

Stanisław TRENCZEK

Instytut Technik Innowacyjnych EMAG, Katowice

## Sposób kompleksowej oceny zagrożeń naturalnych w górnictwie węgla kamiennego

### Słowa kluczowe

górnictwo węgla kamiennego, zagrożenia naturalne, poziom niebezpieczeństwa, ocena wskaźnikowa

### Streszczenie

Omówiono zagrożenia naturalne pod względem częstości i poziomu występowania, przewidywalności wzrostu poziomu oraz skutków. Scharakteryzowano istotę oceny za pomocą wskaźników. Przedstawiono elementy kompleksowej oceny poziomu zagrożeń na podstawie dokonanych zaliczeń i klasyfikacji. Określono wskaźnik potencjalnego poziomu zagrożeń naturalnych oraz ocenę względnego poziomu potencjalnego niebezpieczeństwa prowadzenia robót w rejonie ściany.

### 1. Wstęp

Zagrożenia występujące w kopalniach węgla kamiennego są zróżnicowane pod względem częstości i poziomu występowania, przewidywalności wzrostu poziomu oraz skutków przekroczenia poziomu tolerowalnego. Szczególne znaczenie dla bezpieczeństwa pracy mają zagrożenia naturalne, których skutki występowania kumulują się najczęściej w rejonach ścian.

Do zagrożeń naturalnych należą (według przepisów [3, 4]) zagrożenia: tapaniami, metanowe, wybuchem pyłu węglowego, pyłami szkodliwymi dla zdrowia, radiacyjne naturalnymi substancjami radioaktywnymi, wyrzutami gazów i skał oraz wodne. Ponadto, należą do nich też zagrożenie pożarami endogenicznymi i zagrożenie klimatyczne, pomimo że nie są, tak jak poprzednie, ujęte w przepisach. Wynika to bowiem z natury górotworu [5]. Dzięki badaniom przeprowadzonym w ramach projektu „Informatyczny system wspomagania kompleksowego zarządzania zagrożeniami górnictwem” [1] można wszystkie te zagrożenia pogrupować pod wspomnianymi na wstępie aspektami.

Powszechnie występującymi zagrożeniami są zagrożenie pyłami szkodliwymi dla zdrowia, zagrożenie pożarami endogenicznymi, a także zagrożenie wentylacyjno-gazowe. Pierwsze występuje przy robotach zarówno węglowych, jak i kamiennych, zaś drugie jest wynikiem palności węgla. Z kolei zagrożenie wentylacyjno-gazowe może się pojawić, albo w związku z niedotrzymaniem dopuszczalnych stężeń gazów albo niedotrzymaniem określonych prędkości lub wydatków powietrza.

Drugą grupę, o wysokiej częstości występowania stanowią zagrożenia występujące w ponad połowie rejonów eksploatacyjnych:

- zagrożenie wybuchem pyłu węglowego, niezbyt liczna grupa pokładów zaliczonych jest do klasy A niebezpieczeństwa wybuchu,
- zagrożenie metanowe, nie dotyczy części pokładów niemetanowych,
- tapaniami, dosyć duża część pokładów jest nietłapiących.

Trzecią grupę stanowią zagrożenia występujące w mniejszym zakresie, to jest zagrożenie klimatyczne, które jednak z biegiem czasu obejmować będzie coraz większą ilość rejonów oraz zagrożenie wodne, które jeśli występuje to zazwyczaj o najniższym poziomie.

Ostatnią grupę stanowią zagrożenia występujące sporadycznie, do których należą zagrożenie wyrzutami gazów i skał oraz zagrożenie radiacyjne naturalnymi substancjami promieniotwórczymi.

Zróżnicowania te przekładają się na poziom niebezpieczeństwa pracy. Jednak dotychczas nie opracowano sposobu porównania pod tym względem wszystkich rejonów ścian. Projekt [1] pokazuje, że jest to możliwe przy zastosowaniu odpowiedniej metodyki.

Zakłada się też, że rezultatem projektu będzie zapewnienie takich elementów, jak:

- monitorowanie parametrów charakteryzujących zagrożenia występujące w danej kopalni,
- obliczanie wskaźników – ustanowionych obowiązującymi przepisami – określających poziom poszczególnych zagrożeń oraz ocenę poziomu ryzyka,
- obliczanie nowo opracowanych wskaźników potencjalnego i rzeczywistego poziomu zagrożeń,
- wizualizacja poziomu zagrożeń i sygnalizowanie zmian ich poziomu według przyjętych kryteriów oceny ryzyka,
- wysyłanie komunikatów ostrzegawczych i alarmowania w przypadku przekroczenia określonych wartości kryterialnych poszczególnych zagrożeń, w tym zagrożeń skojarzonych,
- uruchamianie zabezpieczeń chroniących załogę i ruch zakładu górniczego przed skutkami przekroczenia dopuszczalnych wartości kryterialnych, to jest wystąpienia poziomu nietolerowalnego,
- wizualizacja komunikatów z procedurami bezpieczeństwa,

Powinno to zapewnić wyższy poziom zarządzania bezpieczeństwem załogi oraz bezpieczeństwem ruchu zakładu górniczego.

## 2. Analiza wskaźnikowa w metodyce oceny poziomu niebezpieczeństwa

W projekcie [1] przeanalizowano bardzo duże zróżnicowanie konstrukcji wskaźników, które zawierają się w przedziale:

- od wskaźników struktury  $w_s$ , określających względny udział badanych jednostek z wyróżnionymi wariantami cechy  $y_I$  w całej zbiorowości zjawiska  $Y$ :

$$w_s = \frac{y_I}{Y} \quad (2.1)$$

- po wskaźniki dynamiki  $w_d$ , będące stosunkiem poziomu zjawiska w jednym okresie  $y_A$  do poziomu zjawiska w drugim okresie  $y_B$ :

$$w_d = \frac{y_A}{y_B} \quad (2.2)$$

Ustalenie optymalnej wersji wskaźnika jest bardzo ważne, gdyż pozwala to określić wielkość zaufania, jakie można mieć kierując się danym wskaźnikiem, a więc określić poziom wiarygodności jakości oceny.

Często stosowaną typologią wskaźników jest ich podział ze względu na charakter zjawiska wskazywanego oraz typ związku między zjawiskiem a wskaźnikiem. Przy czym uznaje się za zasadne, by wskaźnik był zawsze zjawiskiem lub cechą obserwowalną. Nie wymaga się tego natomiast od zjawiska wskaźnikowego, które może, ale nie musi być zjawiskiem obserwowalnym. W tak rozumianej typologii wyróżnia się trzy kategorie wskaźników.

Pierwsza kategoria wskaźników, to wskaźniki *korelacyjne*, nazywane także empirycznymi. Dla nich to teza o zachodzeniu pewnej korelacji między wskaźnikiem a zjawiskiem przezeń wskazywanym – nazywanym *indicatum* – jest tezą empiryczną, czyli rozstrzyganą na drodze obserwacji. A więc nie sam wskaźnik jest empiryczny, obserwowalny. Bezpośrednio na drodze obserwacji rozstrzygany jest związek pomiędzy wskaźnikiem a *indicatum*, co wynika z charakteru tego związku.

Drugim rodzajem wskaźników są wskaźniki *definicyjne*. Ich dobór jest zarazem zdefiniowaniem pewnego terminu. Wyróżnić można dwie odmiany tych wskaźników. Pierwszą są wskaźniki definiujące pewne zespoły zjawisk, zdarzeń czy zachowań bezpośrednio obserwowalnych. Drugą odmianą są wskaźniki definiujące dyspozycje do takich zachowań czy występowania odpowiednich zdarzeń. Przy czym pod pojęciem dyspozycje rozumie się częste pojawianie się czy też pojawianie się w określonych okolicznościach pewnej własności, czy zachowania.

Trzecią kategorią są wskaźniki *inferencyjne*. Charakteryzują się one tym, iż pojęcie Z, do którego dobieramy wskaźnik W jest takie, że:

- termin oznaczający wskaźnik W nie wchodzi do definicji (to znaczy nie jest terminem objaśniającym – *definiensem*) pojęcia Z, którego znaczenie jest znane (ustalone) niezależnie od W, na przykład znane jest intuicyjnie lub zostało ustalone przez postulaty pewnej teorii,
- jednocześnie zjawisko Z nie może być obserwowalne bezpośrednio, lecz jedynie można wnioskować o jego zajściu, czyli jego istnienie inferujemy z faktu zajścia wskaźnika Z. Zjawisko Z jest wówczas ukrytą, hipotetyczną zmienną nieobserwowalną, ale realną i posiadającą wiele obserwowalnych następstw.

Innym podziałem wskaźników uwzględniającym miary i parametry jest podział na wskaźniki ilościowe i jakościowe.

Wskaźnik ilościowy definiowany jest *jako liczba (względna lub bezwzględna) wyrażająca poziom danego zjawiska (zmiennej), przedstawiona w postaci bezwzględnej lub względnej*. Jest on zazwyczaj wartością otrzymaną na podstawie parametru, czyli cechy, którą można obserwować i mierzyć. Wartość ta odnosi się do informacji lub dostarcza informacji, która opisuje badane zjawisko (bądź jego część) o znaczeniu wychodzącym poza samą wartość parametru (cechy). Natomiast parametrem nazywamy wspomnianą wartość, którą można obserwować i mierzyć.

Z kolei wskaźnik jakościowy definiowany jest *jako liczba określająca różnicę między poziomem przebadanego zjawiska W i przyjętego dla jego skutków poziomu bezpieczeństwa a*

poziomem skutków obserwowanego zjawiska  $Z$ . Przy czym poziom mierzony jest odpowiednimi dla danego zjawiska parametrami, a za poziom bezpieczeństwa można przyjmować kryteria uznane za właściwe dla danego zjawiska.

Obydwa typy wskaźników są wykorzystane w przyjętej metodzie oceny z tym, że konieczne było ustalenie rodzajów i rozmiarów ewentualnych zakłóceń w porównywalności, a następnie w miarę możliwości ich eliminowanie bądź odpowiednie uwzględnianie w dokonywanej ocenie.

Obliczenia matematyczne w analizie wskaźnikowej nie są skomplikowane, a jej istotę stanowi wykorzystanie i interpretacja wskaźników dla sformułowania przejrzystej klasyfikacji umożliwiającej badaną materię obiektywnie ocenić. Analiza wskaźnikowa stanowi użyteczne narzędzie wówczas, kiedy dokładnie znane i rozumiane są jej istota i wpływające z niej ograniczenia. Jej wiarygodność odpowiada wiarygodności danych służących do wyznaczenia obszarów nowej klasyfikacji. Dlatego też dla dokonania analizy i uzyskania realnych ocen niezbędne jest stosowanie kilku różnych wskaźników, z wyselekcjonowaniem relacji odpowiadających przyjętemu celowi badań.

W kompleksowej ocenie poziomu wszystkich występujących zagrożeń przyjęto, że wykorzystane w niej zostaną dotychczas stosowane wskaźniki i klasyfikacje oraz wskaźniki nowe, opracowane na podstawie analizy wszystkich występujących zagrożeń.

### 3. Elementy oceny wskaźnikowej

Kompleksowa ocena poziomu zagrożeń przeznaczona jest dla rejonów ścian kopalń węgla kamiennego. Oparta jest na wskaźniku potencjalnych zagrożeń naturalnych i wskaźniku rzeczywistych zagrożeń naturalnych. Na aktualnym etapie realizacji projektu opracowano pierwszy ze wskaźników.

Na podstawie wiedzy o wskaźnikach wyróżniono [1]:

- **cechy** –  $C_i$  – odzwierciedlające występujące zagrożenia,
- **poziom niebezpieczeństwa** –  $p_i C_i$  danej cechy – wyróżniający gradację danego, występującego zagrożenia,
- **waga cechy** –  $w C_i$  – wartość liczbowa przypisana zagrożeniu o przyjętym niebezpieczeństwie,
- **waga poziomu** –  $w p C_i$  danej cechy – wartość liczbowa przypisana odpowiednim stopniom, kategoriom, klasom i grupom klasyfikacyjnym występującym przy zagrożeniu potencjalnym.

Potencjalny poziom zagrożeń naturalnych określony został przez poziom zagrożeń występujących w polskich kopalniach, które podlegają obowiązkowi zaliczenia [3] bądź sklasyfikowania, czyli przez cechy:

- $C_1$  – określającą zagrożenie tąpniętami, oparte na trzech stopniach zagrożenia zależnych głównie od odprężenia danego rejonu (pokładu),
- $C_2$  – określającą zagrożenie metanowe, charakteryzowane czterema kategoriami zależnymi od metanonośności węgla danego pokładu,
- $C_3$  – określającą zagrożenie wybuchem pyłu węglowego według dwóch klas, oznaczanych według naturalnego sposobu zabezpieczenia występującego pyłu węglowego,
- $C_4$  – określającą zagrożenie działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia, oparte na czterech kategoriach zależnych od zawartości wolnej krzemionki i jednocześnie od zawartości takiego pyłu w powietrzu kopalnianym,

- $C_5$  - określającą zagrożenie wyrzutami gazów i skał, charakteryzowane w dwóch kategoriach zależnych głównie od gazonośności, intensywności desorpcji gazów i zwięzłości węgla,
- $C_6$  - określającą zagrożenie wodne, ujęte w trzy stopnie zależne głównie od występowania zbiorników wodnych, występujących warstw wodonośnych a także dopływu wody do rejonu wymagającego odwadniania,
- $C_7$  - określającą zagrożenie radiacyjne, charakteryzowane dwoma klasami związanymi głównie z potencjalnym narażeniem pracownika na otrzymanie rocznej dawki skutecznej promieniowania,
- $C_8$  - określającą zagrożenie pożarami endogenicznymi, opisujące pięć grup, oparte na wskaźniku samozapalności i energii aktywacji utleniania węgla
- $C_9$  - określającą zagrożenie klimatyczne, charakteryzowane trzema poziomami krytycznymi opartymi na temperaturze pierwotnej górotworu.

W konsekwencji, o poziomie niebezpieczeństwa  $p_i$  decyduje poziom określony przez zaliczenie lub klasyfikację według poniższych wartości liczbowych  $p_1 \div p_5$  (tab. 3.1).

**Tabela 3.1.** Zestawienie wartości liczbowych określających poziom niebezpieczeństwa  
**Table 3.1.** Tabulation of numerical values determining a danger level

Zagrożenie	$C_i$	Rodzaj klasyfikacji	Poziom niebezpieczeństwa ( $p_i$ )						$p_{i_{max}}$
			$p_1 = 0$	$p_2 = 1$	$p_3 = 2$	$p_4 = 3$	$p_5 = 4$	$p_6 = 5$	
tapaniami	$C_1$	stopień	nietapiące	I	II	III			3
metanowe	$C_2$	kategoria	niemetanowe	I	II	III	IV		4
wybuchem pyłu węglowego	$C_3$	klasa	nie występuje	A	B				2
działaniem pyłów szkodliwych	$C_4$	poziom	-	I	II	III	IV		4
wyrzutami gazów i skał	$C_5$	skłonność / kategoria	nie skłonny	skłonny	I	II			3
wodne	$C_6$	stopień	nie występuje	I	II	III			3
radiacyjne	$C_7$	klasa	nie występuje	A	B				2
pożarowe	$C_8$	grupa	-	I	II	III	IV	V	5
klimatyczne	$C_9$	poziom krytyczny	nie występuje	I	II	III			3

Waga cechy  $wC_i$  uzależniona jest od stopnia przewidywalności zaistnienia skutków zagrożenia  $kn_i$  i stopnia prawdopodobnych wielkości takich skutków  $ks_i$ . Oblicza się ją jako

$$wC_i = kn_i + ks_i. \quad (3.1)$$

Aby scharakteryzować wagę w sposób najbardziej obiektywny przyjęto trzy wartości stopnia przewidywalności i trzy wartości dla określenia stopnia prawdopodobieństwa dla poziomów maksymalnych (tab. 3.2).

**Tabela 3.2.** Zestawienie wartości stopni przewidywalności i prawdopodobieństwa  
**Table 3.2.** Tabulation of degrees of predictability and probability

Stopień przewidywalności			Stopień prawdopodobnych skutków		
Wartość $kn_i$	Ocena	Zagrożenie	Wartość $ks_i$	Ocena	Zagrożenie
0	nie ma potrzeby przewidywania	Nie występuje zagrożenie: - tapaniami, - metanowe, - wybuchem pyłu węglowego, - działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia - wyrzutami gazów i skał, - wodne, - radiacyjne, - klimatyczne,	0	nie ma potrzeby przewidywania	Nie występuje zagrożenie: - tapaniami, - metanowe, - wybuchem pyłu węglowego, - działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia, - wyrzutami gazów i skał, - wodne, - radiacyjne, - klimatyczne,
1	łatwo-przewidywalne	- wybuchem pyłu węglowego, - działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia, - wodne, - radiacyjne, - klimatyczne,	1	bez wypadków śmiertelnych	- działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia, - wodne, - radiacyjne, - klimatyczne,
2	średnio-przewidywalne	- metanowe, - pożarowe	2	wypadki śmiertelne (kilka)	- tapaniami, - pożarowe,
3	trudno-przewidywalne	- tapaniami, - wyrzutami gazów i skał,	3	katastrofa	- metanowe, - wybuchem pyłu węglowego, - wyrzutami gazów i skał

Dla poszczególnych zagrożeń  $C_i$  wagę cechy  $wC_i$  kształtować będzie poziom danego zagrożenia określony na podstawie zaliczenia lub sklasyfikowania (tab. 3.3). W przypadku zaliczenia (zaklasyfikowania) zagrożenia w rejonie ściany do dwóch lub większej liczby poziomów uwzględniany w obliczeniach jest poziom najwyższy.

**Tabela 3.3.** Zestawienie wag cech dla poszczególnych zagrożeń  
**Table 3.3.** Tabulation of feature weights for individual hazards

Cecha $C_i$	Zaliczenie (klasyfikacja) pokładu $p_i$	Stopień przewidywalności		Stopień prawdopodobnych skutków		$w C_i$
		Wartość $kn_i$	Ocena	Wartość $ks_i$	Ocena	
$C_1$	Nietąpiący $p_1 = 0$	nie ma potrzeby przewidywania	0	nie ma potrzeby przewidywania	0	0
	Stopień I $p_1 = 1$	łatwoprzewidywalne	1	bez wypadków śmiertelnych	1	2
	Stopień II $p_1 = 2$	średnioprzewidywalne	2	wypadki śmiertelne (kilka)	2	4
	Stopień III $p_1 = 3$	trudnoprzewidywalne	3	wypadki śmiertelne (kilka)	2	5
$C_2$	Niemetanowy $p_2 = 0$	łatwoprzewidywalne	1	nie ma potrzeby przewidywania	0	1
	Kategoria I $p_2 = 1$	łatwoprzewidywalne	1	bez wypadków śmiertelnych	1	2

	Kategoria II $p_2 = 2$		średnioprzewidywalne	2	wypadki śmiertelne (kilka)	2	4	
	Kategoria III $p_2 = 3$		średnioprzewidywalne	2	katastrofa	3	5	
	Kategoria IV $p_2 = 4$		łatwooprzewidywalne	1	nie ma potrzeby przewidywania	0	1	
$C_3$	Niezagrożony wybuchem $p_3 = 0$		nie ma potrzeby przewidywania	0	nie ma potrzeby przewidywania	0	0	
	Klasa A $p_3 = 1$		nie ma potrzeby przewidywania	0	bez wypadków śmiertelnych	1	1	
	Klasa B $p_3 = 2$		łatwooprzewidywalne	1	katastrofa	3	4	
$C_4$	$S_iO_2 < 2$	$f_w^* = 10$	$p_4 = 1$	łatwooprzewidywalne	1	nie ma potrzeby przewidywania	0	1
	$2 \leq S_iO_2 < 10$	$f_w = 4$ $f_r^{**} = 2$	$p_4 = 2$	łatwooprzewidywalne	1	bez wypadków śmiertelnych	1	2
	$10 \leq S_iO_2 < 50$	$f_w = 2$ $f_r = 1$	$p_4 = 3$	średnioprzewidywalne	2	bez wypadków śmiertelnych	1	3
	$S_iO_2 > 50$	$f_w = 1$ $f_r = 0,3$	$p_4 = 4$	trudnooprzewidywalne	3	bez wypadków śmiertelnych	1	4
$C_5$	Nieskłonny $p_5 = 0$		nie ma potrzeby przewidywania	0	nie ma potrzeby przewidywania	0	0	
	Skłonny $p_5 = 1$		łatwooprzewidywalny	1	bez wypadków śmiertelnych	1	2	
	Kategoria I $p_5 = 2$		trudnooprzewidywalne	3	wypadki śmiertelne (kilka)	2	5	
	Kategoria II $p_5 = 3$		trudnooprzewidywalne	3	katastrofa	3	6	
$C_6$	Niezagrożony $p_6 = 0$		nie ma potrzeby przewidywania	0	nie ma potrzeby przewidywania	0	0	
	Stopień I $p_6 = 1$		łatwooprzewidywalne	1	nie ma potrzeby przewidywania	0	1	
	Stopień II $p_6 = 2$		średnioprzewidywalne	2	nie ma potrzeby przewidywania	0	2	
	Stopień III $p_6 = 3$		średnioprzewidywalne	2	bez wypadków śmiertelnych	1	3	
$C_7$	Niezagrożony $p_7 = 0$		nie ma potrzeby przewidywania	0	nie ma potrzeby przewidywania	0	0	
	Klasa A $p_7 = 1$		łatwooprzewidywalne	1	nie ma potrzeby przewidywania	0	1	
	Klasa B $p_7 = 2$		łatwooprzewidywalne	1	bez wypadków śmiertelnych	1	2	

$C_8$	Grupa I $p_8 = 1$	nie ma potrzeby przewidywania	0	nie ma potrzeby przewidywania	0	0
	Grupa II $p_8 = 2$	łatwoprzewidywalne	1	nie ma potrzeby przewidywania	0	1
	Grupa III $p_8 = 3$	łatwoprzewidywalne	1	bez wypadków śmiertelnych	1	2
	Grupa IV $p_8 = 4$	średnioprzewidywalne	2	bez wypadków śmiertelnych	1	3
	Grupa V $p_8 = 5$	średnioprzewidywalne	2	wypadki śmiertelne (kilka)	2	4
$C_9$	Niezagrożony $p_8 = 0$	nie ma potrzeby przewidywania	0	nie ma potrzeby przewidywania	0	0
	I PK $p_8 = 1$	łatwoprzewidywalne	1	nie ma potrzeby przewidywania	0	1
	II PK $p_8 = 2$	średnioprzewidywalne	2	nie ma potrzeby przewidywania	0	2
	III PK $p_8 = 3$	średnioprzewidywalne	2	bez wypadków śmiertelnych	1	3

$f_w^*$  - frakcja wdychalna;  $f_r^{**}$  - frakcja respirabilna

**Waga poziomu cechy**  $wpC_i$  zależy od określonego **poziomu potencjalnego zagrożenia**  $p_i$  i wartości liczbowej przypisanej najwyższemu poziomowi dla danego zagrożenia, czyli

$$wpC_i = \frac{p_i C_i}{p_i C_{i_{max}}} \quad (3.4)$$

Z kolei o **wadze** ( $i$ -tego) **zagrożenia** –  $WzC_i$  – stanowić będzie **waga cechy**  $wC_i$  i **waga poziomu cechy**  $wpC_i$  ujęte w zależność

$$WzC_i = wC_i \cdot wpC_i \quad (3.5)$$

Dla rozpatrywanych zagrożeń wartości tych elementów przedstawiają się następująco (tab. 3.4).

**Tabela 3.4.** Zestawienie wag poziomu cech, wag cech, wag dla poszczególnych zagrożeń  
**Table 3.4.** Tabulation of feature levels, feature weights, and weights for individual hazards

$C_i$	Zaliczenie (klasyfikacja) pokładu	Poziom potencjalnego zagrożenia $p_i$	Wartość poziomu maksymalnego $p_i C_{i_{max}}$	Waga poziomu cechy $wpC_i$	Waga cechy $wC_i$	Waga zagrożenia $WzC_i$
$C_1$	Nietapiący	$p_1 = 0$	3	0	0	0
	Stopień I	$p_1 = 1$		0,33	2	0,66
	Stopień II	$p_1 = 2$		0,66	4	2,64
	Stopień III	$p_1 = 3$		1	5	5
$C_2$	Niemetanowy	$p_2 = 0$	4	0	0	0
	Kategoria I	$p_2 = 1$		0,25	0	0
	Kategoria II	$p_2 = 2$		0,50	2	1



	Kategoria III		$p_2 = 3$		0,75	4	3
	Kategoria IV		$p_2 = 4$		1	5	5
$C_3$	Niezagrożony wybuchem		$p_3 = 0$	2	0	0	0
	Klasa A		$p_3 = 1$		0,50	1	0,50
	Klasa B		$p_3 = 2$		1	4	4
$C_4$	$S_iO_2 < 2$	$f_w^* = 10$	$p_4 = 1$	4	0,25	1	0,25
	$2 \leq S_iO_2 < 10$	$f_w = 4$ $f_r^{**} = 2$	$p_4 = 2$		0,50	2	1
	$10 \leq S_iO_2 < 50$	$f_w = 2$ $f_r = 1$	$p_4 = 3$		0,75	3	2,25
	$S_iO_2 > 50$	$f_w = 1$ $f_r = 0,3$	$p_4 = 4$		1	4	4
$C_5$	Nieskłonny		$p_5 = 0$	3	0	0	0
	Skłonny		$p_5 = 1$		0,33	2	0,66
	Kategoria I		$p_5 = 2$		0,66	5	3,3
	Kategoria II		$p_5 = 3$		1	6	6
$C_6$	Niezagrożony		$p_6 = 0$	3	0	0	0
	Stopień I		$p_6 = 1$		0,33	0	0
	Stopień II		$p_6 = 2$		0,66	1	0,66
	Stopień III		$p_6 = 3$		1	2	2
$C_7$	Niezagrożony		$p_7 = 0$	2	0	0	0
	Klasa A		$p_7 = 1$		0,50	1	0,50
	Klasa B		$p_7 = 2$		1	2	2
$C_8$	Grupa I		$p_8 = 1$	5	0,20	0	0
	Grupa II		$p_8 = 2$		0,40	1	0,40
	Grupa III		$p_8 = 3$		0,60	2	1,20
	Grupa IV		$p_8 = 4$		0,80	3	2,40
	Grupa V		$p_8 = 5$		1	4	4
$C_9$	Niezagrożony		$p_8 = 0$	3	0	0	0
	I PK		$p_8 = 1$		0,33	1	0,33
	II PK		$p_8 = 2$		0,66	1	0,66
	III PK		$p_8 = 3$		1	2	2

#### 4. Wskaźnik potencjalny zagrożeń naturalnych

Początkowo zakładano, że o poziomie kompleksowo rozpatrywanego zagrożenia potencjalnego danego rejonu eksploatacyjnego decydować będą poziomy wszystkich dziewięciu uwzględnianych zagrożeń, a oceniane to będzie na podstawie parametrów jakościowych, to jest miejsca jakie ono zajmuje w skali danego zagrożenia.

Dla dokonania oceny rejonów ścian oraz pozyskania wiedzy o pełnym spektrum występujących zagrożeń przygotowano [1] odpowiedni Arkuszu Informacyjny o rozpoznaniu uwarunkowań prowadzonej eksploatacji za okres (tylko) 2009 roku. Zawiera on cztery rodzaje informacji:

- ogólne - o warunkach górniczo-geologicznych wyrobisk ścianowych (m.in. długość, wysokość, przekrój, nachylenie, postęp dobowy itp.),

- o zaliczeniach i klasyfikacjach, czyli stopniach, kategoriach, klasach i grupach oraz o wynikach badań, w oparciu o które dokonano zaliczenia i przeprowadzono klasyfikację pokładów węgla lub rejonów eksploatacyjnych,
- o rzeczywistych, występujących warunkach prowadzenia robót – tj. m.in.:
  - o częstotliwości i energii wstrząsów (względem postępu robót),
  - o wskaźnikach wczesnego wykrywania pożarów endogenicznych,
  - o metanowości kryterialnej, bezwzględnej całkowitej i wentylacyjnej, o średniej zawartości metanu w wypływowym prądzie powietrza oraz o ujmowanym metanie,
  - o intensywności osadzania się pyłu węglowego,
  - o wielkości stężenia pyłu na stanowiskach pracy,
  - o wielkości wskaźników zagrożenia radiacyjnego (4 wskaźniki),
  - o wskaźniku zwięzłości węgla i o intensywności desorpcji metanu,
  - o występujących warunkach klimatycznych,
  - o wielkości dopływu wody do przodków korytarzowych i ścianowych,
  - o innych danych zbieranych przez odpowiednie służby kopalniane,
  - o stosowanym systemowym monitorowaniu zagrożeń (m.in. typ systemu, rodzaj czujników, szacunkowa liczba czujników).

W celu pozyskania tych informacji wystosowano pisma do prezesów trzech największych przedsiębiorców - producentów węgla.

Po zebraniu danych, w pierwszym etapie analizą objęto ogólne warunki górnico-geologiczne, co pozwoliło określić materiał badawczy pod względem ilościowym i jakościowym. W drugim etapie analizą objęto zagrożenia potencjalne (wynikające z dokonanych zaliczeń i klasyfikacji). Pozostały jeszcze kolejne etapy, przy czym w trzecim analizie objęte zostaną rzeczywiście występujące poziomy zagrożenia.

Wszystkim tym zagrożeniom przypisano odpowiednią wagę poziomemu zagrożenia a następnie, w oparciu o przyjęte kryteria, dokonano oceny poziomu wszystkich zagrożeń. Analiza tak pozyskanego materiału umożliwiła dotychczas kompleksowo ocenić potencjalny poziom niebezpieczeństwa robót eksploatacyjnych.

Przed przeprowadzeniem badań uwarunkowań eksploatacji w JSW, KHW i KW [2] założono występowanie wszystkich rozpatrywanych zagrożeń naturalnych, dla których określono potencjalny wskaźnik zagrożeń naturalnych  $WZN_P$ . Wyraża on stosunek sumy poszczególnych wartości wag każdego zagrożenia  $\sum WzC_i$  do sumy maksymalnych wartości wag wszystkich zagrożeń  $\sum WzC_{imax}$

$$WZN_P = \frac{\sum WzC_i}{\sum WzC_{imax}} \quad (4.1)$$

przy czym  $\sum WzC_i$  zależy od poziomu każdego z tych zagrożeń, natomiast  $\sum WzC_{imax}$  jest wartością stałą, niezależną od występujących w danym rejonie zagrożeń, a obliczana jest jako

$$\begin{aligned} \sum WzC_{imax} = & WzC_{1max} + WzC_{2max} + WzC_{3max} + WzC_{4max} + WzC_{5max} \\ & + WzC_{6max} + WzC_{7max} + WzC_{8max} + WzC_{9max} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Zatem wartość ta wynosi  $\sum WzC_{imax} = 5 + 5 + 4 + 4 + 6 + 3 + 2 + 4 + 3 = 36$

Na tej podstawie zaproponowano cztery grupy określające **bezwzględny poziom potencjalnego niebezpieczeństwa**  $W_BZNP$ :

- *niski*, gdy  $W_BZNP \leq 0,4$ ,
- *średni*, gdy  $0,4 < W_BZNP \leq 0,6$ ,
- *wysoki*, gdy  $0,6 < W_BZNP \leq 0,8$ ,
- *bardzo wysoki*, gdy  $W_BZNP > 0,8$ .

Ponieważ w żadnej ze 176 analizowanych ścian JSW, KHW i KW [2] nie wystąpiło zagrożenie wyrzutami gazów i skał oraz zagrożenie radiacyjne naturalnymi substancjami promieniotwórczymi ocena według powyższych kryteriów nie oddawałyby właściwego charakteru występujących zagrożeń. W związku z tym wprowadzono **względny poziom potencjalnego niebezpieczeństwa**  $W_WZNP$ :

- *niski*, gdy  $W_WZNP \leq 0,2$ ,
- *średni*, gdy  $0,2 < W_WZNP \leq 0,4$ ,
- *wysoki*, gdy  $0,4 < W_WZNP \leq 0,6$ ,
- *bardzo wysoki*, gdy  $W_WZNP > 0,6$ .

## 5. Podsumowanie

Zróznicowanie zagrożeń naturalnych w kopalniach węgla kamiennego pod względem częstości i poziomu występowania, przewidywalności wzrostu poziomu oraz skutków przekroczenia poziomu tolerowalnego przekłada się na zróznicowanie poziomu niebezpieczeństwa pracy.

Realizacja projektu „Informatyczny system wspomagania kompleksowego zarządzania zagrożeniami górnictwem” pozwoliła na opracowanie metodyki porównania i oceny wszystkich rejonów ścian w kopalniach, w której określono:

- *cechy* –  $C_i$  – odzwierciedlające występujące zagrożenia,
- *poziom niebezpieczeństwa* –  $p_i C_i$  danej cechy – wyróżniający gradację danego, występującego zagrożenia,
- *wagę cechy* –  $w C_i$  – jako wartość liczbową przypisaną zagrożeniu o przyjętym niebezpieczeństwie,
- *wagę poziomu* –  $w p C_i$  danej cechy – jako wartość liczbową przypisaną odpowiednim stopniom, kategoriom, klasom i grupom klasyfikacyjnym występującym przy zagrożeniu potencjalnym,
- *wskaźnik potencjalny zagrożeń naturalnych* –  $WZNP$  – uwzględniający wszystkie występujące zagrożenia naturalne i wyznaczający jeden z czterech **poziomów potencjalnego niebezpieczeństwa**.

Dotychczasowa analiza zgromadzonego materiału badawczego pozyskanego z kopalń JSW S.A., KHW S.A. i KW S.A. (jako najbardziej reprezentatywnych dla polskiego górnictwa węgla kamiennego) o rozpoznaniu uwarunkowań eksploatacji prowadzonej w 2009 roku umożliwiła dokonać podziału poziomu zagrożeń według czterech grup **względnego poziomu potencjalnego niebezpieczeństwa**  $W_WZNP$ .

Wyniki dalszych prac związanych z projektem przedstawiane będą w kolejnych publikacjach.

## Literatura

- [1] Dokumentacja projektu strukturalnego Nr UDA-POIG.01.03.01-048/08-00 pt. „Informatyczny system wspomagania kompleksowego zarządzania zagrożeniami górnictwem”. Zadanie 1. „Sposób kompleksowej oceny stanów zagrożeń górnictwem” – zrealizowane pod kierownictwem S. Trenczka. GIG 2009, niepublikowana.
- [2] Dokumentacja projektu strukturalnego Nr UDA-POIG.01.03.01-048/08-00 pt. „Informatyczny system wspomagania kompleksowego zarządzania zagrożeniami górnictwem”. Zadanie 4. „Opracowanie i wykonanie projektu komponentów oraz algorytmów wskaźnikowego określenia zagrożeń dla uruchamiania procedur zarządzania bezpieczeństwem w zintegrowanym systemie zarządzania bezpieczeństwem na kopalni” – zrealizowane pod kierownictwem S. Trenczka. GIG 2010, niepublikowana.
- [3] Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. Dz. U. z 2002 r. Nr 139, poz. 1169.
- [4] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych. Dz. U. z 2002 r. Nr 94, poz. 841.
- [5] Trenczek S.: *Zagrożenie pożarami endogenicznymi a zagrożenia naturalne w aspekcie obowiązujących przepisów*. Materiały Sympozjum Warsztaty Górnicze nt. „Zagrożenia naturalne w górnictwie”. Kraków–Tomaszowice, 12-16 czerwca 2006. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2006, s. 441-454.

## Comprehensive evaluation method of natural hazards in hard coal mining

### Key words

hard coal mining, natural hazards, danger level, index appraisal

### Abstract

There have been discussed a matter of natural hazards regarding frequency and a level of their occurrence, predictability of level increase and effects. The essence of the appraisal made by means of indexes has been presented. The elements of a comprehensive appraisal of a level of natural hazards have been shown on the basis of recognitions and classifications which were carried out. There have been determined an index of a potential level of natural hazards and an appraisal of a relative level of a potential danger of works at a longwall area.

*Przekazano: 15 marca 2009 r.*