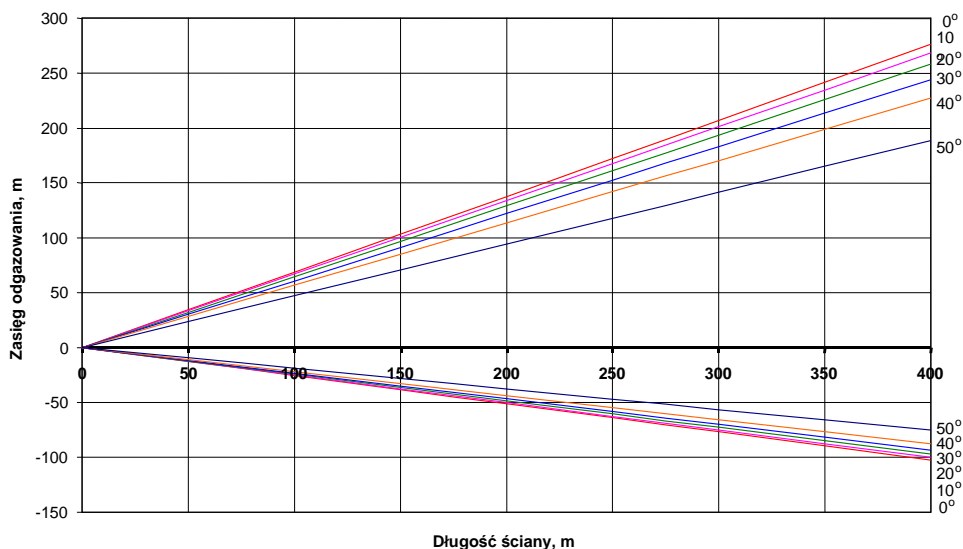
Wydłużenie ściany z L_1 do L_2 powoduje odgazowanie znacznie większego pola przekroju, co wpływa na odgazowanie dodatkowo pokładów podebranych p_4 , p_5 i p_6 oraz nadebranego n_3 .

Reasumując, należy stwierdzić, że wzrost koncentracji wydobycia uzyskany poprzez zwiększenie długości ściany powoduje znaczący wzrost objętości złoża odprężonego, tym samym uwalnianie się znacznie większych ilości desorbowlanych zasobów metanu z pokładów podebranych i nadebranych. Spośród wszystkich parametrów opisujących ścianę, jej długość ma największy wpływ na bezwzględną ilość wydzielającego się metanu do jej środowiska.



Rys. 1. Przekrój geometryczny przez strefę desorpcji przy określonej długości ściany

Kształtowanie się zasięgu odgazowania warstw podbieranych i nadbieranych w zależności od długości ściany i kąta nachylenia przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Zasięg odgazowania warstw podbieranych i nadbieranych w zależności od długości ściany i nachylenia pokładu

Postęp ściany ma również bezpośredni wpływ na dwa strumienie dopływającego metanu do jej środowiska, a mianowicie:

- do wyrobiska ścianowego z pokładu eksploatowanego oraz blisko zalegających pokładów podebranych i nadebranych,
- do zrobów z odgazowywania się pokładów podebranych i nadebranych.

Iloczyn parametrów takich, jak długość i postęp ściany, pozwalają obliczyć powierzchnię odsłoniętego stropu (w m²), w jednostce czasu (tydzień, miesiąc, kwartał).

Analiza wyników obliczeń wpływu ww. parametrów na wydzielanie metanu do ścian, pozwoliła na sformułowanie jednoznacznego stanowiska, że na ilość wydzielającego się metanu do środowiska eksploatowanej ściany (przy zakładanym wydobywaniu) w większym stopniu wpływa jej długość niż postęp.

Wysokość, długość ściany oraz jej postęp eksploatacyjny przekładają się na koncentrację wydobywania oraz na ilość wydzielającego się metanu do jej środowiska. Powyższe zależności uwzględnione zostały przy opracowaniu metody prognozowania wydzielania

metanu do ścian (Instrukcja nr 14 Głównego Instytutu Górnictwa) oraz zweryfikowane w praktyce w trakcie eksploatacji.

ALGORYTM BEZPIECZEŃSTWA PROJEKTOWANYCH ŚCIAN W POKŁADACH METANOWYCH

Projektowanie eksploatacji w pokładach zaliczonych do II, III i IV kategorii zagrożenia metanowego wymaga analizy poziomu zagrożenia metanowego zarówno na etapie projektowania, jak i prowadzenia eksploatacji. Nadmienić należy, że często niepełne rozpoznanie otaczającego złoża, pod kątem panujących warunków nasycenia metanem, powoduje powstanie błędów na etapie obliczenia prognoz metanowości bezwzględnej ściany. Wielkość błędu prognozy dla ściany weryfikowana jest w trakcie prowadzenia jej eksploatacji. Obliczone prognozowane wielkości wydzielania metanu na eksploatacyjnym wybiegu ściany w oparciu o „Dynamiczną prognozę metanowości bezwzględnej ścian” [2], pozwalają na dokonanie analiz pod kątem prawidłowości przyjętego układu przewietrzania ściany oraz właściwego doboru profilaktyki, w tym odmetanowania.

Kryteria oceny poziomu zagrożenia metanowego w oparciu o opracowane procedury obliczeniowe zawarte w „Zasadach prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego” [3] pozwalają na jednoznaczną interpretację, jak i identyfikację poziomu występującego zagrożenia zarówno na etapie projektowania, jak i prowadzenia eksploatacji.

Obliczoną wartość metanowości kryterialnej porównuje się:

- dla ścian projektowanych z prognozowaną metanowością bezwzględną,
- dla ścian eksploatowanych z rzeczywistą metanowością bezwzględną.

Sposób obliczania wartości metanowości kryterialnej dla dwóch układów przewietrzania na „U” (po całźnie węglowej) oraz na „Y” z odświeżaniem, oblicza się wzorami zawartymi w rozdziale 5 „Zasad...” [3].

Zaproponowany w artykule algorytm bezpieczeństwa dla projektowanej ściany w pokładzie metanowym, przedstawiony na rysunku 3, stanowi syntezę prognoz wydzielania metanu na wybiegu ściany w warunkach przyjętego układu przewietrzania, wydatków powietrza oraz efektywności odmetanowania.

Poszczególne parcele na projektowanym wybiegu ściany charakteryzują się odpowiednimi parametrami geologiczno-górnicznymi oraz techniczno-organizacyjnymi pozwalającymi na wprowadzenie założeń wejściowych do obliczenia prognoz.

W bloku 1 algorytmu (rys. 3) wprowadzone są dane wejściowe do obliczeń prognozy metanowości bezwzględnej, uwzględniające: parametry ściany, zmiany metanonośności na wybiegu ściany, rozkłady metanonośności w pokładzie eksploatowanym oraz w pokładach podebranych i nadebranych.

START

Wprowadzenie danych wejściowych do obliczenia prognozy wydzielania metanu na wybiegu projektowanej ściany:

- parametry ściany (długość, wysokość, wybieg)
- ilość parcel z prognozowaną metanowością = wybieg ściany/100 m
- rozkład metanonośności pokładów w parceli eksploatowanej ściany
- rozkład metanonośności pokładów podebranych i nadebranych
- odległości pokładów podebranych i nadebranych od pokładu eksploatowanego
- postęp ściany w przedziale 1-10 m/dobę i odpowiadające mu wydobywanie

Blok 1

Obliczenie prognoz metanowości dla V_{ij} "i" parcel V_{H4i} $i=1-n$ gdzie n-ilość parcel na wybiegu przy zakładanym postępie ściany w przedziale 1-10 m/dobę co 0,5 m/dobę $j=1-19$ (Instrukcja nr 14 GIG)

Macierz wynikowa obliczeń prognoz:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} V_{1,1} & V_{1,2} & V_{1,3} & \dots & V_{1,19} \\ V_{2,1} & V_{2,2} & V_{2,3} & \dots & V_{2,19} \\ V_{3,1} & V_{3,2} & V_{3,3} & \dots & V_{3,19} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ V_{n,1} & V_{n,2} & V_{n,3} & \dots & V_{n,19} \end{bmatrix}$$

- wiersze - kolejne parcele eksploatacyjnego wybiegu, co 100 m postępu
- kolumny - postęp ściany w przedziale 1-10 m./dobę co 0,5 m ,

Blok 2

Założenie projektowanego sposobu przewietrzania ścian

"U" po całkowitej węglowej

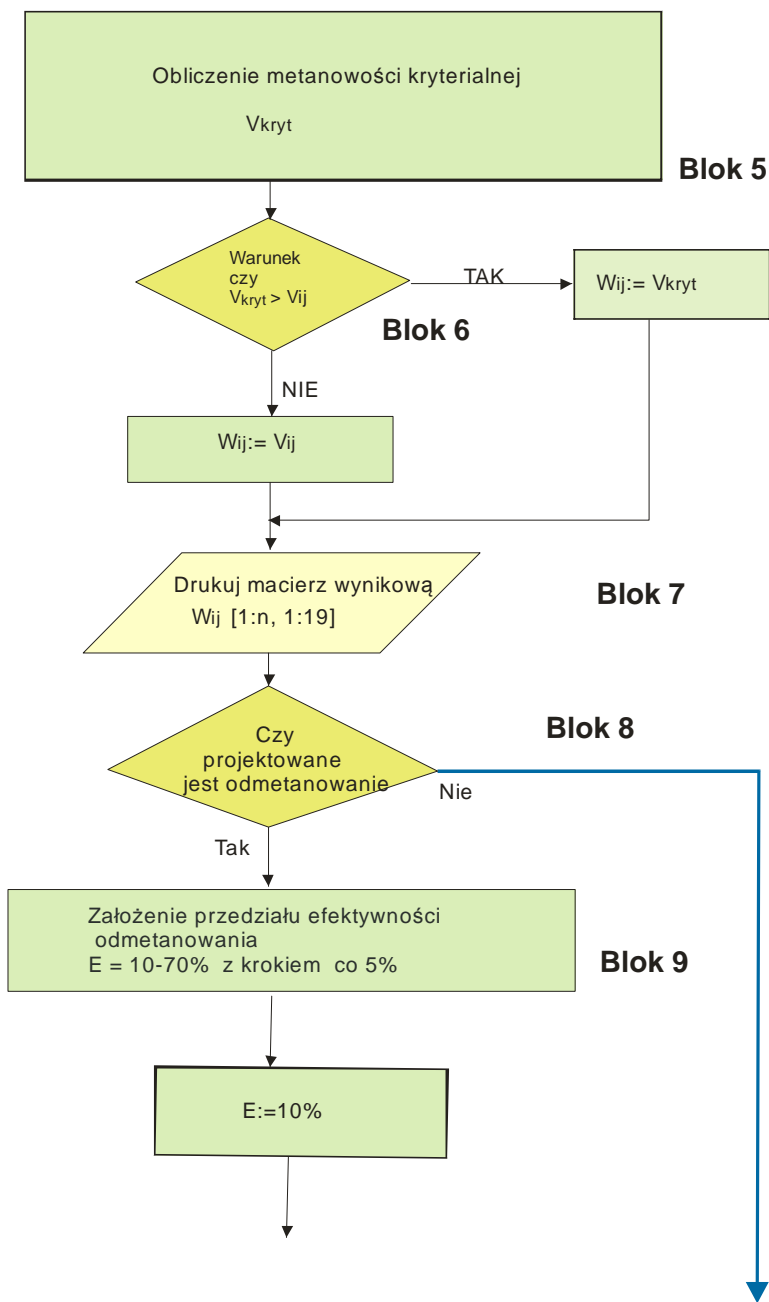
"Y" z doświeżaniem

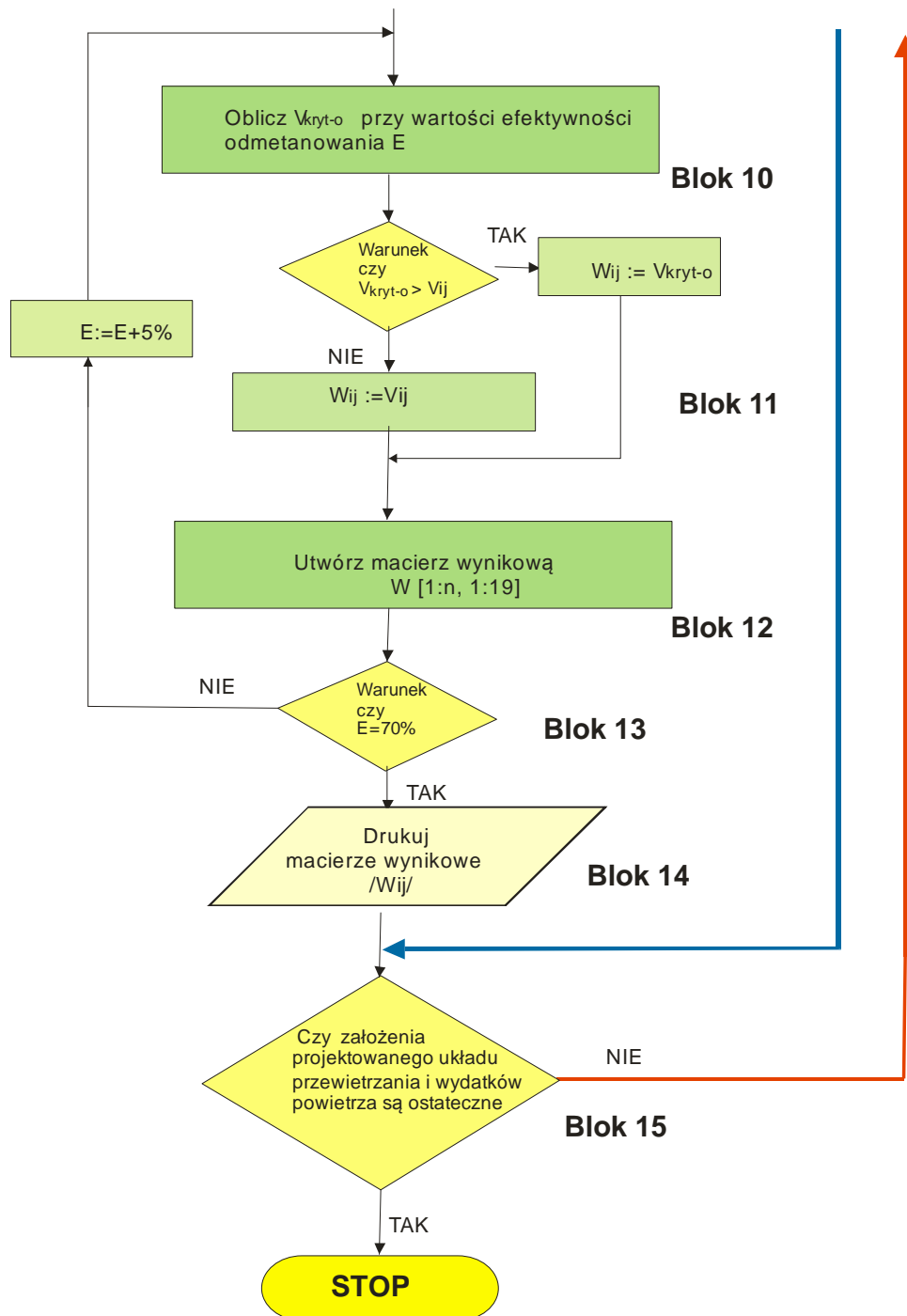
Blok 3

Wprowadzenie danych wejściowych do obliczenia metanowości kryterialnej w zależności od przyjętego sposobu przewietrzania:

- wydatek powietrza Q1 doprowadzonego do ściany przy sposobie przewietrzania na "U"
- współczynnik nierównomiernego wydzielania metanu
- wydatki powietrza Q1 i Q2 doprowadzonego do ściany przy sposobie przewietrzania na "Y"

Blok 4





Rys. 3. Algorytm określania dopuszczalnej koncentracji wydobywania na wybiegu projektowanej ściany

Wprowadzenie danych wejściowych umożliwia przeprowadzenie obliczeń prognozowanego wydzielania metanu na projektowanym wybiegu ściany w kolejnych odcinkach co 100 metrów oraz przy założeniu postępu eksploatacyjnego w przedziale 1–10 m/dobę.

W oparciu o założenia wejściowe, metodą prognozowania metanowości bezwzględnej zawartą w Instrukcji nr 14 [2], przy ww. postępie z krokiem, co 0,5 m/dobę, oblicza się wartości prognozowane wydzielania metanu (blok 2).

Stosunek całego wybiegu eksploatacyjnego ściany do przyjętego podziału na odcinki wybiegu co 100 metrów, tworzy podział na „n” wierszy macierzy wynikowej prognoz metanowości bezwzględnej.

Reasumując, macierz wynikową prognoz (blok 2) tworzy „n” wierszy oraz 19 kolumn odpowiadających średniodobowemu postępowi eksploatacyjnemu w przedziale 1–10 m/dobę, co 0,5 m/dobę.

Macierz wyjściowa wartości prognozowanych (blok 2) pozwala wstępnie ocenić poziom zagrożenia metanowego, zasadność planowanego układu przewietrzania ściany, ponadto prawidłowość przyjętych założeń wielkości wydobywania na wybiegu eksploatowanej ściany.

Założenia projektowanego układu przewietrzania ściany wraz z przyjętymi wydatkami powietrza (bloki 3 i 4) pozwalają na obliczenie wartości metanowości kryterialnej zgodnie z wzorami instrukcji pt. „Zasady prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego” [3]. Przez metanowość kryterialną rozumiemy taką wartość metanowości bezwzględnej, przy której w danych warunkach przewietrzania i odmetanowania, przy nierównomiernym wydzielaniu metanu nie będą występować przekroczenia dopuszczalnej zawartości metanu w prądzie powietrza zużytego.

Wzory zawarte w rozdziale 5 „Zasad...” [3] pozwalają dla projektowanego układu przewietrzania obliczyć wartość metanowości kryterialnej V_{kryt} .

Blok 6 algorytmu jest blokiem decyzyjnym pozwalającym na utworzenie macierzy wynikowej warunkującej zachowanie kryteriów bezpieczeństwa w przedziale postępu ściany 1–10 m/dobę, co 0,5 m/dobę, przy założeniu warunków wentylacyjnych, w oparciu o które obliczono wartość metanowości kryterialnej.

W macierzy wynikowej W_{ij} zestawiono dopuszczalne wartości postępu eksploatacyjnego poprzez obliczoną wartość prognozy oraz wartości metanowości kryterialnej wskazujące na niebezpieczny postęp w poszczególnych parcelach na wybiegu projektowanej ściany.

Wartości V_{kryt} wpisane w macierzy W_{ij} odwzorowują postęp projektowanej ściany, który nie będzie spełniał kryteriów bezpieczeństwa podczas jej eksploatacji.

Utworzona macierz wynikowa [1:n, 1:19] w bloku 7 odzwierciedla bezpieczną wielkość wydobywania (postęp ściany) przy założonym sposobie przewietrzania oraz wydatkach powietrza bez stosowania odmetanowania.

Blok 8 jest blokiem decyzyjnym decydującym o realizacji obliczeń algorytmu w warunkach stosowania lub nie odmetanowania.

W przypadku, gdy nie ma możliwości prowadzenia odmetanowania oraz gdy wartości wydatku lub wydatków powietrza w projektowanym układzie przewietrzania są ostateczne, drukowana jest macierz wynikowa W_{ij} odzwierciedlająca warunki bezpieczeństwa dla projektowanej ściany. Jeśli istnieje możliwość zmian wentylacyjnych, wprowadza się nowe założenia przewietrzania (blok 4) oraz przeprowadza obliczenia metanowości kryterialnej (blok 5) i tworzy macierz wynikową W_{ij} .

Natomiast, jeśli projektowana ściana będzie prowadzona z odmetanowaniem wartości metanowości kryterialnej, obliczane są dla efektywności z przedziału $E = 10\text{--}70\%$, z krokiem co 5%, w blokach 10, 11, 12 i 13, tworząc kolejne macierze wynikowe W_{ij} dla efektywności odmetanowania z przedziału $E = 10\text{--}70\%$, co 5%. Blok 14 drukuje obliczone macierze wynikowe utworzone w bloku 12.

Kolejno obliczone wartości metanowości kryterialnej V_{kryt-0} , wraz z przeprowadzoną analizą dla warunków stosowania odmetanowania, pozwalają na pełną analizę warunków wentylacyjno-metanowych w parcelach projektowanej eksploatacji.

Warunek decyzyjny (blok 15) stwarza możliwość przeprowadzenia ponownych obliczeń, jednakże po zmianach układu przewietrzania lub wydatków powietrza, i stanowi ostateczne kryterium dla przeprowadzenia dalszych obliczeń algorytmem.

Macierze wynikowe W_{ij} (bloki 12 i 14) pozwalają na przeprowadzenie analizy wpływu zmian warunków przewietrzania oraz efektywności odmetanowania na zdolność wydobywczą, na wybiegu projektowanej ściany.

Przedstawiony algorytm postępowania dla określania dopuszczalnej koncentracji wydobywania na wybiegu projektowanej ściany (rys. 3), pozwala na identyfikację projektowanych warunków wentylacyjnych na etapie planowania wielkości wydobywania z rejonu eksploatacyjnego.

Prace analityczne nad przedstawionym powyżej algorytmem zostały zakończone i aktualnie w Głównym Instytucie Górnictwa prowadzone są prace ukierunkowane na oprogramowanie opracowanego modelu bezpieczeństwa dla ścian projektowanych w pokładach metanowych.

PODSUMOWANIE

1. Rosnąca koncentracja wydobywania w pokładach średnio i silnie metanowych wymusza wprowadzenie kompleksowej metody oceny poziomu zagrożenia wentylacyjno-metanowego na etapie projektowania eksploatacji.
2. Przedstawiony algorytm określenia dopuszczalnej koncentracji wydobywania, przy założeniu dla projektowanej ściany warunków wentylacyjnych oraz stosowania lub nie odmetanowania, pozwala wyprzedzająco podejmować decyzje strategiczne co do warunków prowadzenia bezpiecznej eksploatacji w pokładach metanowych.