ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985

Seria: GÓRNICTWO z. 138 Nr kol. 840

Edward CICHOWSKI

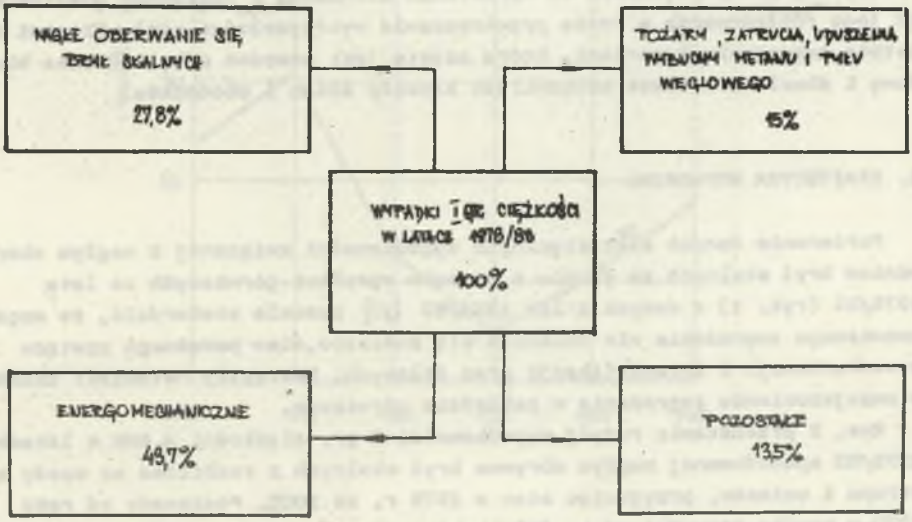
ANALIZA ZAGROŻENIA WYPADKOWEGO NAGŁYM OBERWANIEM BRYŁ SKALNYCH

Streszczenie. Przeprowadzono analizę rozwoju i możliwości opanowania zagrożenia wypadkowego nagłym oberwaniem brył skalnych za stropu i z ociosów w celu określenia zasadniczych czynników decydujących o wypadkowości związanej z tym zagrożeniem

1. WSTĘP

Bryły węgla lub kamienia różnych rozmiarów, opadające do wyrobisk górniczych, powodują bezpośrednie zagrożenie wypadkowe dla załogi, a ponadto uszkadzają słabsze elementy obudowy, takie jak przewody elastyczne i ich końcówki. Utrudniają one również przesuwanie obudowy i wymagają nieraz ręcznego rozbijania i ładowania większych brył.

Zagrożenie to ma znaczący wpływ na wypadkowość w podziemnym górnictwie węglowym. Uwidoczniono to na przykładzie wypadków I gr. ciężkości zaistniałych w latach 1978/83 (rys. 1).



Rys. 1. Statystyka wypadków dołowych I gr. ciężkości zaistniałych w latach 1978/1983 w górnictwie węgla kamiennego

2. WPROWADZENIE

Górotwór wokół wyrobisk podlega wpływowi ciśnienia pierwotnego wynikającego zasadniczo z głębokości zalegania złoża oraz oddziaływania dodatkowego ciśnienia eksploatacyjnego zależnego od takich czynników, jak: warunki geologiczne, kształt i wymiary wybranej przestrzeni, szybkość wybierania, sposób kierowania stropem, długość linii frontu roboczego itd. [1].

Nacięte warstwy pokładu i kamienia wokół wyrobisk nie wytrzymują nacisku górotworu, wobec czego następuje ich rozkruszenie, powstają szczeliny eksploatacyjne, następuje otwarcie płaszczyzn łupności i ruch górotworu w kierunku wybranej przestrzeni. Jednocześnie maksimum ciśnienia eksploatacyjnego przesuwa się w głąb górotworu.

Uchybienia w zakresie prawidłowości stosowania obudowy, zwłaszcza dotyczące jej podporności, podatności, szczelności jak i czasu obudowania w stosunku do wykonania zabioru itd. mogą spowodować obrywy i nagłe opady skał do wybranej przestrzeni zarówno ze stropu jak i z ociosów, począwszy od pojedynczych brył aż do zawałów całych wyrobisk.

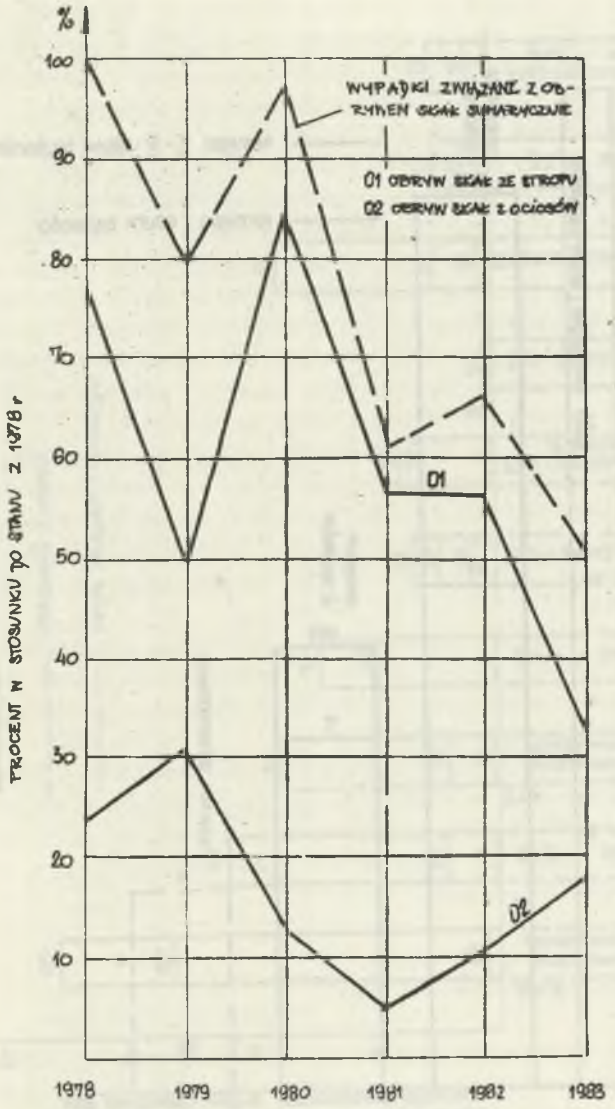
Duże zagrożenia stwarza, urabiany maszynowo lub za pomocą robót strzelniczych, odsłonięty przodek drążonego chodnika. W wyrobiskach ścianowych odsłonięcie niezabudowanej powierzchni frontu urabiania może być znacznie większe, stąd też zagrożenie nagłym opadem skał jest znaczne, jak to wynika ze statystyki zaistniałych wypadków. Szczególnie niebezpieczne są: przejściowo (w czasie przejazdu kombajnu) odsłonięty przyociosowy pas stropu (ścieżka) i front urabiania.

Właściwość górotworu określana jako zdolność do akumulowania energii sprężystej prowadzi nieraz do narastania ciśnienia i następnie gwałtownego jego rozładowania w razie przekroczenia wytrzymałości skał. Stanowi to istotę zagrożenia tąpaniami, które często jest powodem odkształcenia obudowy i obwałów, a nawet całkowitych zawałów ścian i chodników.

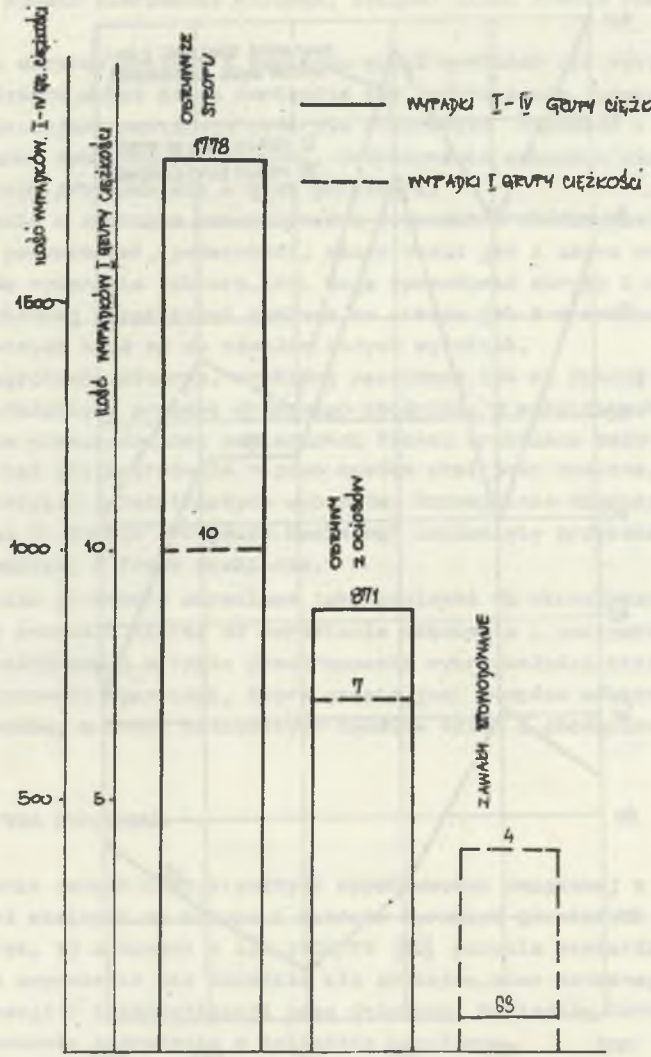
3. STATYSTYKA WYPADKOWA

Porównanie danych statystycznych wypadkowości związanej z nagłym oberwaniem brył skalnych za stropu i ociosów wyrobisk górniczych za lata 1978/83 (rys. 1) z danymi z lat 1950/59 [10] pozwala stwierdzić, że waga omawianego zagrożenia nie zmieniła się znacząco, mimo poważnego postępu w mechanizacji i intensyfikacji prac dołowych. Nastąpiły natomiast zmiany w umiejscowieniu zagrożenia w zakładzie górniczym.

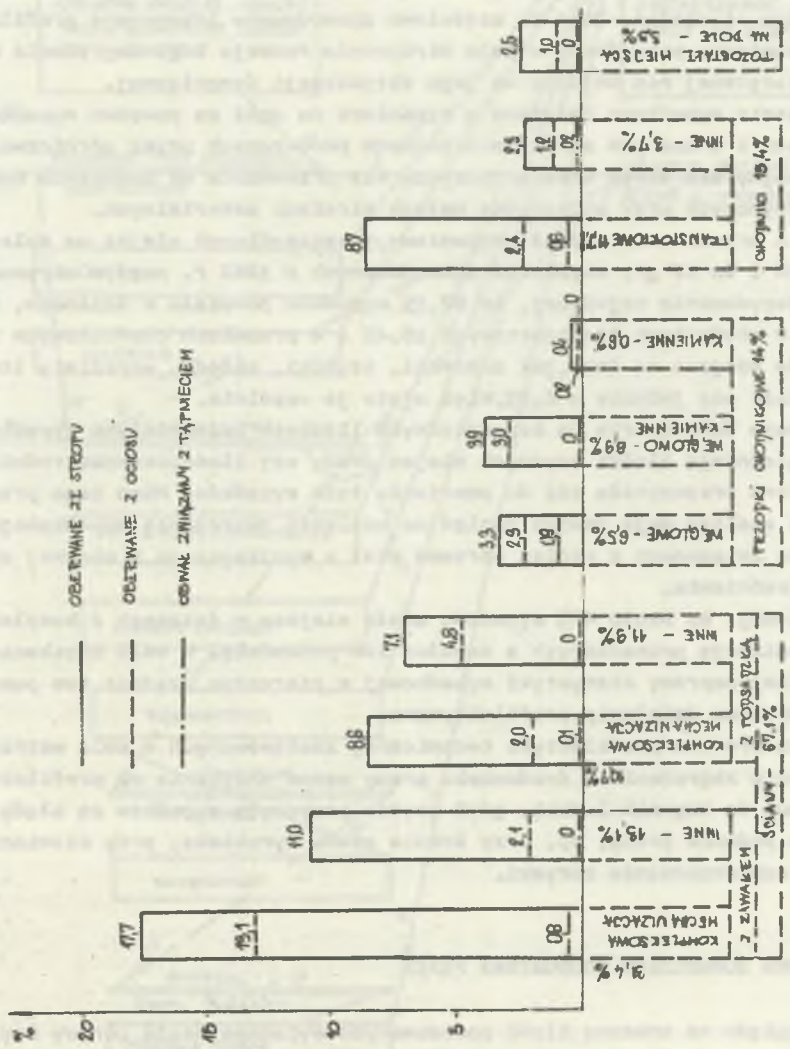
Rys. 2 przedstawia rozwój wypadkowości I gr. ciężkości w KWK w latach 1978/83 spowodowanej nagłym obrywem brył skalnych z rozbiciem na opady ze stropu i ociosów, przyjmując stan z 1978 r. za 100%. Począwszy od roku 1980, w wyniku prowadzonej profilaktyki technicznej, zaznacza się stopniowy spadek wypadkowości związanej z tym zagrożeniem.



Rys. 2. Rozwój wypadkowości I gr. ciężkości w KWK w latach 1978/83 spowodowanej nagłym obrywem brył skalnych z rozbiciem na opady ze stropu i ociosów, przyjmując stan z 1978 r. za 100%



Rys. 3. Wypadki I do IV gr. ciężkości spowodowane nagłym opadem skał w 1983 r.



Rys. 4. Udział % poszczególnych miejsc na dole w wypadkach I do IV gr. ciężkości w 1983 r.

Wypadki spowodowane obrywami skał ze stropu występują około 2 razy częściej niż analogiczne wypadki powstałe wskutek oberwania skał z ociosów (rys. 3).

Wpływ tąpań na statystykę wypadkową związaną z nagłym obrywem skał jest stosunkowo niewielki. Jest to częściowo spowodowane intensywną profilaktyką techniczną prowadzoną w celu utrzymania rozwoju tego zagrożenia w fazie statycznej nim dojdzie do jego aktywizacji dynamicznej.

Zdarzenia wypadkowe związane z tąpaniami na ogół są powodem wypadków zbiorowych i znacznych strat materialnych ponoszonych przez górnictwo. Grawitacyjny zaś obryw skał przyczynia się przeważnie do powstania wypadków pojedynczych przy stosunkowo małych stratach materialnych.

Rys. 4 przedstawia udział procentowy poszczególnych miejsc na dole w wypadkach I do IV gr. ciężkości spowodowanych w 1983 r. nagłym obrywem skał. Zdecydowanie najwięcej, bo 67,1% wypadków powstało w ścianach, następnie w chodnikach transportowych 15,4% i w przodkach chodnikowych 14%. Pozostałe miejsca na dole,jak zabierki, szybiki, składy, warsztaty itd. przyczyniły się jedynie w 3,5%.więc ujęto je wspólnie.

Powyższe dane oparte na bezwzględnych liczbach zaistniałych wypadków nie uwzględniają ilości czynnych miejsc pracy czy ilości tam zatrudnionych, która przyczyniła się do powstania tych wypadków. Mimo tego przedstawiona analiza daje pewien pogląd na wielkość zagrożenia wypadkowego dla załóg związanego z nagłym obrywem skał a wynikającego z obecnej struktury zatrudnienia.

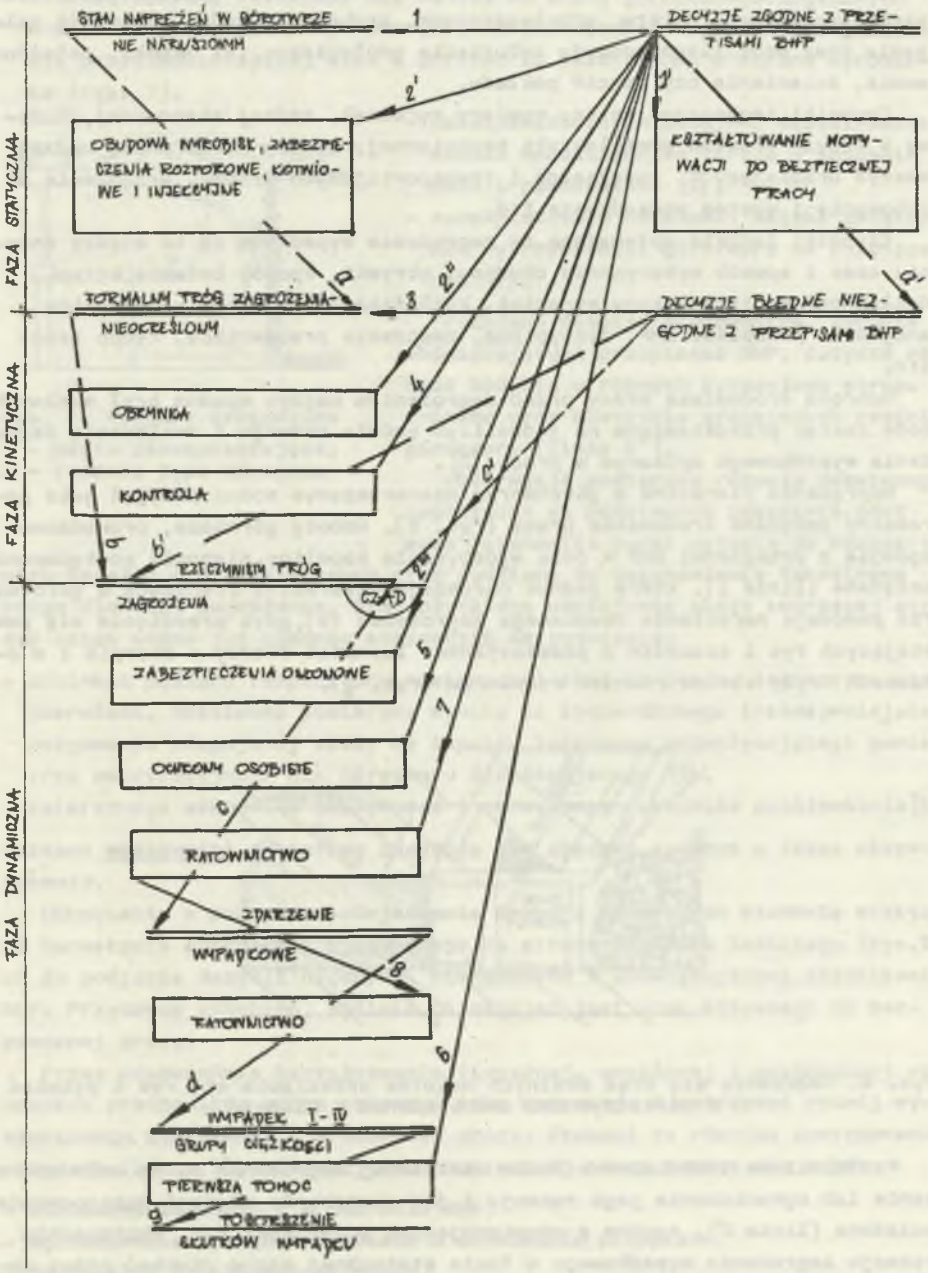
Najwięcej, bo około 40% wypadków miało miejsce w ścianach z kompleksową mechanizację prowadzonych z zawałem lub podsadzką. W celu uzyskania zauważalnej poprawy statystyki wypadkowej w pierwszym rzędzie tam powinny być skierowane działania profilaktyczne.

Oprócz środków profilaktyki technicznej zastosowanych w celu wstrzymania rozwoju zagrożenia w środowisku pracy ważne znaczenie ma profilaktyka skierowana na czynnik ludzki, gdyż często przyczyną wypadków są błędy popełniane podczas pracy, np. przy ocenie stanu wyrobiska, przy stawianiu obudowy czy stosowaniu obrywki.

4. OCHRONA GÓRNICZEGO ŚRODOWISKA PRACY

Ze względu na znaczną ilość powodowanych wypadków nagłe obrywy brył skalnych stanowią największe zagrożenie ze strony litosfery w każdej kopalni podziemnej. Wypadki powstałe z tej przyczyny są wprawdzie na ogół pojedyncze,jednak w sumie w przekroju rocznym jest ich znacznie więcej niż wypadków zbiorowych.

Ochrona środowiska pracy przed omawianym zagrożeniem nie jest łatwa, gdyż zależy od wielu czynników: naturalnych, technicznych i organizacyjno-ludzkich.



Rys. 5. Model rozwoju i zwalczania zagrożenia nagłym oberwaniem skał

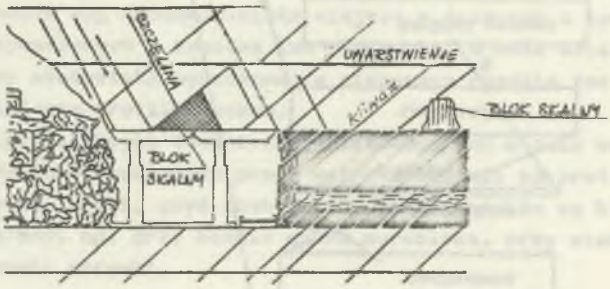
Do czynników naturalnych wynikających z litosfery należą między innymi: struktura węgla i warstw przylegających, grubość pokładu, głębokość zalegania oraz wszelkiego rodzaju zaburzenia geologiczne, jak uskoki, pofałdowania, ścienienia czy zmycia pokładu.

Czynniki techniczne są to: wymiary wyrobisk, rodzaj stosowanej obudowy i innych środków profilaktyki technicznej, system wybierania, rodzaj maszyn urabiających, ładujących i transportujących urobek, urządzenia do rabowania i system podsadzania itd.

Czynniki ludzkie wpływające na zagrożenie wypadkowe są to między innymi: czas i sposób wykonywania obudowy, obrywki, sposób badania stropu, dokładność kontroli stanu wyrobisk, kwalifikacje zawodowe pracowników, znajomość przepisów BHP, dyscyplina, zmęczenie pracowników, tempo pracy itd.

Ochrona środowiska pracy przed zagrożeniem nagłym opadem brył skalnych może zostać przedstawiona na jednolitym modelu rozwoju i zwalczania zagrożenia wypadkowego opisanym w pracy [2].

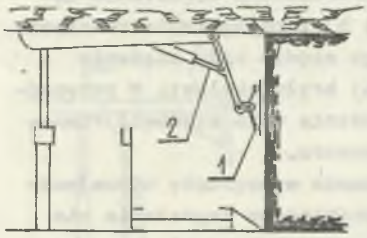
Naprężenia pierwotne w górotworze nienaruszonym można przyjąć jako parametry pożądane środowiska pracy (rys. 5). Roboty górnicze, prowadzone zgodnie z przepisami BHP w celu wydobywania kopaliny, stanowią postępowanie pożądane (linia 1), które jednak naruszając pierwotną równowagę w górotworze powoduje narastanie omawianego zagrożenia (a), gdyż przecięcie się powstających rys i szczelin z płaszczyznami łupności tworzy w stropie i w ociosach bryły skalne różnych rozmiarów (rys. 6).



Rys. 6. Tworzenie się brył skalnych wskutek przecięcia się rys i pęknięć z płaszczyznami uwarstwienia i kliważu

Profilaktyka techniczna w fazie statycznej zagrożenia ma na celu wstrzymanie lub ograniczenie jego rozwoju i jej stosowanie stanowi postępowanie pożądane (linia 2'), zgodne z obowiązującymi przepisami BHP. Wstrzymanie rozwoju zagrożenia wypadkowego w fazie statycznej można uzyskać przez zastosowanie następujących środków profilaktyki technicznej:

- obudowę dobraną właściwie dla danych warunków górniczo-geologicznych oraz zabezpieczenia rozporowe [5], dzięki wytworzonej dodatkowej reakcji przeciwdziałającej sile w górotworze skierowanej w stronę wyrobiska (rys. 7),



Rys. 7. Rozpora dźwigniowa
1 - płyta zabezpieczająca,
2 - rozpora typu dźwigniowego

- zabezpieczenia iniekcyjne, dzięki zwiększeniu współczynnika tarcia w szczelinach i pęknięciach [9],
- zabezpieczenia kotwiowe, dzięki zwiększeniu wytrzymałości górotworu na rozciąganie [7].

Pożądane decyzje pracowników, zgodnie z obowiązującymi przepisami BHP, dotyczą również badania w różnych sytuacjach stropu i ociosów oraz oberwania odspojonych części górotworu (linia 2").

Obserwacja pomiarowa rozwoju omawianego zagrożenia ma podstawowe znaczenie, gdyż może stanowić: punkt wyjścia do bezpośrednich działań profilaktycznych oraz podstawę do ustanowienia formalnego progu dla tego zagrożenia. Stan płytkiego odspojenia skały tworzącej strop czy ocios można już obecnie stwierdzić na podstawie:

- zdalnego pomiaru temperatury powierzchni skał za pomocą termometru podczerwieni. Możliwość pomiarowa wynika ze stwierdzonego intensywniejszego reagowania odspojonej skały na impulsy termiczne przepływającego powietrza wentylacyjnego niż górotworu nieodspojonego [5],
- zmierzonego wskaźnika odbojności i określenia wskaźnika pochłaniania [5].

Opisane możliwości pomiarowe znajdują się obecnie jeszcze w fazie eksperymentu.

Uchybienia w zakresie podejmowania decyzji pożądanych stanowią statyczne narastanie zagrożenia wypadkowego ze strony czynnika ludzkiego (rys. 5a') aż do podjęcia decyzji błędnych, niezgodnych z obowiązującymi przepisami BHP. Przyczynę uchybień, ogólnie określając, jest brak motywacji do bezpiecznej pracy.

Przez odpowiednie kształtowanie fizycznej, umysłowej i psychicznej osobowości pracowników można stworzyć taką motywację i wstrzymać rozwój wymienionego zagrożenia w środowisku pracy. Stanowi to również postępowanie pożądane (linia 1'). Motywację do bezpiecznej pracy tworzy się przez:

- szkolenie zawodowe i w zakresie BHP,
- egzekwowanie wymogu znajomości i stosowania przepisów,
- racjonalne rozplanowanie pracy,
- właściwą atmosferę pracy i stosunków międzyludzkich,
- krzewienie i rozwijanie wśród załogi pełnego zrozumienia walki z wypadkami i aktywnego w niej udziału.

Aktywny, zorganizowany udział w walce z omawianym zagrożeniem całej załogi zakładu górniczego, w tym dozoru i kierownictwa, może w znacznej mierze przyczynić się do poprawy obecnej statystyki wypadkowej.

Wszelkie podjęte decyzje błędne stanowiące odchylenie od decyzji pożądanych w zakresie stosowania odpowiedniej profilaktyki technicznej, obrywki czy organizacji pracy mogą spowodować niekontrolowane narastanie zagrożenia ze strony środowiska pracy (linie 3 i b) i osiągnięcie rzeczywistego progu zagrożenia, który stanowi równowaga między siłą ciążenia a siłami spójności z calizną częściowo odspojonej bryły skalnej. W przypadku zagrożenia tąpaniami rzeczywisty próg zagrożenia może stanowić równowaga między naprężeniami a wytrzymałością górotworu.

Formalny próg zagrożenia, którego przekroczenie wymagałoby niezwłocznego wycofania załogi z przodku, w przypadku omawianego zagrożenia nie został dotychczas określony i obowiązujące przepisy BHP go nie ujmują; jak to ma miejsce np. przy zagrożeniu metanowym (2% CH_4) czy zagrożeniu tlenkiem węgla (0.002% CO). Narastanie zagrożenia (a), jego aktywizacja kinetyczna (b) czy wreszcie osiągnięcie rzeczywistego progu zagrożenia, na ogół, przebiegają niezauważenie dla załogi.

Nie stosowane są również metody pośrednie obserwacji pomiarowej narastania zagrożenia. Wyjątek stanowi zagrożenie tąpaniami. Prognozę możliwego tąpnięcia można przeprowadzić na podstawie np. wierceń kontrolnych. Proponuje się również kompleksowe metody badania rozwoju zagrożenia tąpaniami [8] lub metody analityczne [3].

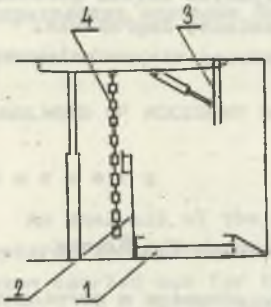
W przypadku grawitacyjnego opadu brył skalnych ze stropu i ociosów możliwa jest obecnie jedynie obserwacja wzrokowa, obudowanie, oberwanie lub stosowanie wymienionych różnych zabezpieczeń technicznych. Kontrola, szczególnie ze strony dozoru, zarówno zakresu stosowanej profilaktyki technicznej jak i postępowania ludzkiego może wykryć uchybienia, które wobec braku formalnego progu zagrożenia, stanowią jego aktywizację kinetyczną (b i b') i przez naprawę popełnionego błędu wstrzymać dalszy rozwój zagrożenia.

Przekroczenie rzeczywistego progu zagrożenia, czyli zachwianie równowagi w górotworze między wymienionymi siłami: ciężenia i spójności, powoduje aktywizację dynamiczną zagrożenia (c), tzn. nagły opad brył skalnych do przestrzeni roboczej. Czynnik aktywizacji dynamicznej zagrożenia (CzAD) zasadniczo stanowi odbywający się w środowisku pracy proces odprężenia górotworu wokół wyrobisk.

Obrywka odspojonych części górotworu, przeprowadzona prawidłowo z miejsca zabezpieczonego, stanowi kontrolowaną prowokację fazy dynamicznej omawianego zagrożenia, podobnie jak prowokowany wyrzut gazów i skał przeprowadzany podczas nieobecności załogi.

Obrywka dokonywana niezgodnie z przepisami BHP, stanowiąca aktywizację kinetyczną zagrożenia ze strony czynnika ludzkiego (b'), może również stanowić (CzAD) ze strony ludzkiej (c') w razie spowodowania niekontrolowanego oberwania skał.

Profilaktykę techniczną w fazie dynamicznej zagrożenia tworzą wszelkiego rodzaju zabezpieczenia osłonowe (rys. 8), których celowe użycie stanowi postępowanie pożądane (linia 2'''),



Rys. 8. Rodzaje zabezpieczeń osłonowych

1 - przenośnik, 2 - zastawka, 3 - płyta nastawna, 4 - fartuch

Niebezpieczne zetknięcie załogi z opadającymi bryłami skalnymi jest istotne dla zdarzenia wypadkowego. Wypadek zależy od zbieżności różnych uwarunkowań nieprzychylnych człowiekowi (d).

Ochronę osobistą, mogącą osłabić skutki niebezpiecznego zetknięcia załogi z opadającymi bryłami skalnymi stanowi normalne wyposażenie załogi zakładu górniczego. Wymienione wyposażenie składa się zasadniczo: z ubrania roboczego, hełmu, butów skórzanych z noskami stalowymi, rękawic itd. Wprowadzenie i ciągłe ulepszanie normalnego wyposażenia załogi przyczyniło się do znacznego obniżenia ilości i ciężkości doznanych urazów [4].

W przypadku większych zawałów musi zostać zorganizowana akcja ratownicza w celu ratowania ludzi zasypanych lub odciętych. W razie wypadku zakład górniczy jest zobowiązany do organizacji pierwszej pomocy, mającej na celu ochronę i ratowanie poszkodowanych. W związku z nagłym oberwaniem brył skalnych występują wypadki wszystkich grup ciężkości od I do IV.

Właściwe stosowanie ochron osobistych (rys. 5, linia 5), organizowanie w razie potrzeby akcji ratunkowej (linia 7) i udzielenie pierwszej pomocy (linia 6) stanowią postępowanie pożądane. Uchybienia w tym zakresie mogą pogłębić skutki zaistniałych wypadków (linia 9).

5. PODSUMOWANIE

Jak wynika z przedstawionej analizy zagrożenie nagłym opadem brył skalnych należy do najpoważniejszych w górniczym środowisku pracy. Stale utrzymująca się znaczna wypadkowość w porównaniu z innymi zagrożeniami wynika z dużych trudności wypracowania uniwersalnych metod opanowania tego zagrożenia. Zasadnicze trudności przedstawiają się następująco:

- niemożliwość bezpośredniej kontroli pomiarowej jak również brak pośrednich metod obserwacji pomiarowej rozwoju zagrożenia w środowisku pracy. W związku z tym przepisy nie ujmują formalnego progu zagrożenia nagłym opadem brył skalnych.
- możliwa jest tylko kontrola wzrokowa stropu i ociosów zależna od subiektywnej oceny czynnika ludzkiego, na którą się składa cały kompleks czyn-

ników, takich jak doświadczenie, koncentracja i stan fizyczny obserwującego, oświetlenie itd.,
- zastosowanie środków profilaktyki technicznej jest ograniczone do szczególnych zastosowań, np. wyrobisk ścianowych z kompleksową mechanizacją (obudowy osłonowe) i nie jest jeszcze dostatecznie rozpowszechnione,
- stosowana, zgodnie z przepisami BHP, obrywka odspojonych części górotworu stanowi właściwie kontrolowaną aktywizację dynamiczną zagrożenia. Wszelkie niedociągnięcia w tym zakresie mogą spowodować niekontrolowane oberwanie brył skalnych.

LITERATURA

[1] Borecki M., Chudek M.: Mechanika górotworu, Politechnika Śląska Skrypt Uczelniany nr 444, Gliwice 1973.

[2] Cichowski E.: Rozwój i zwalczanie zagrożenia wypadkowego w górniczym środowisku pracy. Bezpieczeństwo Pracy, WUG, Katowice 4/84.

[3] Gil H.: Analityczna metoda prognozowania i zwalczania tąpań w kopalniach. Przegląd Górniczy. Katowice 5/79.

[4] Günter L.: Persönliche Schutzausrüstung im Steinkohlenbergbau und ihre Auswirkungen, Kompass, 2/1983.

[5] Kidybiński A.: Podstawy geotechniki górniczej. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1982.

[6] Konopko W., Kostyk T., Skórka J.: Zabezpieczanie przed odpadającymi bryłami węgla z czoła ścian. Prace GIGu, seria dodatkowa. Katowice 1979.

[7] Kostyk T., Żurek E.: Zabezpieczenie czoła ściany w pokładach o średnim nachyleniu za pomocą drewnianych kotwi szczelinowo-klinowych. Wiadomości Górnicze, Katowice 6/74.

[8] Neymann B., Grabie Z., Szecówka Z.: Kompleksowa metoda badania stanu zagrożenia tąpaniami wyrobisk górniczych, Prace GIGu, Katowice Nr 489/1970.

[9] Szedel F., Szwedzicki T.: Metoda sklejania skał stropowych w wyrobiskach ścianowych klejem iniekcyjnym. Przegląd Górniczy, Katowice 5/1976.

[10] Wanat J.: Zagrożenie wypadkowe wskutek obrywania się skał w kopalniach węgla kamiennego. Prace GIGu, Katowice 272/61.

Recenzent: Prof. dr inż. Adam SZCZUROWSKI

Wpłynęło do Redakcji w listopadzie 1984 r.

АНАЛИЗ УГРОЗЫ НЕСЧЯСТНОГО СЛУЧАЯ ПРИ ВНЕЗАПНОМ ОБРЫВЕ СКАЛЬНОЙ ПОРОДЫ

Р е з ю м е

В работе проведён анализ развития и возможности овладения угрозой случаев при внезапном обрыве скальной породы с потолка и со срезов с целью определения основных факторов, решающих о несчастных случаях.

ANALYSIS OF ACCIDENT HAZARDS THROUGH SUDDEN FALL OF ROCK LUMPS

S u m m a r y

An analysis of the development and possibility of controlling accident hazards through sudden fall of rocks from the roof and side walls has been carried out for the purpose of determining the principal factors decisive about accident rate connected with this hazard.