

Edward CICHOWSKI, Zbigniew ŻURAKOWSKI

ZAGROŻENIE GRAWITACYJNYM OPADEM SKAŁ - FAZA ZAGROŻENIA PEŁNEGO

Streszczenie. Rozpatrzono fazę zagrożenia pełnego, bezpośrednio poprzedzającą szkodliwość, której przyczyną pośrednią jest grawitacyjny opad skał. Przeanalizowano warunki konieczne i półdeterministyczne niepożądanego następstwa zdarzeń oraz możliwe deficyty bezpieczeństwa w zakresie obudowy osłonowej, stwarzającej warunki regresywne dla niepożądanego grawitacyjnego opadu skał.

GRAVITATIONAL ROCK FALL HAZARD - FULL HAZARD PHASE

Summary. Considered here has been the full hazard directly preceding the damage whose indirect cause is the gravitational fall of rocks. The necessary and semi-deterministic conditions of an undesirable sequence of events and the possible deficiency in safety in the sphere of protective lining creating regressive conditions for an undesirable gravitational rock fall have also been analyzed.

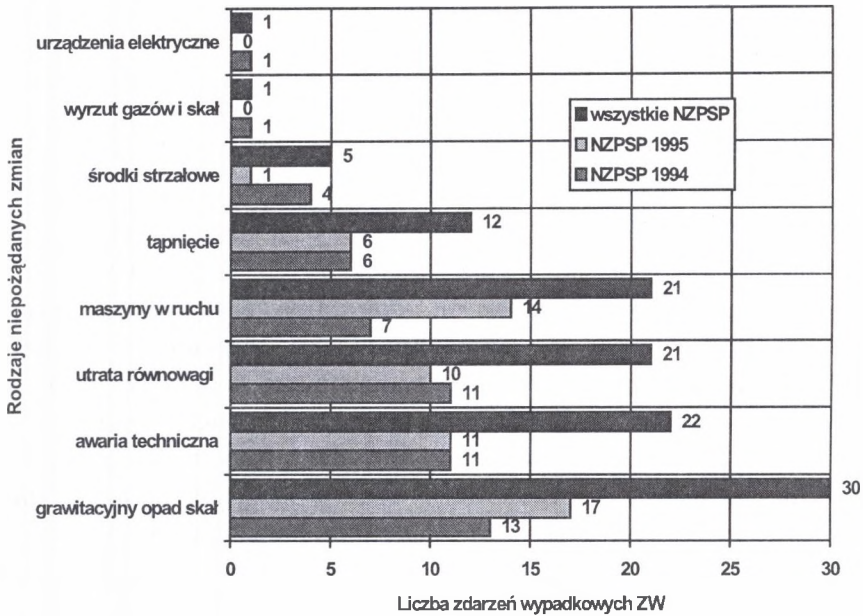
1. Wprowadzenie

Niepożądany grawitacyjny opad skał, w latach 1994/5, był najczęstszą przyczyną pośrednią urazów wynikających z niebezpiecznego zetknięcia się załogi z obiektami środowiska pracy (rys.1), w zmechanizowanych wyrobiskach ścianowych i polu przyścianowym [2].

Fazę zagrożenia pełnego definiuje się jako stan w środowisku pracy, spowodowany występującym deficytem bezpieczeństwa, chwilowo z możliwością szkodliwości SZ, tj. możliwości pojawienia się wypadków WY i szkód materialnych SM [1, 4].

Rozpatrzono konieczne i półdeterministyczne warunki następstwa zdarzeń, które w fazie zagrożenia pełnego poprzedzają szkodliwość. Zakłada się, że:

- parametry środowiska pracy to stany obiektów tego środowiska,
- działanie to całokształt reakcji czynnika ludzkiego na podstawie podjętej decyzji,
- sprawstwo to skutek działania, czyli stan w środowisku pracy będący skutkiem działania lub jeszcze inaczej - wpływ czynnika ludzkiego,
- składniki istotne koniecznego następstwa zdarzeń, które mogą stanowić zarówno parametry środowiska pracy, jak i sprawstwo, są zawsze prawdziwe, gdy prawdziwy jest niepożądany skutek ostateczny,
- standardy bezpieczeństwa lub sprawstwa regresywne to stany występujące w środowisku pracy, sankcjonowane obowiązującymi przepisami bezpieczeństwa, a stwarzające warunki nie sprzyjające dla niepożądanego zajścia poszczególnych składników istotnych koniecznego następstwa zdarzeń (na aktualnym etapie wiedzy o zagrożeniu, [4]),
- deficyt bezpieczeństwa lub sprawstwo progresywne to stan występujący w środowisku pracy, stanowiący zaprzeczenie standardu bezpieczeństwa, lub sprawstwa regresywnego, stwarzający warunki sprzyjające dla niepożądanego zajścia poszczególnych składników istotnych koniecznego następstwa zdarzeń na aktualnym etapie rozeznania zagrożenia.



Rys. 1. Udział w zdarzeniach wypadkowych różnych niepożądanych zmian parametrów środowiska pracy [NZPSP]

Fig. 1. Participation in accident events of various undesirable parameter changes of the work environment [NZPSP]

Standardy i deficyty bezpieczeństwa oraz sprawstwa progresywne i regresywne są istotą półdeterministycznego podejścia do środowiska pracy.

Zastosowano podstawowe funktory logiczne: \wedge - koniunkcji, \vee - alternatywy, \neg - negacji, \Rightarrow - implikacji, \equiv - równoważności.

2. Warunki konieczne niepożądanego grawitacyjnego opadu skał poprzedzającego szkodliwość

W fazie zagrożenia pełnego szkodliwość SZ implikują urazy UR, te zaś 3 warunki konieczne Z_k , Y_k i X_k następstwa zdarzeń [3, 10]:

$$\begin{aligned}
 SZ &\Rightarrow WY \vee SM \Rightarrow UR \Rightarrow Z_k \equiv \{ZW\} \Rightarrow \\
 &\Rightarrow Y_k \equiv \{AZ^P \wedge ys\} \Rightarrow \\
 &\Rightarrow X_k \equiv \{AZ_{ops}^L \vee AZ_{opo}^L\}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

gdzie

ZW - zdarzenie wypadkowe, czyli niebezpieczne zetknięcie załogi z opadającymi skałami ze stropu lub ociosu.

Zdarzenie wypadkowe może mieć miejsce podczas wykonywania przez załogę czynności w ramach obowiązków służbowych. Przykładowo, może to być wiercenie otworów strzałowych, ładowanie odstrzelonego urobku, rozbijanie brył węgla, wymiana noży na organie urabiającym, przechodzenie i transport wzdłuż frontu urabiania. Podczas wykonywania przykładowo przytoczonych lub innych czynności może nastąpić nagły niespodziewany dla załogi opad skał lub gdy załoga wykonuje obrywkę stropu, lub ociosu, a sprowokowany opad skał następuje w sposób niezamierzony. Załoga może się niebezpiecznie zetknąć zarówno z pojedynczą bryłą skalną, jak i w skrajnym przypadku może zostać zasypana bryłami skalnym [5].

Zdarzenie wypadkowe ZW stanowi warunek konieczny doznanego urazu UR, lecz nie wystarczający. O faktycznych rozmiarach urazów doznanych przez załogę decyduje zbieżność uwarunkowań, która może być przychylna lub nieprzychylna dla pracownika, co jednak nie będzie analizowane. W przypadku uwarunkowań przychylnych (gdzie nie doszło do urazu) zwykle się uważa, że człowiek „miał szczęście” i zdarzenie takie nie jest ujmowane w statystyce wypadkowej, gdyż rejestruje się tylko zdarzenia zakończone urazem załogi.

AZ^P - aktywizacja zagrożenia wypadkowego ze strony parametrów środowiska pracy, czyli niebezpieczne zmiany parametrów środowiska pracy, wynikające bezpośrednio z opadu brył skalnych.

Niebezpieczne zmiany parametrów środowiska pracy mogą być spowodowane ruchem pojedynczej bryły skalnej lub ruchem wielu brył skalnych, opadających do przestrzeni roboczej, wskutek czego mogą zostać wprawione w ruch inne obiekty środowiska pracy albo nastąpić częściowe

lub całkowite zasypanie wyrobiska i zniszczenie obudowy, maszyn i urządzeń, oraz innych obiektów przestrzeni roboczej (szkoda materialna).

ys - przebywanie załogi w zasięgu AZ^P.

Przebywanie załogi w zasięgu AZ^P na ogół związane jest z pracami górniczymi wykonywanymi niezgodnie z obowiązującymi przepisami bez stosowania nakazanych zabezpieczeń. Może to również dotyczyć załogi przechodzącej lub przebywającej w pobliżu takich miejsc, gdzie istnieje zwiększone zagrożenie opadem skał.

AZ^L_{ops} - niepożądany opad brył skalnych ze stropu.

Skutkiem wykonanego skrawu przez maszynę urabiającą w zmechanizowanym wyrobisku ścianowym jest poszerzenie nie zabudowanego pasa przyociosowego stropu i brak podparcia ze strony węgla, co może doprowadzić do załamania stropu w pobliżu ociosu ściany. Sytuacja opisana powyżej wynika z normalnego, jednego z wielu powtarzanych cykli produkcji.

Nierówny strop stwarza trudności w utrzymaniu ściany, gdyż utrudnia pracę przy przesuwaniu i zabudowie obudowy ścianowej [7]. Na całej długości ściany mogą wystąpić trudności w przechodzeniu miejsc charakteryzujących się zaniżeniem stropu (ciasnota), a w następstwie może dojść do znacznego pogorszenia parametrów środowiska pracy.

AZ^L_{opo} - niepożądany opad brył skalnych z ociosu.

Bezpośrednio po wykonaniu skrawu świeżo odsłonięty ocios węglowy wyrobiska ścianowego, zwłaszcza wysokiego, wskutek ciągłego procesu odspojenia stwarza znaczne zagrożenie opadem brył węglowych. W takich przypadkach opad skał jest najczęściej typu płytowego [8]. Intensywność opadu związana jest również ze stanem naprężeń wokół wyrobiska. W zależności od warunków górniczo-geologicznych bezpośrednio po dokonaniu skrawu płaszczyzna ociosu węglowego może być równa lub powstają wyrwy wskutek opadu dużych łat węgla, zależy to między innymi od stanu naprężeń występujących wokół wyrobiska. Duże znaczenie mają również takie własności, jak kliważ i wskaźnik skrawalności węgla. Przeprowadzone w warunkach „in situ” pomiary bezpośrednio w strefie pokładu zabioru maszyny urabiającej, przy naturalnym stanie naprężeń i odkształceń zapewniły otrzymanie rzeczywistych wartości wskaźnika skrawalności. Doświadczenia uzyskane podczas badań pozwalają na

stwierdzenie, iż: - ze wzrostem wskaźnika skrawalności A pogarsza się urabialność węgla. Wartość wskaźnika A dostarcza również informacji o zastosowaniu odpowiedniej technologii urabiania odnośnie do: kierowania stropem, otwarcia frontu ściany, prędkości postępu ściany. Często korzystna wartość wskaźnika urabialności ze względu na ekonomiczny aspekt produkcji nie jest korzystna, ponieważ występuje duże zagrożenie grawitacyjnym opadem skał. Można jednak, wykorzystując tę informację, dobrać odpowiednie wyposażenie wyrobiska ścianowego, które stworzy warunki regresywne dla zagrożenia opadem skał [9]. Wychodząc ze zbliżonej do pionu płaszczyzny czoła ściany bezpośrednio po wykonaniu zabioru, wskutek opadu brył węgla po określonym czasie tworzą się powierzchnie nachylone, których kąt odchylenia od kierunku calizny przeważnie zależy od kąta tarcia wewnętrznego. W efekcie opadu węgla z ociosu ścianowego następuje poszerzenie nie zabudowanego pasa przyociosowego stropu. Na ogół opad może występować w różnych miejscach wyrobiska ścianowego z większym lub mniejszym skutkiem, co bezpośrednio pogarsza warunki prowadzenia ściany i utrzymywania jej [7,8].

3. Warunek półdeterministyczny niepożądanego grawitacyjnego opadu skał poprzedzający szkodliwość

Przy dzisiejszym stanie wiedzy w zakresie bezpieczeństwa pracy szkodliwość SZ w fazie zagrożenia pełnego implikują półdeterministyczne zbiory zdarzeń Z, Y i X [10]:

$$\begin{aligned}
 SZ \Rightarrow UR \Rightarrow Z &\equiv \{ [ZW \vee \overline{PB}_P^C] \} \Rightarrow \\
 \Rightarrow Y &\equiv \{ AZ^P \wedge [ys \vee \overline{PB}_{OO}^C] \} \Rightarrow \\
 \Rightarrow X &\equiv \{ [AZ_{Ops}^L \vee AZ_{Opo}^L \vee \overline{PB}_{PP_{zo}}^P] \}
 \end{aligned} \tag{2}$$

gdzie:

- \overline{PB}_P^C - możliwe sprawstwo progresywne, czyli możliwy nie sprzyjający wpływ załogi podczas ZW w zakresie udzielania pierwszej pomocy.

Niewłaściwie udzielona pierwsza pomoc stwarza warunki progresywne dla pogłębienia się skutków doznanego urazu. Pracownicy zakładu górniczego powinni podlegać obowiązkowi podnoszenia swoich umiejętności w zakresie udzielania pierwszej pomocy.

\overline{PB}_{00}^c - możliwe sprawstwo progresywne, czyli możliwy nie sprzyjający wpływ załogi w zakresie ochron osobistych[4].

Ochrony osobiste, takie jak hełm, ubranie robocze, rękawice, okulary ochronne stwarzają warunki regresywne dla niebezpiecznego zetknięcia się załogi z obiektami środowiska pracy, inaczej mówiąc osłabiają skutki niebezpiecznego zetknięcia z opadającymi skałami [6].

$\overline{PB}_{pp_{20}}^p$ - możliwy deficyt bezpieczeństwa w zakresie parametrów pożądaných dotyczących zabezpieczenia osłonowego.

Obudowa osłonowa, stwarzając warunki regresywne dla niepożądanego opadu brył skalnych ze stropu i ociosu, nie dopuszcza do aktywizacji zagrożenia wypadkowego w razie niepożądanego grawitacyjnego opadu skał.

Na skuteczność zabezpieczenia osłonowego, w przypadku tylko zastawki przenośnika ścianowego, wpływają: szerokość przenośnika ścianowego wraz z klinami ładującymi, wysokość zastawki (która może być zmienna) i wysokość wyrobiska ścianowego.

W przypadku zastawki przenośnika ścianowego i obudowy osłonowej wyposażonej w osłony czoła ściany na skuteczność zabezpieczenia osłonowego wpływają (rys.2):

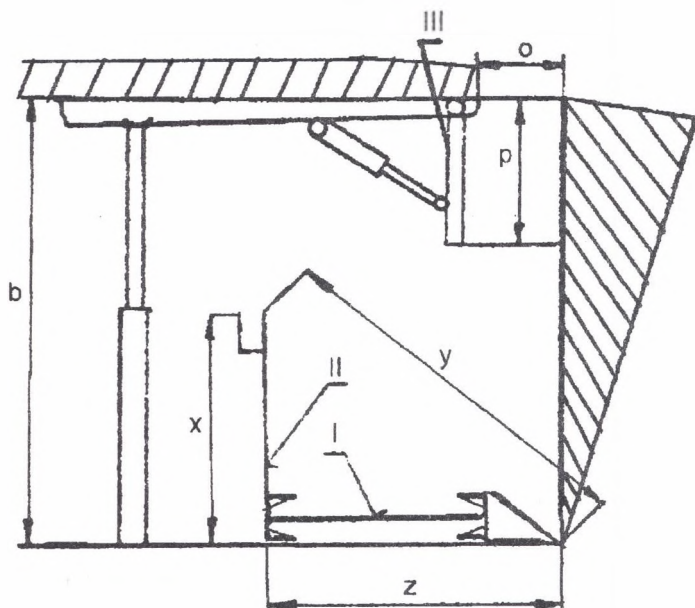
- z - szerokość przenośnika ścianowego wraz z klinami ładującymi,
- x - wysokość zastawki, która może być zmienna,
- p - długość osłony czoła ściany,
- o - szerokość ścieżki,
- b - wysokość wyrobiska ścianowego.

Deficyt bezpieczeństwa w zakresie parametrów pożądaných, a dotyczących zabezpieczenia osłonowego $\overline{PB}_{pp_{20}}^p$, występuje, gdy różnica między wysokością wyrobiska ścianowego a długością osłony czoła ściany spełnia nierówność:

$$b - p \geq y = \sqrt{x^2 + z^2} \quad (3)$$

a szerokość ścieżki spełnia nierówność:

$$o \geq 1/3 z. \quad (4)$$



Rys. 2. Zabezpieczenie osłonowe utworzone przez zastawki przenośnika ścianowego i osłony czoła ściany obudowy osłonowej [8]

Fig. 2. Shield protection formed by the gates of a longwall conveyor and the shields of a longwall front of a shield lining [8]

Miarą podejmowanego ryzyka może być wskaźnik μ , którego wielkość determinuje stany bezpieczeństwa i zagrożenia w tym zakresie

$$\overline{PB}_{PP_{20}}^L \equiv 1 \leq \mu = \frac{y}{b-p} < 1 \equiv PB_{PP_{20}}^L. \quad (5)$$

Osłony czoła ściany montowane są bezpośrednio na stropnicach obudów zmechanizowanych, a zastawki przenośnika ścianowego stanowią formę dodatkowych osłon zabezpieczających przed dostaniem się opadających brył skalnych do przestrzeni, w której przebywa lub przez którą przechodzi załoga.

Rysunek 3 przedstawia rysunek konstrukcyjny nowoczesnej obudowy podporowej dla ścian podsadzkowych, która uważana jest za obudowę bardzo bezpieczną, biorąc pod uwagę zagrożenie grawitacyjnym opadem skał.

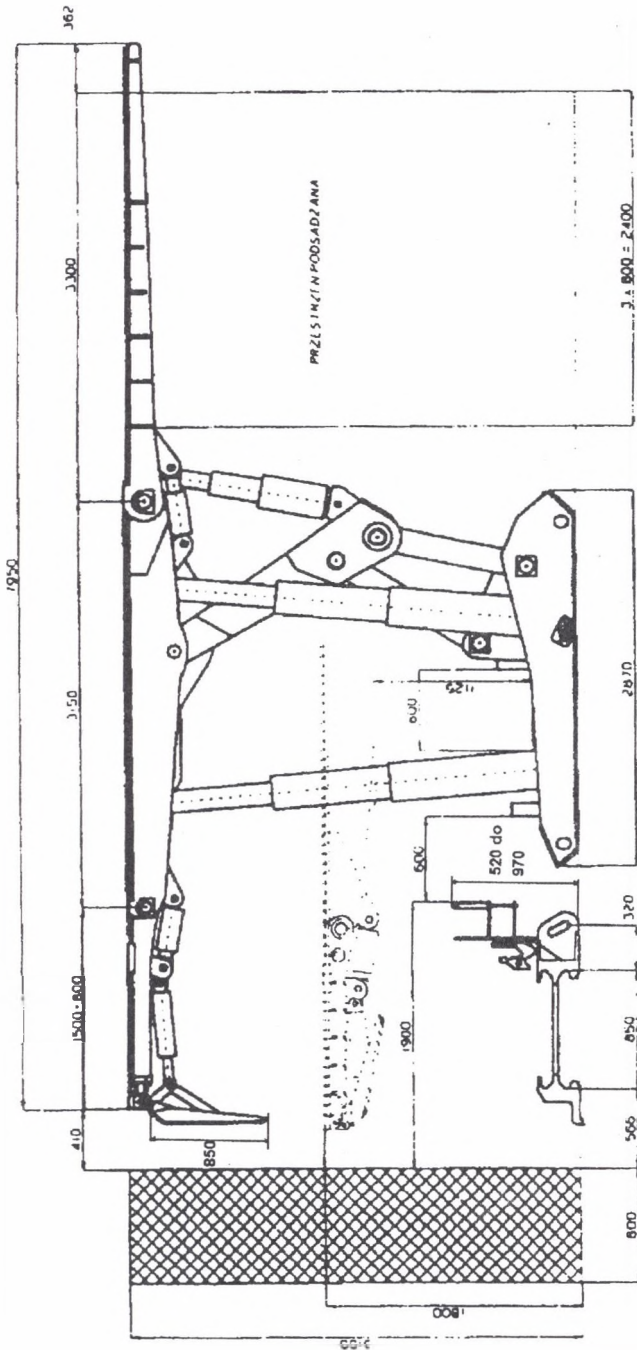
Wymieniona obudowa zostanie zweryfikowana ze względu na możliwe deficyty bezpieczeństwa dotyczące zagrożenia grawitacyjnym opadem skał, zgodnie z przeprowadzonymi rozważaniami. Obudowa jest przeznaczona dla wyrobisk ścianowych o wysokości od 1800 do 3000 mm, a wysokość zastawki może wahać się od 520 do 970 mm. Rysunek 4 przedstawia wyniki przeprowadzanej analizy.

W przypadku niższej zastawki $z=520$ mm wyrobisko ścianowe jest niezagrożone grawitacyjnym opadem skał tylko do wysokości ściany 2230 mm, zaś przy wyższej zastawce $z=970$ mm dopuszczalna wysokość ściany wynosi 2450. Wyższe wyrobiska ścianowe, stosując rozpatrywaną obudowę, wymagałyby długości osłon czoła ściany od 1400 do 1620 mm, o ile to jest konstrukcyjnie możliwe.

W przypadku parametrów nie zapewniających bezpiecznych warunków pracy doraźne zabezpieczenie załogi i słabszych elementów obudowy stanowią fartuchy zawieszane na obudowie, składające się z łańcuchów, siatek, taśm gumowych lub ich kombinacji [8].

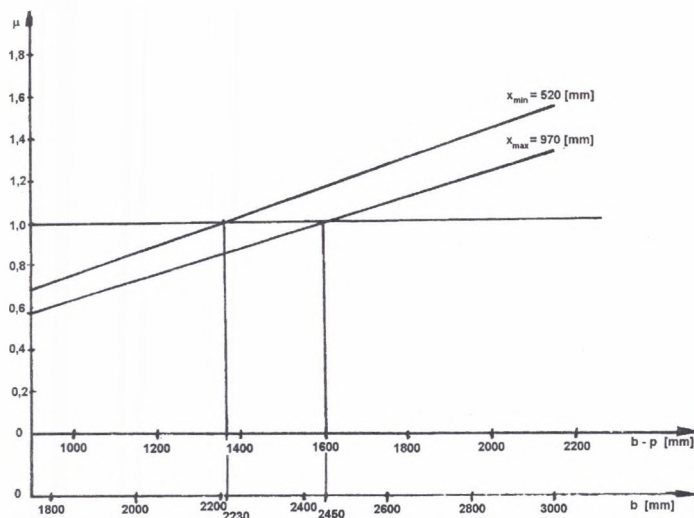
Należy jednak zaznaczyć, że producenci przygotowują wyposażenie ściany na zamówienie, w którym określone są warunki górniczo-geologiczne. Zakłady górnicze często zamawiając obudowę, kierują się względami ekonomicznymi rezygnując z pewnych elementów (takich jak osłona czoła ściany), bez których praca obudowy jest technicznie możliwa, ale mniej bezpieczna.

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że dla każdego typu obudowy w oparciu o podane zależności należy wyznaczyć optymalne warunki pracy i standardy bezpieczeństwa ze względu na zagrożenie grawitacyjnym opadem skał.



Rys. 3. Obudowa podporowa dla ścian podsadzkowych Glinik - Staszic 16/31 - Pp (zestaw octosowy)

Fig. 3. Support lining for the filling longwalls Glinik-Staszic 16/31 - Pp (sidewall set)



Rys. 4. Stan bezpieczeństwa dla obudowy podporowej (ściana podsadzkowa Glinik - Staszic16/31) Pp, ze względu na zagrożenie grawitacyjnym opadem skał

Fig. 4. State of safety for the support lining (filling longwall Glinik-Staszic 16/31) Pp, on account of gravitational rock fall hazard

4. Wnioski końcowe

W oparciu o podane zależności opracowane przez W. Konopko [8], jak i własne doświadczenie zawodowe pozawala na sformułowanie następujących wniosków:

- 1) produkowane w naszym kraju obudowy zmechanizowane, odpowiednio dobrane do warunków górniczo-geologicznych, zabezpieczają załogę przed grawitacyjnym opadem skał zarówno ze stropu, jak i z ociosu wyrobiska ścianowego,
- 2) w ścianach wysokich powyżej 4,0 m, zwłaszcza gdy obudowa pracuje na największym dopuszczalnym zakresie wysokości pracy, przed wykonaniem i w trakcie wykonywania skrawu przez maszynę urabiającą, istnieje największe ryzyko zagrożenia opadem skał,
- 3) moment przesuwania obudowy stanowi również duże zagrożenie opadem skał.

Reasumując, należy stwierdzić, iż dla wyrobisk ścianowych o wysokości w zakresie od 2,5 m do 4,5 m należy przeanalizować występujące zagrożenie grawitacyjnym opadem skał.

Literatura

1. Cichowski E., Żurakowski Z.: Modele bezpieczeństwa i higieny pracy oraz zagrożenia w zmechanizowanych wyrobiskach ścianowych o wysokiej koncentracji wydobycia. ZN Politechniki Śl. Seria Górnictwo Z. nr 225, 1995.
2. Cichowski E., Żurakowski Z.: Przyczynowość wypadkowa w zmechanizowanych wyrobiskach ścianowych. VII Międzynarodowe Sympozjum Geotechnika- Geotechnics 96' Gliwice-Ustroń 22-25 październik 1996 r.
3. Cichowski E.: Systematyka identyfikacji zagrożenia wypadkowego w zakładzie górniczym. Szkoła Eksploatacji Podziemnej 97. AGH, Kraków-Szczyrk 1997.
4. Cichowski E.: Zagrożenie pyłowe w górnictwie węgla kamiennego - model celowej techniki bezpieczeństwa. ZN Politechniki Śl. Z.211, Gliwice 1993.
5. Cichowski E.: Analiza zagrożenia wypadkowego nagłym opadem skał. ZN Politechniki Śląskiej. Górnictwo Z.138, 1985.
6. Gunter L.: Persönliche Schutzausrüstung im Steinkohlenbergbau und ihre Auswirkungen. Kompass 2/1983. Bochumm.
7. Kidybiński A.: Podstawy geotechniki górniczej. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1982.
8. Konopko W., Kostyk T, Skórka J.: Zabezpieczenie przed odpadającymi bryłami węgla z czoła ścian. Prace GIGu, seria dodatkowa, Katowice 1979.
9. Uliasz J., Żurakowski Z., Barteczko B., Widera M.: Untersuchung der Gewinnbarkeit der Kohle im Streb nach einem Verfahren „vor Ort“ Bergbau Essen 4 .1994.
10. Żurakowski Z.: Identyfikacja zagrożenia wypadkowego w zmechanizowanych wyrobiskach ścianowych. Seminarium Instytutu Eksploatacji Złóż. Wydział Górnictwa i Geologii Pl. Śl., Gliwice maj 1997 r.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Karol Reich

Wpłynęło do Redakcji 4.11.1997 r.

Abstract

An analysis of the necessary and semi-deterministic chain of events which in the mechanical wall headings directly precedes the damage being an indirect result of gravitational fall of rocks has been carried out. The considered essential components of the sequence of events are : an accident (WY), injury (UR), accident events (ZW), activation of accident hazard (AZ^P), crew staying within the range of hazard activation ys, undesirable fall from the roof (AZ_{ops}^L) and side wall (AZ_{opo}^L). The possible progressive causations occur in the range of applying of first aid (\overline{PB}_p^C) and personal protection (\overline{PB}_{OO}^C), whereas the safety deficiency may appear in the sphere of the desirable parameters referring to the shielding protections ($\overline{PB}_{PP_n}^P$).