

Zbigniew BERSZAKIEWICZ

Krzysztof MATUSZEWSKI

DRĄŻENIE CHODNIKA PRZY ZASTOSOWANIU KOMBAJNU W WARUNKACH ZAGROŻENIA TĄPANIAMI

Streszczenie. W artykule przedstawiono rozważania n.t. drążenia wyrobisk chodnikowych w warunkach zagrożenia tąpaniami przy zastosowaniu kombajnów chodnikowych. Przedstawiono wyniki dotychczasowych prac analitycznych i modelowych n.t. rozkładu naprężeń wokół wyrobisk korytarzowych. Na przykładzie drążenia chodnika w Kopalni "Miechowice" przedstawiono uwagi odnośnie profilaktyki i doboru aktywnych metod zwalczania tąpań.

1. WSTĘP

W ostatnich kilku latach dał się zauważyć wzrost ilości tąpań w chodnikach zarówno w czasie ich drążenia, jak i w okresie późniejszym. Wzrost zagrożenia tąpaniami wyrobisk chodnikowych spowodowany jest szeregiem czynników geologiczno-górnictwowych, jak: oddziaływaniem krawędzi eksploatacyjnych sąsiednich pokładów, filarów, uskoków, starych zrobów itp. Można przypuszczać, że na wzrost zagrożenia tąpaniami w chodnikach miał wpływ wzrost postępu przodków, wynikły z szerokiego zastosowania kombajnów chodnikowych.

2. POGLĄDY ODNOŚNIE ROZKŁADU NAPRĘŻEŃ WOKÓŁ WYROBISK KORYTARZOWYCH

Rozwiązanie szeregu problemów spotykanych w praktyce górniczej wymaga znajomości rozkładu naprężeń w górotworze otaczającym wyrobisko korytarzowe.

Jeśli chodzi o kształtowanie się naprężeń w czole przodka, to zagadnienie to nie zostało dotychczas dopracowane teoretycznie. W pracy [9] rozpatrywany jest wpływ wyrobiska chodnikowego o przekroju okrągłym na rozkład naprężeń w górotworze przed czołem przodka. Traktując przodek wyrobiska jako półsferę, autorzy wykazali, że przed czołem wyrobiska kształtuje się strefa wzmożonych naprężeń, sięgająca w głąb górotworu na odległość 1,5-2,0, większą niż szerokość wyrobiska. Zjawisko to potwierdzają badania wychodu zwiercin z otworów małośrednicowych w czole przodka.

Rozkład naprężeń wokół wyrobiska korytarzowego o przekroju kołowym przedstawił w pracy [7] A. Sałustowicz. Z przeprowadzonych rozważań wynika, że w ociosach wyrobiska naprężenia pionowe ściskające osiągają wartość trzykrotnie wyższą od naprężeń pionowych pierwotnych.

Dla wyrobiska o przekroju prostokątnym największe pionowe naprężenia ściskające σ_z występują także w ociosach wyrobiska [1].

Naprężenia poziome σ_x w obrębie ociosów są mniejsze od wartości naprężeń pierwotnych poziomych, malejąc na ociosach wyrobiska do wartości zerowej. Dla typowych wyrobisk korytarzowych o przekroju prostokątnym (stosunek szerokości chodnika do jego wysokości 2+1) maksymalna wartość naprężeń pionowych w ociosach jest dwukrotnie wyższa od wielkości naprężeń pionowych pierwotnych.

Podobnie zależności w rozkładzie naprężeń wokół wyrobisk chodnikowych wykazują obliczenia przeprowadzone Metodą Elementów Skończonych [8]. W metodzie tej, tworząc model obliczeniowy ośrodka sprężystego, ciągłego obciążonego siłami zewnętrznymi (naprężenie pierwotne panujące na danej głębokości) przypisuje punktom górotworu wokół wyrobiska, a także obudowie, odpowiednie stałe, mechaniczne i wielkości geometryczne, za pomocą których można obliczyć stan naprężeń i odkształceń górotworu wokół wyrobiska. Na rys. 1 i 2 przedstawiono wyniki obliczeń w postaci izolinii naprężeń.

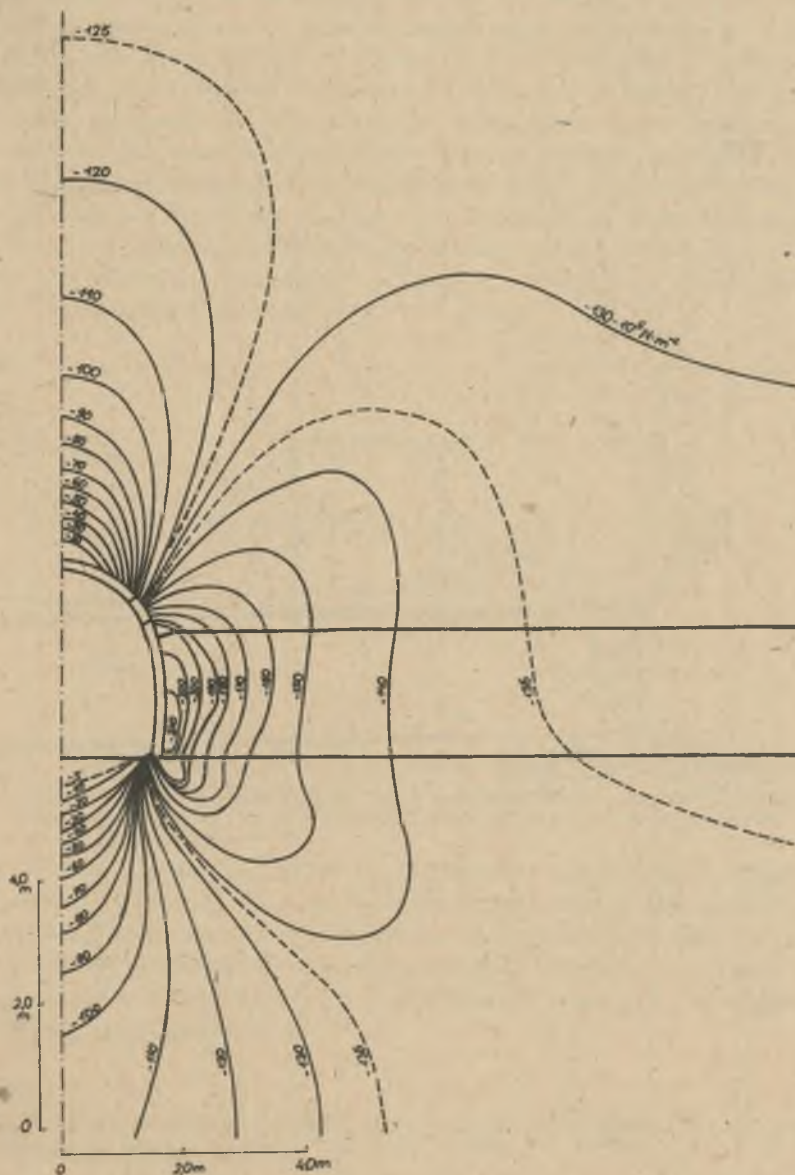
Rys. 1 uwidacznia silną koncentrację naprężeń pionowych w ociosach chodnika, które wzrastają około 2-krotnie w stosunku do naprężeń pierwotnych. W środkowej partii stropu oraz poniżej spągu chodnika występują strefy odprężone, (spadek naprężeń pionowych do wartości zerowej). Największy wzrost naprężeń poziomych (rys. 2) występuje w dolnym narożu chodnika oraz w niewielkim stopniu na kontaktach pokładu węglowego ze skałami stropowymi i spagowymi.

Powyższy przykład jest charakterystyczny dla wyrobisk przygotowawczych w warunkach G.Z.W., gdzie w ociosach wyrobiska zalega warstwa skał słabych (węgiel), a w stropie i spągu występują skały mocne (mułowce, łowce, piaskowce).

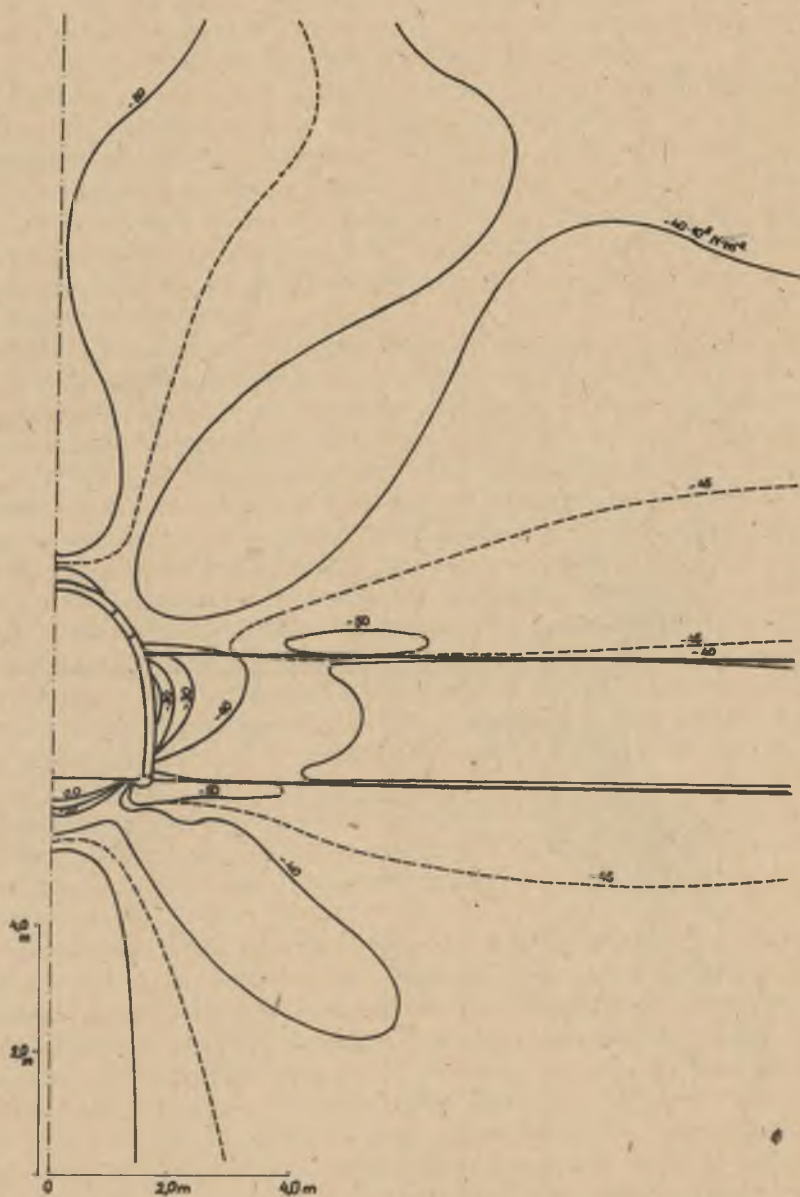
Dla określenia stanu naprężeń wokół wyrobisk górniczych i zachowania się skał w otoczeniu tych wyrobisk, stosuje się również badania modelowe.

Szerokie zastosowanie posiada metoda elastoplastyczna, w której rozkład maksymalnych naprężeń stycznych odpowiada przebiegowi linii zwanych izochromami. Z rozważań teoretycznych wiadomo [5], że otrzymane na kliszy fotograficznej izochromy, w wyniku przepuszczania przez przezroczysty lub półprzezroczysty naprężony model światła kolorowo-spolaryzowanego, są miejscem geometrycznym stałym maksymalnych naprężeń stycznych. Uzyskany obraz odzwierciedla rozkład naprężeń głównych panujących w modelu.

Zachowanie się górotworu wokół wyrobisk górniczych obrazują również badania na modelach zbudowanych z materiałów ekwiwalentnych [2]. Koncentracja naprężeń w modelowanych ociosach wyrobisk prowadzi do zniszczenia struktury górotworu w sąsiedztwie wyrobiska.

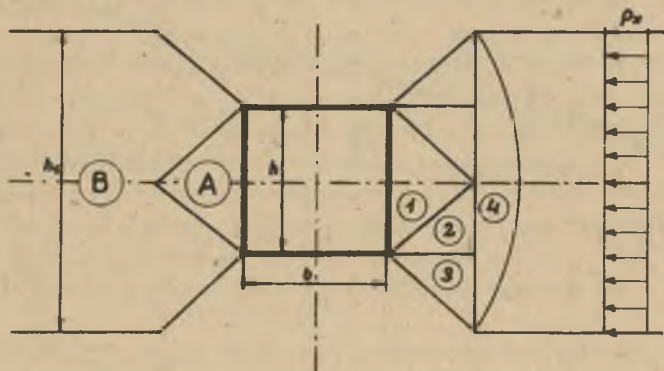


Rys. 1. Rozkład naprężeń pionowych w otoczeniu chodnika



Rys. 2. Rozkład naprężeń poziomych w otoczeniu chodnika

Budując model z mieszaniny piasku i parafiny oraz stosując olej maszynowy jako materiał osłabiający warstwy ociosowe, wykonano w nim wyrobisko o przekroju kwadratowym [3]. Ociosy wyrobiska, będące obiektem zainteresowania, stanowiły celowo najszlubszą warstwę. W wyniku stopniowego obciążania modelu nastąpił następujący mechanizm zniszczenia ociosów w sąsiedztwie wyrobiska chodnikowego. W pierwszej fazie obciążenia utworzyły się wyraźne spękania w ociosach wyrobiska w kształcie klinów. W wyniku dalszego wzrostu obciążenia modelu nastąpiło poszerzenie stref zniszczenia w ociosach, aż do utraty stateczności wyrobiska wskutek pęknięcia stropu i obwahu ociosu do wyrobiska. Ostatecznie została uformowana strefa rozluźnienia ociosów o wysokości h_1 (rys. 3), ograniczona ukośnymi liniami poślizgu i linią sklepienia ciśnień i dwiema liniami poziomymi. Wysokość strefy rozluźnienia (odprężenia) ociosów wyrobiska jest wprost proporcjonalna do wysokości wyrobiska h .



Rys. 3. Schemat niszczenia ociosów modelowanego wyrobiska chodnikowego
A, 1 - pierwszy etap odsłojenia, 2, 3 - odpowiednio drugi i trzeci etap poślizgu klinów, B, 4 - końcowa strefa rozluźnienia ociosów

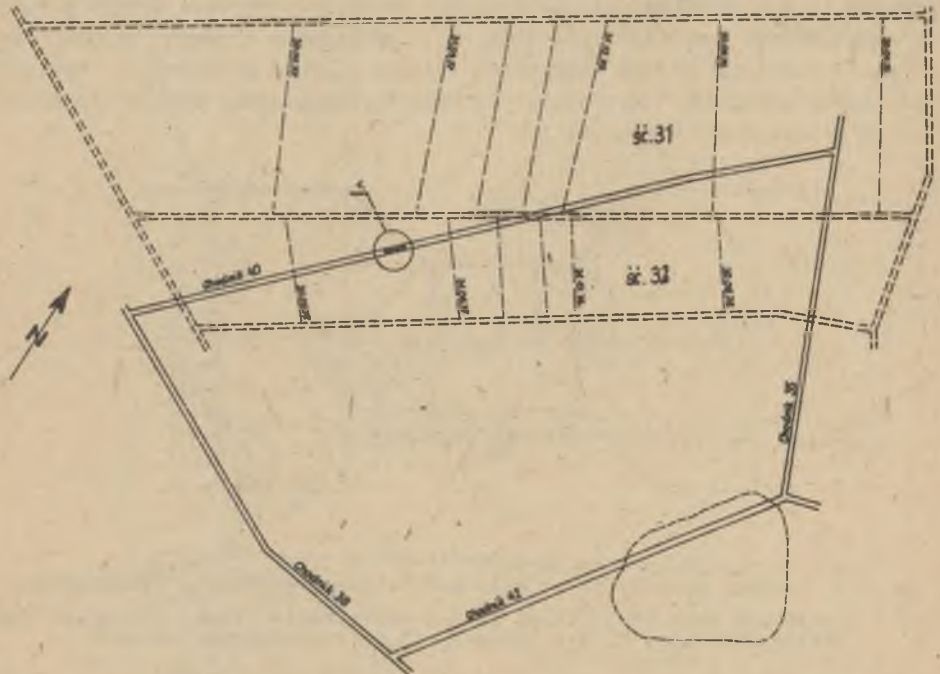
Jak wynika z wyżej przedstawionych rozważań analitycznych oraz badań modelowych, w partiach przyciosowych wyrobiska tworzą się strefy koncentracji naprężeń pionowych ściskających, których wartość jest 2 - 3 - krotnie większa od pierwotnych naprężeń pionowych panujących na danej głębokości. W partiach przystropowych i przyspągowych występują strefy naprężeń pionowych i rozciągających.

3. PRZYKŁAD PROWADZENIA CHODNIKA PRZY ZASTOSOWANIU KOMBAJNU W POKŁADZIE ZAGROŻONYM TĄPANIAMI

W Kopalni "Miechowice" wynikła potrzeba szybkiego i bezpiecznego wykonania chodnika w pokładzie 509 zaliczonym do trzeciego stopnia zagrożenia

tapaniami. Wysokie zagrożenie tapaniami było spowodowane następującymi czynnikami geologiczno-górnictwami:

- prowadzeniem robót na dużej głębokości około 870 m,
- występowaniem w stropie i spągu pokładu mocnych naprzemianległych piaskowców i łupków piaszczystych,
- koniecznością prowadzenia części chodnika w rejonie oddziaływania krawędzi pokładu 507,
- prowadzeniem chodnika w niecce bytomskiej.



Rys. 4. Szkic sytuacyjny wyrobisk górniczych w pokł. 507 i 509
 - wyrobiska w pokł. 507, - wyrobiska w pokł. 509, 1 - miejsce przebiecia chodnika 40

W okresie wcześniejszym wykonany został częściowo w pokładzie 509 chodnik 40 od strony chodnika 35a (rys. 4). Ze względu na znaczny dopływ wody do ścian 31 i 32 eksploatowanych w pokładzie 507 zaistniała konieczność odwodnienia części powyższego pokładu. W tym celu wykonano wiertnicą MDR-06e 9 otworów odwadniających o średnicy $\phi = 75$ mm z chodnika 35a i 40 do pokł. 507.

Dalsze prowadzenie chodnika 40 od strony chodnika 35a okazało się niemożliwe ze względu na znaczny dopływ wody do przodka. Aby zapewnić późniejsze odwodnienie ścian 31 i 32 zaistniała konieczność szybkiego wykonania chodnika 40 od strony przeciwnej. Uwzględniając powyższe trudności zdecydowano się na wykonanie chodników 38 i 40 kombajnem chodnikowym AM-50 Voest-Alpine.

Użycie kombajnu chodnikowego w rejonie dużego zagrożenia tapaniami narzuciło konieczność zastosowania jednej z aktywnych metod zwalczania tapani:

- nawadnianie przodka i ociosów wyrobiska,
- strzelania wstrząsowo-kamufletowego w przodka i w ociosach,
- rozwiercanie otworami wielkośrednicowymi czoła i ociosów chodnika [6].

Ze względu na wysoki założony postęp dzienny chodników, prowadzenie robót górniczych uwarunkowano dwukrotnym w ciągu doby badaniem wychodu zwiercin. Każdorazowo poddawano analizie wychód zwiercin z otworów małośrednicowych w ociosach i w czołe przodka. Ze względu na brak wyraźnego wzrostu wychodu zwiercin, zdecydowano się na wtlaczanie wody pod wysokim ciśnieniem do wcześniej wywierconych otworów. Odległość między otworami wynosiła około 10 m ze względu na promień skutecznego nawadniania [3]. Na dwukrotne w ciągu doby wtlaczanie wody do ociosów zdecydowano się w celu wytworzenia wzdłuż ociosów ciągłej odprężonej strefy ochronnej. Nawodnienie czoła przodka spowodowało poważne zmniejszenie drobnych wstrząsów i odprężeń, które utrudniały pracę głowicy kombajnu. Nawodnienie calizny węglowej wpłynęło również na zwiększenie urabialności węgla oraz na zmniejszenie zapylenia w przodka.

W przypadku zmniejszenia wychodu zwiercin z otworów małośrednicowych wtlaczanie wody do ociosów przeprowadzono jedynie na zmianie nocnej, co pozwoliło wydłużyć efektywny czas pracy kombajnu.

W czasie nawadniania każdorazowo prowadzono analizę jej skuteczności poprzez:

- kształtowanie się zmian wartości początkowego i końcowego ciśnienia wtlaczanej wody,
- rejestrację czasu wtlaczania,
- uchwycenie momentu wypływu wody z ociosów po rozpoczęciu nawadniania,
- obserwację ilości impulsów sejsmoakustycznych.

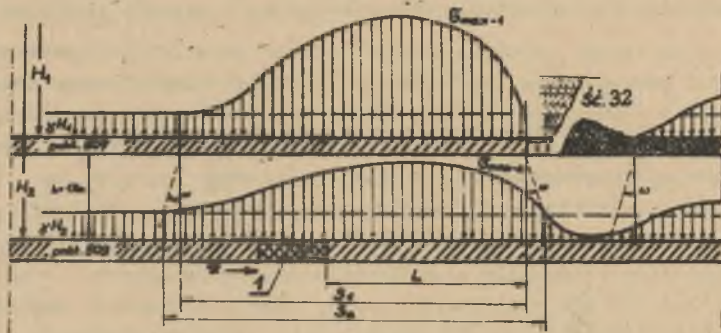
Ciśnienie początkowe w otworach wahało się w granicach 160-200 atm., a końcowe 30-60 atm. Czas nawadniania jednego otworu wynosił około 40 min, a ilość wtloczanej wody wynosiła 1,2-2,0 m³/otwór. Do wtlaczania wody użyto pomp wysokociśnieniowych typu NW4. W czasie nawadniania obserwowano zachowanie się calizny węglowej. Drobne trzaski i odprężenia przy braku wczesnego wypływu wody szczelinami, były dowodem skuteczności nawadniania.

Przedstawiona technologia nawodnienia wytworzyła wzdłuż ociosów, jak i przed czołem przodka 10-15 metrową strefę odprężoną.

Wyniki pomiarów sejsmoakustycznych w czasie pracy kombajnu były mało przydatne ze względu na zakłócenia spowodowane pracującymi w przodka maszynami oraz częstą zmianą położenia geofonów, wynikającą z postępu przodka.

W okresie drażenia chodnika 38 i znacznej części chodnika 40 nie stwierdzono aktywności mikrosejsmologicznej.

Za najbardziej zagrożony tapaniami uznano obszar przebiecia chodnika 40. Było to spowodowane, obok wcześniej wymienionych czynników zagrożenia tapaniami, oddziaływaniem ciśnienia eksploatacyjnego ściany 32 (rys. 5). Zgodnie z przewidywaniami w końcowym odcinku chodnika 40 stwierdzono wzmożony wychód zwiercin z otworów małośrednicowych.



Rys. 5. Rozkład ciśnienia eksploatacyjnego w sąsiedztwie ściany 32
1 - miejsce przebiecia chodnika 40, L - odległość pozioma od miejsca przebiecia chodnika 40 od czoła ściany 32 (L 80 m), S₁ i S₂ - długości stref wzmożonych naprężeń od ściany 32

W celu zapewnienia stabilności obudowy kolejne odrzwia obudowy LP-7 usztywniono za pomocą stalowych płaskowników przymocowanych do zamków. Aby zapewnić właściwą współpracę obudowy z gerótworem w chodniku 40 dokreślano śruby w zamkach za pomocą następującego przedkierownika.

Dzięki zastosowaniu podanej wyżej profilaktyki przeciwtapaniowej i aktywnych środków zwalczania tapani, bezpiecznie wydrążono chodniki 38 i 40, uzyskując średni postęp 24 m/dobę. Szybkie wykonanie chodnika 40 umożliwiło wywierzenie kolejnych 11 otworów i kontynuację odwodnienia ścian 31 i 32.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiony przykład nasuwa problem bezpiecznego i szybkiego wykonania węglowych wyrobisk korytarzowych.

Jak stwierdzono w rozdziale 2 w oparciu o rozważania analityczne i badania modelowe, zwiększone naprężenia pionowe występują w strefie przysiosowej wyrobiska. Jednocześnie obserwacje dołkowe wykazują, że w ociosach chodnika występuje strefa spękań, powodująca przesunięcie się strefy koncentracji naprężeń w głąb calizny. Zjawisko to potwierdzają wyniki wierceń małośrednicowych, gdzie wzmożony wychód zwiercin obserwowany jest najczęściej w odległości 5-10 metrów od ociosów.

Zwiększone zagrożenie tapaniami wyrobisk korytarzowych w stosunku do wyrobisk ścianowych, tak w okresie drażenia, jak i w okresie późniejszym; spowodowane jest następującymi czynnikami:

- małą podpornością i statecznością obudów chodnikowych,
- rozkładowaniem energii sprężystej podczas tąpnięcia lub odprężenia na niewielkiej, w stosunku do ściany, przestrzeni wyrobiska korytarzowego [4],
- wzrostem naprężeń w caliznie otaczającej wyrobisko korytarzowe w przypadku zbliżenia się chodnika do obszarów oddziaływania krawędzi, filarów, starych zrobów itp.,
- usytuowaniem chodnika w stosunku do pokładu (najbardziej niekorzystne jest usytuowanie chodnika w warstwie przystopowej z pozostawieniem w spągu kilkumetrowej warstwy węgla).

Uwzględniając powyższe rozważania przed przystąpieniem do wykonania wyrobiska korytarzowego należy przeprowadzić prognozę stanu zagrożenia tąpnięciami. Dokładne rozeznanie warunków geologiczno-górnicznych, a szczególnie własności fizyko-mechanicznych skał otaczających oraz zaszłości eksploatacyjnych wraz z obserwacjami geofizycznymi, powinno poprzedzić dobór aktywnych metod zwalczania tępnięć.

Najbardziej skuteczną metodą zwalczania tępnięć wydaje się przedstawione w przykładzie nawadnianie calizny węglowej. Metoda ta jest stosunkowo małożasochłonna (1,5 - 2,5 h/dobę) oraz istnieje możliwość kontroli jej efektywności.

Alternatywną metodą jest strzelanie wstrząsowo-kamufletowe, przed którym należy wykonać większą ilość 10-metrowych otworów niż w procesie nawadniania. Wydaje się, że strzelanie wstrząsowo-kamufletowe należy wykonać wtedy, gdy wychód zwiercin przekracza 6^1 /mb między 5 a 10 metrem otworu. Nawodnienie calizny węglowej w takich warunkach nie zawsze jest skuteczne ze względu na zamykanie się por w węglu w następstwie zwiększonych naprężeń. W takich warunkach zniszczenie struktury węgla wokół wyrobiska korytarzowego można zrealizować przy użyciu materiału wybuchowego.

Nawadnianie calizny węglowej pod wysokim ciśnieniem oraz strzelanie wstrząsowo-kamufletowe umożliwiają w określonych warunkach bezpieczne wykonanie wyrobisk korytarzowych kombajnem chodnikowym.

W pracy [6] stwierdzono, że w warunkach szczególnie wysokiego zagrożenia tępnięciami, kombajnów chodnikowych nie należy stosować. W takiej sytuacji należy niszczyć strukturę węgla wokół chodnika w sposób następujący:

- wykonując strzelanie wstrząsowo-urabiające w czole wyrobiska,
- wykonując strzelanie wstrząsowo-kamufletowe w ociosie i spągu wyrobiska,
- wierząc otwory małośrednicowe w spągu chodnika,
- wierząc otwory wielkośrednicowe w czole i ociosach chodnika.

Dziennie postępy przodków uzyskane w powyższy sposób są wielokrotnie niższe niż przy zastosowaniu kombajnu chodnikowego, niemniej w chwili obecnej zapewniają najbardziej bezpieczne wykonanie wyrobiska korytarzowego.

Dlatego też w chwili obecnej dużego znaczenia nabiera problem szybkiego i bezpiecznego drażenia wyrobisk chodnikowych przy zastosowaniu kombajnów chodnikowych. Urabianie kombajnem chodnikowym, w warunkach dużego zagrożenia tąpnięciami, powoduje naruszenie równowagi naprężeń w przodku chodnika, objawiające się częstymi odprężeniami. Gdy calizna węglowa znajduje się w krytycznym stanie naprężenia, każdy udar głowicy kombajnu może spowodować odprężenie, a nawet tąpnięcie w czasie obecności załogi w przodku.

LITERATURA

- [1] Borecki M., Chudek M.: Mechanika górotworu. Wyd. Śląsk Katowice 1972.
- [2] Gałczyński S., Wojtaszek A.: Kinematyka zniszczenia ociosów w sąsiedztwie modelu wyrobiska korytarzowego. Prace Naukowe Inst. Geotechniki Pol. Wrocław, nr 26, Wrocław 1978.
- [3] Krawiec A., Dybeł T., Doniżał J., Ożena P.: Zasięg skutecznego nawadniania pokładu węglowego. Przegląd Górniczy 1977, nr 3.
- [4] Kucharz T., Dybeł T.: Technologia eksploatacji w rejonach szczególnie zagrożenia tąpnięciami na podstawie doświadczeń BZPW. Czechoślowska-Polska konferencja bezpieczeństwa pracy w górnictwie. Paskow 1976.
- [5] Pindera J.: Zarys elastoplastyki. Warszawa 1955.
- [6] Pyzik L.: Sposób zabezpieczenia wyrobisk korytarzowych drażonych w warunkach dużego zagrożenia tąpnięciami. Wiadomości Górnicze 1976, nr 5.
- [7] Sałustowicz A.: Zarys mechaniki górotworu. Katowice 1965. Wyd. Śląsk.
- [8] Smółka J.: Analiza i kształtowanie się stanu naprężeń wokół wyrobisk chodnikowych dla ograniczenia wypiętrzenia spągów w Kopalniach Węgla. Praca doktorska - GIG Katowice 1977.
- [9] Ruppenejt K.W., Comes C.: O napriazennom sostajanii massiwa około podgotowitielnoj wyrobotkie - W zb. "Woprosy gornowo dawlenija". Wyp. 12, Nowosibirsk, Izd. Sibirskowo otdielenija AN SSSR, 1962.

ПРОХОДКА ШТРЕКА КОМБАЙНОМ В ОПАСНЫХ УСЛОВИЯХ ГОРНЫХ УДАРОВ

Р е з ю м е

В статье приводятся рассуждения связанные с проходкой штреков проходческими комбайнами штрекообразных выработок в опасных условиях горных ударов. Приводятся результаты до сих пор проведенных аналитических и модельных работ, касающихся распределения напряжений вокруг штрекообразных выработок. На примере проходки штрека в шахте "Меховице" приводятся примечания, касающиеся профилактики и подбора актуальных методов проведения мероприятий по борьбе с горными ударами.

THE BORING OF THE HEADING WITH THE ROAD HEADER IN THE CONDITIONS
OF THE POTENTIAL ROCK BURST

S u m m a r y

The paper presents the considerations on the boring of extraction galleries in the conditions of rock burst with the application of the road header. The results of the present analytical and model testing for the stress distribution around the dog headings are given. Basing on the boring of the extraction galleries at the "Miechowice" - coallery several remarks have been made with regard to prevention and selection of active methode for combatting the rock burst.