ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990

Seria: GÓRNICTWO z. 189 Nr kol. 1077

Stanisław KRZEMIEŃ
Politechnika Śląska w Gliwicach

ZASTOSOWANIE PROCEDURY FORMALIZACJI OCEN EKSPERTÓW W DIAGNOZOWANIU ZAGROŻEŃ GÓRNICZYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono opis procedury diagnostycznej opartej na wartościowaniu identyfikatorów zagrożeń górniczych poprzez przypisanie im prawdopodobieństw subiektywnych, będących wyrazem osądu grupy ekspertów. Celem postępowania diagnostycznego jest ocena stanu zagrożeń występujących w obiektach górniczych stanowiąca podstawę do klasyfikacji porównawczej tych obiektów, a także umożliwiająca wyodrębnienie zagrożeń, których identyfikatory należą do grupy identyfikatorów zdarzeń krytycznych.

W artykule opisano praktyczne działania diagnostyczne przeprowadzone w przodku chodnika G-5, w pokładzie 358/1, w kopalni "R". Polegały one na identyfikacji zagrożeń oraz zorganizowaniu badań sondażowych, opierając się na specjalnie przygotowanych kwestionariuszach - ankietach. Przeprowadzone na ich podstawie obliczenia oraz uzyskane wyniki umożliwiły dokonanie oceny stanu zagrożeń w przodku G-5 oraz ustalenie działań profilaktyczno-korekcyjnych.

1. WSTĘP

Z dwu rodzajów wartościowania stanów zagrożenia obiektów podziemnych kopalń - ilościowego i jakościowego - pierwszy jest konkretniejszy, lepiej informuje, drugi zaś chociaż mniej obiektywny, ma istotny walor uniwersalności. Przedmiotem rozważań zawartych w opracowaniu są metody diagnozowania zagrożeń górniczych oparte na wybranych osiągnięciach heurystyki. W szczególności chodzi tu o procesy rozwiązywania, metody i algorytmy opisujące przebieg zdarzeń występujących w systemach obiektów podziemnych powodujące zagrożenie bezpieczeństwa [4], [8].

Przez to pojęcie należy rozumieć potencjalną możliwość wystąpienia w górniczym systemie technologicznym zdarzeń krytycznych (katastroficznych), takich jak:

- utrata życia lub zdrowia górnika zajmującego się obsługiwaniem systemu technologicznego lub korzystającego z usług systemu,
- zniszczenie systemu,
- zniszczenie systemów współdziałających [6], [12].

W badaniu stanów krytycznych zagrożeń górniczych występujących w obiektach podziemnych kopalń mogą znaleźć zastosowanie intersubiektywne proce-

dury diagnostyczne rozumiane jako spójne, dobrze uzasadnione i dostępne więcej niż jednemu podmiotowi poznającemu, sposoby postępowania umożliwiające określenie związków przyczynowych między obserwowanymi zjawiskami oraz przewidywanie ich przyszłych następstw [3], [6].

Ocena stanów krytycznych zagrożenia polega na systemowej identyfikacji zdarzeń niebezpiecznych poprzedzających zdarzenie katastroficzne i przypisaniu tym zdarzeniom prawdopodobieństw pojawienia się.

Systemowa identyfikacja zdarzeń niebezpiecznych realizowana jest przede wszystkim w warstwie informacyjnej. Sfera informacyjna stanowi źródło poznania całości i powiązań występujących w systemie zdarzeń niebezpiecznych.

Wymiana informacji umożliwia właściwą kontrolę, integruje i racjonalizuje działania ludzi dla osiągnięcia celu, którym jest niedopuszczenie do wystąpienia zdarzeń katastroficznych w obiektach podziemnych kopalń. W opracowaniu [12] przyjęto, że obrazem systemu bezpieczeństwa jest system informacyjny bezpieczeństwa górniczego. System informacyjny bezpieczeństwa górniczego to układ struktur i relacji nie tylko formalnych, lecz także udział często trudno dostrzegalnych zjawisk informacyjnych, których głównymi obserwatorami i nadawcami są ludzie, realizatorzy procesu produkcyjnego.

Wykorzystanie wszystkich możliwości modelu systemu informacyjnego bezpieczeństwa górniczego umożliwia spożytkowanie ogromnego, dotychczas nie w pełni wykorzystywanego w sposób sformalizowany, potencjału komunikacyjnego załogi. Spożytkowanie doświadczeń i zasobów poinformowania o stanie bezpieczeństwa, a więc uwzględnienie także stanów umysłów i odczuć komunikujących się osób na tle roli i zadań w kopalni umożliwia zaproponowana w niniejszym opracowaniu procedura diagnostyczna. Procedura oparta jest na wartościowaniu identyfikatorów cech zagrożeń górniczych poprzez przypisanie im prawdopodobieństw subiektywnych będących wyrazem osądu grupy ekspertów. Do oceny wykorzystują oni informacje empiryczne uzyskane w przeszłości, w sytuacjach zbliżonych do rozpatrywanej, dane aktualnie uzyskiwane oraz własne doświadczenie, rozsądek i intuicję [9].

2. OPIS PROCEDURY DIAGNOSTYCZNEJ

Metoda grupowej oceny ekspertów została opisana w licznych publikacjach, m. innymi w [1], [5], [10], [11]. Zawiera ona kilkuetapową procedurę określania subiektywnych ocen zdarzeń rzadkich, do których należą między innymi takie zdarzenia, jak: wybuch MW, wybuch metanu, wybuch pyłu węglowego, wdarcie wody, tąpnięcie.

W pierwszym etapie przedstawia się ekspertowi listę zagrożeń występujących w obiekcie z prośbą o wskazanie zagrożeń, dla których wystąpienie zdarzenia krytycznego jest najbardziej prawdopodobne oraz najmniej prawdopo-

dobne. Następnie prosi się eksperta o uszeregowanie wszystkich zagrożeń według rosnącego prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń krytycznych.

W drugim etapie ekspert ma za zadanie podać własną ocenę względnego prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń krytycznych. W ocenach użytecznych jest klasyfikacja według kategorii jakościowych, takich jak: wiarygodne, możliwe do zaistnienia, niewiarygodne, nadzwyczaj mało prawdopodobne, nieprawdopodobne.

W trzecim kroku stawia się ekspertowi pytanie, czy poszczególne zdarzenia krytyczne związane z określonym na liście zagrożeniem są mniej lub bardziej prawdopodobne niż pewne zdarzenia odniesienia. Zdarzenia odniesienia mogą być zdarzeniami o znanych prawdopodobieństwach.

W końcowym etapie każdemu zagrożeniu z listy sondażowej przypisuje się wartość liczbową prawdopodobieństwa.

Celem grupowego sondażu opinii ekspertów jest ocena stanu zagrożenia obiektów górniczych umożliwiająca klasyfikację porównawczą tych obiektów, a także wyodrębnienie zagrożeń, których identyfikatory należą do grupy identyfikatorów zdarzeń krytycznych.

W proponowanej procedurze określa się:

- wskaźniki względnej ważności oceny,
- stopień zgodności ekspertów,
- kompletność ekspertów,
- wpływ czasu na ocenę określonego zagrożenia.

Badania dotyczące każdego z ocenianych obiektów zawierają zestaw ocen zagrożeń wyrażonych przez każdego eksperta poprzez odpowiedzi na pytania podane w ankiecie sondażowej. Ponieważ oceny mogą być wyrażone w skali probabilistycznej lub punktowej np. od 0 do 100, można mówić o względnej ważności cech w ocenie całego obiektu. Względną ważność ocen można też zinterpretować jako "uwagi" poszczególnych cech zagrożeń charakteryzujących obiekt.

Wskaźnik uogólnionej opinii ekspertów dla określonego zagrożenia oblicza się ze wzoru:

$$M_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} c_{ij}}{m_j}, \qquad (1)$$

gdzie:

m_j - ilość ekspertów oceniających j-te zagrożenia,

c_{ij} - względna ważność oceny wyrażona przez i-tego eksperta dla j-tego zagrożenia.

Wskaźnik M_j pozwala określić uogólnioną opinię ekspertów dla każdego z "n" zagrożeń.
Im większa jest wartość M_j, tym większe znaczenie posiada j-te zagrożenie w grupie obiektów poddanych ocenie ekspertów.
W celu określenia stopnia zgodności ekspertów konieczne jest wyznaczenie sumy rang ocen S_j.
S_j wyznacza się ze wzoru

$$S_j = \sum_{i=1}^{m_j} R_{ij} , \tag{2}$$

gdzie:

R_{ij} - ranga oceny i-tego eksperta dla j-tego zagrożenia.

Znając wariancję σ_j^2 ocen dla j-tego zagrożenia oraz średniokwadratowe odchylenie ocen S_j, można obliczyć współczynnik zmienności ocen V_j w następujący sposób:

$$\sigma_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{S_j} (C_{ij} - M_j)^2}{m_j} \tag{3}$$

$$\delta = \sqrt{\sigma_j^2} \tag{4}$$

$$V_j = \frac{\delta_j}{M_j} \tag{5}$$

Współczynnik zmienności V_j charakteryzuje stopień zgodności opinii ekspertów ze względu na potencjał j-tego zagrożenia.

Im mniejsza jest wartość V_j, tym wyższy jest stopień zgodności opinii ekspertów co do istotności j-tego zagrożenia w analizowanej grupie zagrożeń.

Stopień zgodności opinii ekspertów w odniesieniu do względnej ważności zestawu ocen dla wszystkich badanych zagrożeń określa współczynnik konkordacji W.
Dla jego wyznaczenia obliczamy

- średnią arytmetyczną sumy rang ocen $M_{[S_j]}$ dla wszystkich rozpatrywanych zagrożeń ze wzoru:

$$M_{[S_j]} = \frac{\sum_{j=1}^{n} S_j}{n} \tag{6}$$

- odchylenie d_j sumy rang ocen j-tych zagrożeń od średniej arytmetycznej sumy rang dla wszystkich badanych zagrożeń ze wzoru:

$$d_j = S_j - M[S_j] \tag{7}$$

- wskaźnik T_i rang łączonych ocen wyrażonych przez i-tego eksperta. Jeżeli wszystkie "n" rangi ocen wyrażone przez i-tego eksperta są różne, to $T_i = 0$. O ile występują jednakowe rangi, wówczas korzystamy ze wzoru:

$$T_i = \sum_{l=1}^{\alpha} (t_l^3 - t_l) \tag{8}$$

gdzie:

α - ilość grup rang łączonych,

t_l - ilość rang łączonych w l-tej grupie.

Stąd współczynnik konkordacji W obliczamy ze wzoru:

$$W = \frac{\sum_{j=1}^{n} d_j^2}{m^2 (n^3 - n) - m_1 \sum_{i=1}^{m_1} T_i} \tag{9}$$

Współczynnik konkordacji może przyjmować wartości w przedziale od 0 do 1. Zmiana W od 0 do 1 odpowiada wzrostowi stopnia zgodności opinii ekspertów. Przedstawione postępowanie pozwala określić grupy ekspertów, wśród których zgodność opinii jest duża, a także ujawnić ekspertów mających oryginalne punkty widzenia, różniące się od opinii większości.
Jeżeli wartości współczynników konkordacji są niewielkie, oznacza to, że słaba jest zgodność ekspertów. Istnieje procedura umożliwiająca wyznaczenie grupy ekspertów, oznaczających się dużą zgodnością opinii [5].

Aktywność ekspertów w przeprowadzonych badaniach można wyrazić wskaźnikiem:

$$k_a = \frac{m_i}{m} \tag{10}$$

Wskaźnik kompetentności ekspertów obliczamy ze wzoru:

$$k_k = \frac{k_z + k_a}{2} \tag{11}$$

gdzie:

k_z - współczynnik określający stopień znajomości ocenianej problematyki przez eksperta,

k_a - współczynnik argumentacji.

Metoda grupowego sondażu opinii ekspertów może składać się z kilka faz badań, następujących po sobie w pewnych odstępach czasowych. Odstępy czasowe powinny być tak dobrane, aby uwzględniały zmiany stanu zagrożenia. Wystąpienie w obiekcie zdarzeń krytycznych powinno być powodem powtórzenia procedury diagnostycznej.

3. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA METODY GRUPOWEGO SONDAŻU EKSPERTÓW W DIAGNOZOWANIU STANU ZAGROŻENIA PRZODKU CHODNIKOWEGO G-5, W POKŁADZIE 358/1 KOPALNI "R"

Praktyczne działania diagnostyczne wymagają:

- zidentyfikowania zagrożeń w analizowanym obiekcie,
- zorganizowanie badań sondażowych opierając się na specjalnie przygotowanych kwestionariuszach - ankietach,
- przygotowania danych i przeprowadzenia obliczeń za pomocą programu obliczeniowego realizację procedur podanych w punkcie 2,
- dokonanie analizy stanu zagrożeń i zaproponowanie działań korekcyjnych w obiekcie.

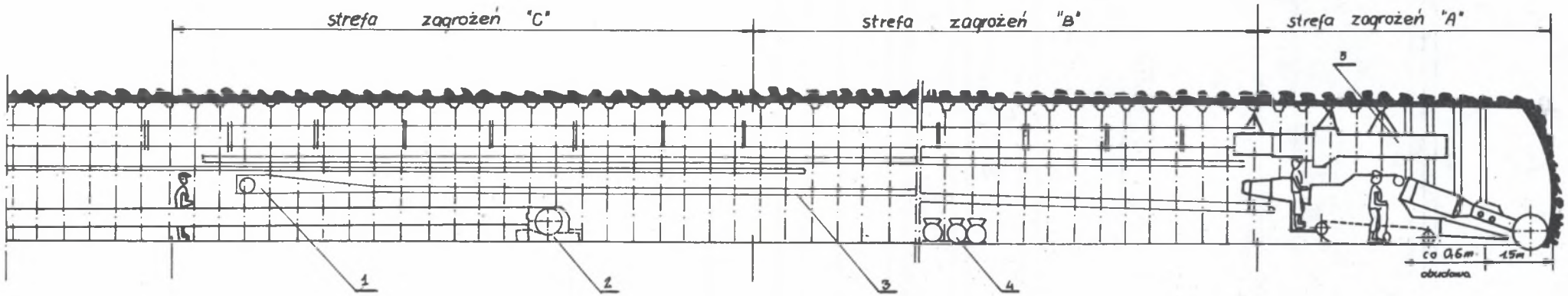
3.1. Sytuacja ruchowa oraz charakterystyka zagrożeń w przodku G-5

Chodnik G-5 prowadzony jest po rozciągłości w rejonie nie rozpoznanym geologicznie.

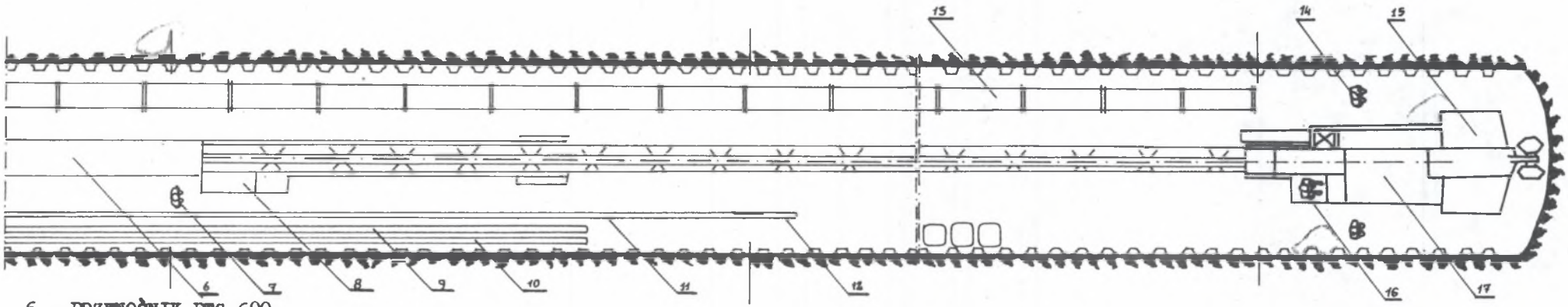
Miąższość pokładu wzdłuż wybiegu chodnika waha się od 1,5 do 1,65 m, a nachylenie od 8° do 13°.

W stropie pokładu 358/1 występują warstwy łupku ilastego, miękkiego, z licznymi przerostami oraz cienkimi wkładkami węgla o łącznej grubości około 2 m. W spągu pokładu występuje łupek ilasty, zapiaszczony, średniotwardy. Pokład 358/1 zaliczony został do III kategorii zagrożenia metanowego i klasy B zagrożenia pyłowego. Metanowość absolutna wynosi 6,3 m^3 w przeliczeniu na czystą substancję węglową.

W związku z istniejącym zagrożeniem wodnym zespół ds. zagrożeń wodnych ustalił zabezpieczenie drążenia chodnika otworami badawczymi, których wyprzedzenie winno wynosić minimum 20 m od czoła przodku. Pokład 359/1 jest nieskłonny do tąpań. Wskaźnik WET wynosi 1,53. Wyrobisko chodnikowe prowadzone jest w obudowie V-25/9 posadowionej na podkładkach KS. Odstęp między odrzwiami obudowy wynosi 0,6 m. Opinkę stanowi siatka zgrzewana układana na zakładkę. Stosowane są trzy rozpory metalowe oraz cztery rozpory drewniane.



1 - NAPĘD PRZENOŚNIKA "SKAT",
2 - STACJA ZWROTNA PTG,
3 - PRZENOŚNIK "SKAT",
4 - WYŁACZNIKI KWS-01,
5 - ODPYLACZ.



6 - PRZENOŚNIK PTG-600,
7 - OBSŁUGA "SKATA",
8 - NAPĘD "SKATA",
9 - RUROCIĄG SPRĘŻONEGO POWIETRZA,
10 - RUROCIĄG PPOŻ.,
11 - KOLEJKA SZYNOWA,
12 - STACJA WYŁADOWCZA,
13 - LUTNIOCIĄG,
14 - POMOCNIK KOMBAJNISTY,
15 - STÓŁ ZAŁADOWCZY.

Rys. 1. Schemat rozmieszczenia urządzeń i ludzi w chodniku podść. G-5 pokł. 358/1

Fig. 1. Diagram of the arrangement of installations and peopla in gangway G-5 of bed 358/1

Urabianie prowadzone jest kombajnem AM-50. Urobek z podajnika kombajnowego podawany jest na podwieszony przenośnik "Skat", następnie na zabudowany pod nim przenośnik PTG. W wyrobisku zabudowany jest rurociąg Ø 100, zakończony od czoła przodku trójdzielnym hydrantem, do którego podłączony jest wąż zakończony prądnicą około 5 m od czoła przodku. Dla potrzeb technologicznych zabudowany jest rurociąg sprężonego powietrza Ø 150 mm, z ostatnim przyłączem 50 m od czoła przodku. Wyrobisko przewietrzane dwoma równolegle zabudowanymi wentylatorami WLE 603 A, co zapewnia wymaganą prędkość powietrza w przodku 0,3 m/s. Chodnik posiada metanometrię automatyczną oraz zabezpieczenia przeciw wybuchowi pyłu węglowego.

Materiały do chodnika transportowane są kolejką podwieszoną KSP-32 na odległość 25 m od czoła przodku. Strop stanowią skały o średniej zwięzłości, których f = 4 - 4,5 według skali Prorodiakonowa. Ustalono maksymalne otwarcie stropu 1,5 m. Zapewnia to zabudowę dwóch odrzwi obudowy w odstępach co 0,6 m. W przodku obudowy tymczasowej nie stosuje się. Montaż obudowy ostatecznej odbywa się za pomocą wysięgnika kombajnu. Temperatura sucha w przodku wynosi 25°C, wilgotność 72%, a zdolność chłodzenia 16 katastopni wilgotnych. Zapylenie w strefie przodku w czasie urabiania kombajnem wynosi 26 mg/m^3, a frakcji respiralnej (wdychanej) 10 mg/m^3 przy zawartości SiO_2 - 6%. Rozmieszczenie urządzeń w przodku przedstawiono na rysunku 1.

3.2. Organizacja badań sondażowych

Dla przeprowadzenia diagnozy zagrożeń w chodniku podścianowym G-5 w pokładzie 358/1 wybrano dwudziestu czterech ekspertów, w tym dwudziestu ekspertów spośród osób dozoru ruchu i kierownictwa kopalni "R" oraz cztery osoby z Urzędu Górniczego. O wyborze zadecydował poziom kwalifikacji tych osób, ich profesjonalne zainteresowanie problematyką zagrożeń oraz umiejętność analitycznego rozumowania. Przy ustalaniu liczebności ekspertów kierowano się stopniem złożoności analizowanego obiektu badań, a zwłaszcza ilością występujących w nim zagrożeń górniczych. Przyjęto zasadę, że ilość ekspertów powinna być nie mniejsza niż ilość zagrożeń w obiekcie.

Wśród dwudziestu czterech ankietowanych wyższe wykształcenie posiadało siedem osób, średnie czternaście osób, trzy osoby nie podały w ankiecie swego wykształcenia. Siedmiu respondentów posiadało staż pracy w górnictwie od 5 do 15 lat, trzynaście osób od 15 do 25 lat, jedna osoba powyżej 25 lat. W trzech przypadkach nie ujawniono stażu pracy. Siedemnastu respondentów posiadało co najmniej pięcioletni staż pracy w robotach przygotowawczych przy drążeniu przodków korytarzowych.

Ekspertom przedstawiono ankiety zawierające pytania o stan zagrożeń występujących w badanych obiekcie. Zestaw zagrożeń w obiekcie ustalono arbitralnie opierając się na "Arkuszu zagrożeń górniczych" [6]. Listę ocenianych zagrożeń zawiera tablica 4. W badaniach eksperci wyrażali oceny w ska-

li punktowej od 0 do 100 punktów, odrębnie dla każdej strefy przodka A, B i C. Stosowana była następująca jakościowa skala ocen:

- 0 - 20 punktów, wystąpienie zdarzeń krytycznych jest nadzwyczaj mało prawdopodobne, co odpowiada stanowi normalnemu,
- 21 - 40 punktów, wystąpienie zdarzeń krytycznych jest mało prawdopodobne, co odpowiada stanowi umiarkowanemu,
- 41 - 60 punktów, wystąpienie zdarzeń krytycznych jest prawdopodobnie możliwe, co odpowiada stanowi niekorzystnemu,
- 61 - 80 punktów, wystąpienie zdarzeń krytycznych jest wysoce prawdopodobne, co odpowiada stanowi wysoce niekorzystnemu,
- 81 - 100 punktów, wystąpienie zdarzeń krytycznych jest nadzwyczaj prawdopodobne, co odpowiada stanowi nadzwyczaj niekorzystnemu - krytycznemu.

Eksperci wskazywali na źródła argumentowania, którymi kierowali się przy wyrażaniu swych ocen. Wypełnione ankiety, których ze względów redakcyjnych w niniejszym opracowaniu nie zamieszczono, posłużyły do opracowania tablic zbiorczych - macierzy ocen, oddzielnie dla każdej strefy przodku.

Następnie ekspertów zapoznano z ocenami innych respondentów, umożliwiając dokonanie ewentualnej zmiany swoich ocen. Jeżeli ekspert uznał, że jego ocena jest prawidłowa, nie dokonywał zmian.

Końcowe macierze ocen przedstawiają: dla strefy A - tablica 1, dla strefy B - tablica 2, dla strefy C - tablica 3. Macierze ocen zostały przetworzone w programie obliczeniowym KSTB. Wyniki obliczeń zawiera tablica 4. Zawiera ona zestawienie współczynników względnej ważności ocen oraz lokaty wartościujące zagrożenia ze względu na istotność ich stanów. Zgodnie z procedurą obliczeniową, algorytm programu KSTB uwzględnił tylko tych ekspertów, których zgodność opinii jest wysoka (w strefie A - dwunastu ekspertów, w strefie B - siedemnastu ekspertów i w strefie C - trzynastu ekspertów).

3.3. Analiza wyników

Na podstawie wyników ocen wykreślone zostały krzywe zagrożeń, które ilustrują względny poziom zagrożeń w poszczególnych strefach przodku G-5 w pokł. 358/1 w kopalni "R". Przedstawione są one na rys. 2. Wynika z nich, że w strefie A za najistotniejsze uważa się: oddziaływania hałasu, zagrożenie wodne oraz wykonywanie obudowy.

W strefie B najniekorzystniejsze jest szkodliwe oddziaływanie pyłu, warunki mikroklimatu oraz hałas i zagrożenie metanowe. W strefie C największe zagrożenie wynikają ze szkodliwego oddziaływania pyłu, hałasu, mikroklimatu oraz możliwości wybuchu pyłu węglowego. Wszystkie zagrożenia, które na rysunku 2 znajdują się powyżej linii, wymagają podjęcia działań profilaktyczno-korekcyjnych w pierwszej kolejności. Usprawnienia w tym względzie są warunkiem dopuszczenia ludzi do pracy na zagrożonych stanowiskach.

Tablica 1

Zestawienie ocen ekspertów - macierz ocen - strefa "A"

Nr zagrożenia	EKSPERCI																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	70	25	80	50	15	80	60	70	60	60	5	60	60	60	70	50	80	70	60	30	100	20	50	60
2	20	10	40	30	20	70	40	60	20	30	15	60	30	50	40	30	50	50	20	10	80	5	30	20
3	100	65	80	80	25	80	70	80	40	50	70	80	80	80	100	30	80	80	80	20	100	40	70	60
4	50	30	50	30	5	100	75	80	50	50	40	50	40	70	100	30	60	90	80	30	100	10	60	30
5	50	10	50	70	10	50	50	40	50	50	60	50	30	60	70	50	50	95	70	20	20	15	30	30
6	100	10	30	40	15	100	50	80	70	40	50	50	10	100	100	30	60	85	80	10	80	10	10	30
7	100	10	30	60	7	70	40	50	30	60	20	40	40	80	60	50	60	70	20	25	15	10	10	30
8	70	10	50	20	15	100	50	80	40	80	60	70	70	90	90	80	90	95	40	40	70	30	30	50
9	50	20	30	50	25	30	50	80	80	70	70	60	80	80	90	80	90	90	90	30	80	30	30	50
10	70	15	30	10	25	20	50	20	60	50	10	70	50	80	20	50	20	95	5	20	80	50	20	40
11	50	5	40	40	8	80	40	60	70	60	40	80	80	50	60	50	60	98	40	40	90	50	40	30
12	50	40	20	40	10	50	50	80	50	50	30	80	60	90	50	50	80	90	60	20	30	50	30	40

Tablica 2

Zestawienie ocen ekspertów - macierz ocen w strefie "B"

Nr zagrożenia	EKSPERCI																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	30	15	20	15	15	60	40	40	30	20	5	20	20	25	50	10	10	20	20	10	50	5	10	40
2	20	15	20	30	20	60	20	20	10	10	30	40	25	25	70	20	25	70	10	20	80	5	40	40
3	-	5	20	-	-	30	15	10	10	15	10	10	5	-	20	10	20	-	20	10	20	-	10	20
4	50	15	50	30	5	50	35	30	10	20	20	60	10	30	50	15	20	20	30	10	20	5	40	30
5	50	40	20	70	10	30	15	50	30	50	50	50	30	50	90	30	60	50	50	20	20	5	20	30
6	20	45	20	40	15	80	60	70	50	50	50	60	50	90	100	50	60	90	50	30	40	30	20	20
7	80	25	20	60	7	70	50	80	60	50	30	60	60	70	50	50	60	70	30	30	80	20	20	30
8	60	10	50	10	15	80	40	70	30	60	60	50	50	70	70	70	60	70	30	20	60	20	20	30
9	40	30	30	90	25	20	30	20	55	30	30	40	60	80	40	50	90	85	90	20	100	20	10	30
10	50	20	30	-	25	20	40	20	50	50	10	50	80	70	40	50	10	85	5	40	80	20	30	30
11	30	5	20	40	2	20	20	-	10	30	10	60	40	50	40	15	60	80	5	10	60	20	20	10
12	30	-	20	40	-	30	30	80	10	10	-	50	30	80	20	25	80	85	60	10	30	20	10	10

Tablica 3

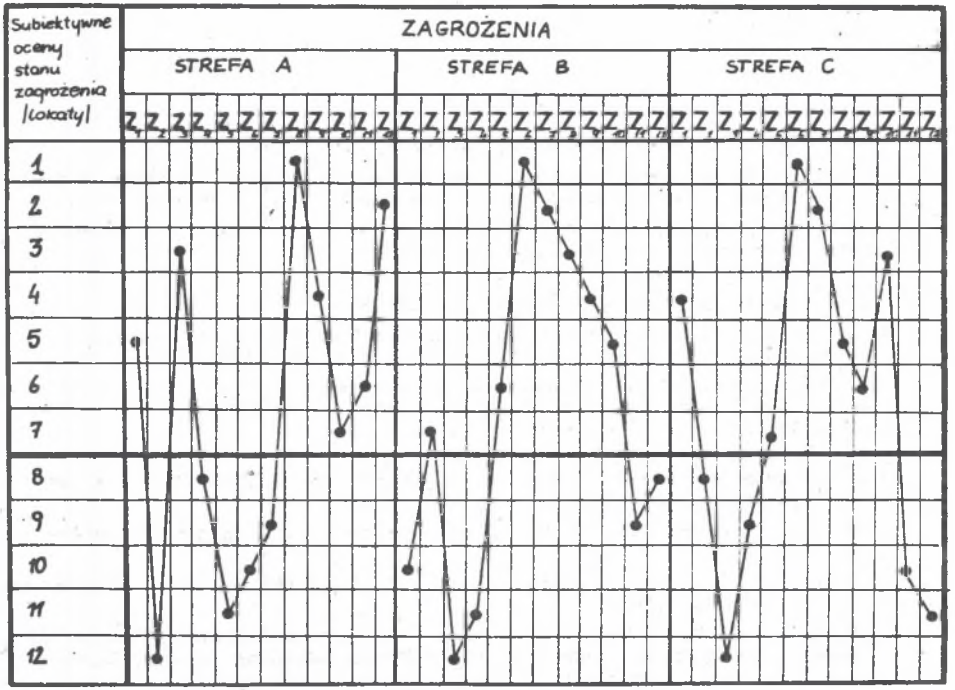
Zestawienie ocen ekspertów - macierz ocen w strefie "C"

Nr zagrożenia	EKSPERCI																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	30	30	50	50	20	50	40	20	30	30	10	40	10	15	30	5	10	10	20	30	20	5	20	20
2	80	15	10	10	20	60	10	20	10	10	30	10	-	-	20	10	25	20	10	40	80	20	20	20
3	-	-	10	-	-	-	15	10	-	10	10	10	-	-	10	-	20	-	-	5	-	-	10	10
4	50	10	10	-	5	20	20	40	20	20	15	10	10	-	30	5	20	20	5	50	20	5	20	30
5	50	50	20	10	10	10	20	-	20	30	10	10	5	40	50	20	20	10	10	5	20	5	10	30
6	20	40	30	60	15	70	70	70	30	30	50	70	30	80	100	40	40	50	50	40	20	20	30	20
7	50	35	20	10	7	60	60	80	50	40	30	50	20	60	40	30	40	70	40	10	80	30	30	30
8	50	10	20	-	15	60	40	50	10	30	10	30	10	50	50	40	40	25	20	10	10	10	20	20
9	30	40	30	50	25	20	20	10	20	20	20	20	-	80	10	20	50	85	70	20	20	5	10	20
10	30	30	30	20	25	20	40	10	30	20	40	50	30	70	60	30	10	85	5	50	10	10	30	20
11	20	5	20	-	2	20	20	-	5	10	-	30	-	50	20	5	60	50	-	2	10	10	10	10
12	20	15	20	-	-	10	30	40	5	5	-	20	-	50	10	5	80	85	60	5	30	10	10	-

Tablica 4

Zestawienie współczynników względnej ważności
oraz kolejności lokat zagrożeń w strefach przodku chodnikowego
w pokładzie 358/1 kopalni "R"

Lp.	Wykaz zagrożeń	Nr zagrożenia "Arkusza oceny zagrożeń" 6	Strefa C		Strefa B		Strefa A	
			Współczynnik względnej ważności	Lokata	Współczynnik względnej ważności	Lokata	Współczynnik względnej ważności	Lokata
1	Od maszyn, urządzeń, narzędzi pracy stanowiących wyposażenie techniczne przodku	3.2.1. 3.2.2. 3.2.3.	0,106734	4	0,051780	10	0,112174	5
2	Związane z przemieszczaniem się ludzi (w tym również ręczny transport)	3.3.1. 3.2.2.1.	0,045335	8	0,064063	7	0,013277	12
3	Związane z wykonaniem obudowy	1.2.6. 3.2.15.	0,004383	12	0,001620	12	0,118611	3
4	Związane z upadkiem, stoczeniem, przemieszczeniem się maszyn, urządzeń lub ich elementów	3.2.5. 3.2.6. 3.2.7.	0,032067	9	0,046259	11	0,075427	8
5	Urządzenia pod napięciem elektrycznym	3.2.10.	0,083649	7	0,086851	6	0,044762	11
6	Zapylenie	3.3.3.	0,177059	1	0,136716	1	0,051462	10
7	Mikroklimat (wilgotność, temperatura, zdolność chłodzenia)	3.3.4.	0,173792	2	0,134048	2	0,059898	9
8	Hałas	3.3.5.	0,103043	5	0,128270	3	0,121966	1
9	Zagrożenie metanowe	2.1.	0,084035	6	0,127646	4	0,118570	4
10	Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego	3.1.	0,161343	3	0,106213	5	0,076526	7
11	Zagrożenie zawałowe	1.2.	0,018398	10	0,054506	9	0,087247	6
12	Zagrożenie wodne	1.3.	0,010162	11	0,062129	8	0,119680	2



Rys.2. KRZYWE SUBIEKTYWNYCH OCEN POZIOMU STANU ZAGROŻEŃ W STREFACH PRZODKA G-5 W POKŁADZIE 358/1 KOPALNI "R".

Rys. 2. Krzywe subiektywnych ocen poziomu stanu zagrożeń w strefach przodku G-5 w pokładzie 358/1 kopalni "R"

Fig. 2. Curves of the subjective essessments ot the lovel of the state of hazards in the zones of the face G-5 in bed 358/1 of the mine "R"

4. WNIOSKI

1. Metoda diagnostyczna oparta na modelu sformalizowanych ocen ekspertów umożliwia jakościowe szacowanie i wartościowanie zagrożeń górniczych pod kątem możliwości wystąpienia w analizowanym obiekcie zdarzeń krytycznych.
2. Istotą metody i jej największą zaletą jest matematyczna, modelowa formalizacja potencjału komunikacyjnego załogi, a zwłaszcza spożytkowanie jej zbiorowego rozsądku, intuicji i doświadczeń nabytych w warunkach permanentnego kontaktu z zagrożeniami.
3. Wdrożenie metody daje szanse ujednolicenia procedur kontroli stanu bezpieczeństwa kopalń, realizowanych przez pracowników służb bhp oraz inspektorów nadzoru zewnętrznego, a także do racjonalnego planowania działań profilaktyczno-korekcyjnych.

LITERATURA

1. ANTOSZKIEWICZ J.: Metody heurystyczne. Warszawa 1982. PWN.
2. HARRIS D.J.: Analysis and simulation of qualitative forecasting models. PhD thesis, University of Wales, Swansen. June 1979.
3. HELMAR O.: Korzystanie z ocen ekspertów. Rozdz. 6 [w:] Analiza systemowa - podstawy i metodologia. Red. Findeisen W. PWN, Warszawa 1985.
4. JAŹWIŃSKI J., WAŻYŃSKA-FIOK K.: Niezawodność bezpieczeństwa systemów. Kolokwium niezawodności bezpieczeństwa. Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych. Kiekrz 1986.
5. KENDALL M.: Rangovaja korelacija. Statistika. 1975.
6. KRZEMIEŃ S.: Kwalitatywna diagnostyka zagrożeń górniczych. Zeszyty Naukowe politechniki Śląskiej. Seria Górnictwo (w druku).
7. KRZEMIEŃ S.: Metoda systemowo-jakościowej oceny stanu zagrożeniowego zakładu górniczego. Zeszysty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Górnictwo. Zeszyt nr 139. Gliwice 1985.
8. KRZEMIEŃ S.: Zagrożenia litosferyczne w ujęciu teorii procesów losowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Górnictwo. Zeszyt nr 159. Gliwice 1987.
9. MOORE P.G.: Wprowadzenie do badań operacyjnych. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1973.
10. SELVIDGE J.: Assinging Probabilities to Rave Ewents. Harward University. DBA dissertation. 1972.
11. SELVIDGE J.: A Three-Step Procedure for Assigning Probabilities to Rave Ewents. W: Utility, Probability and Human Decision Making. D. Wendt and C. Vlek. eds. Dordrecht. Holland. Reidel. 1975.
12. Opracowanie budowy stochastycznych modeli prognozowania stanów zagrożenia tąpaniami w KWK, w ujęciu systemowym. Praca zbiorowa. Instytut Organizacji i Ekonomiki Górnictwa. Politechnika Śląska. Gliwice 1988 r. Cz. III. Maszynopis powielany.

Recenzent
Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Sitko

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ФОРМАЛИЗАЦИИ ОЦЕНОК ЭКСПЕРТОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ РУДНИЧНОЙ ОПАСНОСТИ

Р е з ю м е

В работе представлено описание процедуры диагностирования, опирающейся на определении идентификаторов опасности путем приписывания им субъективных вероятностей, который являются выражением оценки группы экспертов. Целью диагностирования является оценка степени опасности в рудничных объектах, необходимая для сравнительной классификации этих объектов, а также позволяющая выделить опасность, идентификатор которой принадлежит к группе идентификаторов критических событий.

В работе описываются практические действия по диагностике, проводимые в забое штрека G-5 в пласте 358/1 шахты "R". Эти действия состоят в идентификации опасности, а также в организации сондажных исследований на основе специально подготовленных для этой цели анкет. Проведенные на основе этих исследований расчеты и полученные результаты позволили произвести оценку опасности в забое G-5, а также определить профилактические работы.

APPLICATION OF THE FORMALIZATION OF EXPERTS ASSESSMENT PROCEDURE IN DIAGNOSING OF MINING HAZARDS

S u m m a r y

In the paper is presented a description of the diagnostic procedure based on evaluating of mining hazards identificators through attributing to them subjective probabilities which are an expression of the verdict of a group of experts.

The aim of the diagnostic procedure is an evaluation of the state of hazards which occur in mining objects, constituting the basis for a comperative classification of these objects, also enabling the isolation of those hazards whose identificators belong to the group of identificators of critical events.

Described in the paper are the practical diagnostic operations carried out in teh face of gangway G-5, in bed 358/1, in the colliery "R". These consisted in the identification of hazards and the organization of sounding investigations on the basis of specially prepared questionaries.

The calculations made on their basis, as well as the results obtained made possible the assessment of the state of hazards in face G-5, and the determination of preventive-correctional operations.