

Mirosław Chudek
Stanisław Chwała
Andrzej Pach

BADANIA NAD USTALENIEM WYTYCZNYCH WSPÓŁPRACY OBUDOWY
WYROBISK KORYTARZOWYCH Z GÓROTWOREM W WARUNKACH KOPALN
GŁĘBOKICH

Streszczenie: Artykuł zawiera krytyczne uwagi w zakresie dotychczasowych metod określania warunków współpracy obudowy wyrobisk korytarzowych z górotworem oraz przykłady nowych badań w tym zakresie.

1. Wprowadzenie

Jednym z podstawowych zadań budownictwa podziemnego jest bezpieczne utrzymanie wyrobisk górniczych, szczególnie tych które decydują w zasadniczy sposób o zdolności eksploatacyjnej Zakładu Górniczego.

Do obiektów tego typu zaliczamy w pierwszej kolejności wyrobiska korytarzowe, których żywotność wynosi od kilku miesięcy do kilkudziesięciu lat, w związku z czym niezwykle istotnym staje się konieczność precyzyjnego doboru obudowy tych wyrobisk pod względem konstrukcyjno-wytrzymałościowym w zależności od istniejących potrzeb.

W dotychczasowej praktyce górniczej stosuje się szereg metod obliczeniowych opartych o rozważania analityczne, czy badania eksperymentalne pozwalające na prognozowanie wielkości i sposobu obciążenia obudowy przez górotwór przy założeniu różnych sposobów ich wzajemnego oddziaływania, określonych mianem współpracy obudowy z górotworem.

Z uwagi na fakt, że o charakterze współpracy obudowy z górotworem decyduje w głównej mierze warunki naturalno-geologiczne określone poprzez szereg czynników takich jak:

- wytrzymałość skał,
- wytrzymałość masywu górotworu,
- głębokość założenia wyrobiska,
- orientacja wyrobiska względem płaszczyzn osłabionej spoiwości itp. oraz czynniki techniczno-technologiczne, jak:
- wielkość i kształt przekroju wyrobiska,
- rodzaj i konstrukcja obudowy.

Wszystkie z istniejących metod prognozowania współpracy obudowy z górotworem dopuszczają w swych założeniach pewne uproszczenia i mogą być stosowane w konkretnych określonych przypadkach. Celowym zatem wydaje się prowadzenie dalszych prac badawczych w oparciu o które, można uogólnić pewne prawidłowości procesu współdziałania obudowy z górotworem, doprowadzając do uzyskania pewnego obrazu jego jakościowo-ilościowego przebiegu.

2. Dotychczasowe poglądy i metody oceny warunków współpracy obudowy wyrobisk korytarzowych z gorotworem

Potrzeby praktyki związane z techniczną stroną zabezpieczenia zdolności eksploatacyjnej wyrobisk górniczych, wymagają żeby już w trakcie projektowania wyrobisk można było określić stopień zagrożenia ich użyteczności oraz określić rodzaj wymaganej obudowy. Z tego też względu za niezwykle istotny należy uznać fakt dokładnej prognostycznej oceny wielkości i charakteru obciążeń obudowy rzutuujący na jej parametry techniczno-wytrzymałościowe.

Wielkość obciążenia obudowy wyrobiska jak to wskazano w pracach [1,2,3, 4,5,6] zależy od szeregu czynników. Ilość tych czynników, ich odmienny jakościowy i ilościowy wpływ na wielkość obciążenia obudowy są powodem, że jeszcze do chwili obecnej nie ma uniwersalnego sposobu określania wielkości obciążenia, a istniejące metody i hipotezy mają stosunkowo ograniczony zakres stosowania.

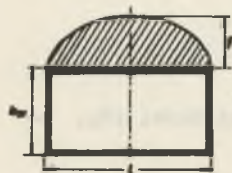
Analizując dotychczasowe metody dotyczące określania wielkości obciążenia obudowy wyrobisk korytarzowych pod względem przyjętych w nich założeń można podzielić je na dwie zasadnicze grupy:

- hipotezy tzw. "siłowe" oparte o zasady statyki budowli,
- hipotezy oparte o zasady mechaniki ośrodków ciągłych.

Z pierwszej grupy hipotez nie znalazły dostatecznego uzasadnienia poglądy uzależniające wielkość obciążenia obudowy od głębokości położenia wyrobiska korytarzowego czy komorowego. Wymienić tu należy metody: Bierbaumera, Eszto, Slesoriewa, Chudka-Swišta.

Hipotezy Bierbaumera czy Eszto oraz metoda Chudka-Swišta są w chwili obecnej stosowane w przypadku wyrobisk tunelowych lub korytarzowych lokalizowanych na głębokościach rzędu 15-30 m.

Do tej grupy należą również hipotezy M.M. Protodiakonowa, P.M. Cymbarjewicza i A. Sałustowicza.



Rys. 1. Kształt strefy odprężonej nad wyrobiskiem prostokątnym wg Protodiakonowa

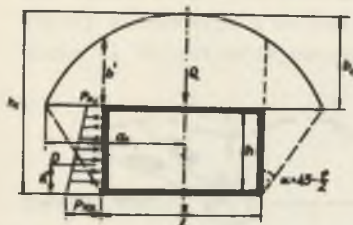
Hipoteza M. Protodiakonowa obejmuje założenia o istnieniu nad stropem wyrobiska korytarzowego strefy skał odprężonych w kształcie sklepienia ciśnień, ciężar nadkładu rozkłada się na ociosy wyrobiska, które ze względu na posiadaną sztywność nie ulegają wyraźnym odkształceniom. Natomiast na obudowę działa ciężar skały odprężonej znajdującej się w obszarze sklepienia mającego kształt wycinka paraboli (rys.1) określany wzorem (1)

$$Q = \frac{1}{3} a \rho \frac{l^2}{4l}, \quad (1)$$

gdzie:

- ρ - gęstość przestrzenna skał zalegających w strefie odprężonej,
- l - szerokość wyrobiska,

μ - wskaźnik zwięzłości skał wg Protodiakonowa,
 a - wartość przyspieszenia ziemskiego.



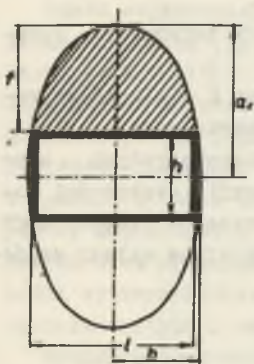
Rys. 2. Kształt strefy odprężonej nad wyrobiskiem prostokątnym wg Cymbarewicza

Hipoteza P.M. Cymbarewicza - stanowi dalsze rozszerzenie rozważań Protodiakonowa, zakłada że w przypadku przekroczenia skał ociosowych na ściskanie ulegną one spękananiu. W związku ze zmniejszeniem się nośności ociosów, rozpiętość strefy odprężonej powstałej w warstwie stropowej wyrobiska zwiększa zasięg (rys. 2). Obciążenie obudowy wg Cymbarewicza na jednostkę długości wyrobiska określamy wzorem:

$$Q = \frac{4}{3} a_1 b_1 \cdot \rho \cdot a, \quad (2)$$

gdzie:

a_1 - połowa szerokości strefy odprężonej,
 b_1 - wysokość strefy odprężonej.



Rys. 3. Kształt strefy odprężonej nad wyrobiskiem prostokątnym wg Sałustowicza

Hipoteza A. Sałustowicza - opracowana w oparciu o teorię sklepienia ciśnień zakłada, że na obudowę wyrobiska działa ciężar spękanych skał zawartych we wnętrzu tego sklepienia. Wielkość strefy odprężonej wyznacza A. Sałustowicz opisując na obrysie przekroju poprzecznego wyrobiska elipsę rys. 3. Pole powierzchni wchodzące w zakres wycinka elipsa ograniczone z jednej strony jej obrysem, z drugiej zaś płaszczyzną stropu wyrobiska stanowi strefę odprężoną, powodując obciążenie obudowy, które na 1 m długości wyrobiska określone jest wzorem:

$$Q = \frac{2}{3} \rho \left(a_1 - \frac{h}{2} \right) a_1 l, \quad (3)$$

gdzie:

a_1 - pionowa półoś elipsy,
 h - wysokość wyrobiska,
 l - szerokość wyrobiska.

W grupie hipotez opartych na zasadach mechaniki ośrodków ciągłych wyróżniamy hipotezy L. Labassa, A. Sałustowicza, K.W. Ruppenejta.

Hipoteza L. L a b a s s a oparta jest na założeniu, że wokół wyrobiska o kształcie kołowym tworzą się trzy strefy (rys. 4)

- a - strefa deformacji trwałych charakteryzująca się zruszeniem skal,
 b - strefa zwiększonych naprężeń,
 c - strefa naprężeń odpowiadających wielkości naprężeń w górotworze nienaruszonym.



Rys. 4. Schematyczne przedstawienie stref deformacji wg A. Lubassa



Rys. 5. Zarys strefy deformacji niesprężystych wg KW Ruppenejta

Na skutek zniszczenia struktury skał w pierwszej strefie i zwiększenie jej objętości skały będą przemieszczać się do wyrobiska. Wielkość obciążenia obudowy będzie wg Autora hipotezy wynikiem ciężaru skał ulegających odspojeniu. Hipoteza K.E. R u p p e n e j t a - oparta jest na założeniu, że wokół wyrobiska o kształcie jak na rys. 5.

Za strefą deformacji niesprężystych znajduje się strefa deformacji sprężystych.

W miarę zaś wzrostu odległości od osi wyrobiska stan i wielkość naprężeń odpowiada naprężeniom panującym w górotworze nienaruszonym. Opierając się na równaniu konturu strefy deformacji niesprężystych uzależnionego od wielkości kąta tarcia wewnętrznego, kohezji, głębokości lokalizacji wyrobiska oraz współczynnika rozpierania bocznego. K.E. Ruppenejt proponuje obliczać obciążenie obudowy zakładając następujące układy współpracy obudowy z górotworem:

- dodatnie oddziaływanie obudowy,
- sztywne oddziaływanie obudowy.

Praktyczny zakres stosowania hipotezy K.E. Ruppenejta jest ograniczony co wynika z trudności dokładnego określenia własności fizyko-mechanicznych skał, a szczególnie wielkości współczynnika bocznego rozpierania bezpośrednio w górotworze.

Hipoteza A. S a ł u s t o w i c z a - wprowadzona została w oparciu o założenie, że skały stanowią ośrodek sprężysto-plastyczny. Skały o takich własnościach charakteryzują się tym, że w pierwszej fazie po wykonaniu wyrobiska następują deformacje sprężyste aż do chwili wykonania obudowy.

W następnej fazie zaczynają się trwałe, plastyczne przemieszczenia konturu wyłomu do wyrobiska i zruszenie skał. Proces plastycznych deformacji i zruszenia skał będzie rozprzestrzeniał się w głąb masywu, rezultatem czego będzie powstanie eliptycznej strefy plastycznego płynięcia lub zruszenia skał. W tym przypadku o wielkości obciążenia obudowy stanowi wielkość strefy deformacji plastycznych. Wielkość ciśnienia skał na obudowę wyrobiska A. Sałustowicz proponuje obliczać wzorem:

$$P_0 = P - \frac{2}{\sqrt{3}} K (1 - \ln \frac{U}{U_x}), \quad (4)$$

gdzie:

- P - wielkość ciśnienia pierwotnego,
- K - granica plastyczności skał przy ściskaniu,
- U - wielkość przemieszczeń konturu wyrobiska,
- U_x - przemieszczenie strefy sprężystej.

Dalszy rozwój badań w zakresie własności skał i górotworu szczególnie pod względem własności reologicznych umożliwił wprowadzenie nowych metod i hipotez w zakresie współpracy obudowy z górotworem, traktując górotwór jako ośrodek złożony lepko-sprężysto-plastyczny czy lepko-sprężysto-anizotropowy.

Wśród najbardziej znanych poglądów w tym zakresie wymienia się rozważania H. Filcka [5], A. Sałustowicza [6,7] oraz szereg rozwiązań radzieckich [4,9,10,11].

Podstawowym założeniem tych rozwiązań jest przyjęcie górotworu jako ośrodka izotropowego lepko-sprężystego, odpowiadającego modelowi reologicznemu Poyntinga-Thomsona.

W oparciu o takie założenia opisano stan naprężeniowo-deformacyjny przy pomocy odpowiednich równań stanu naprężeń i odkształceń radialnych i obwodowych oraz przemieszczeń konturu kołowego wyrobiska w zależności od własności wytrzymałościowych górotworu, jego własności reologicznych, a także charakterystyki i rodzaju obudowy.

Wyniki przeprowadzonych szeregu akcji pomiarowych i obserwacji dołowych oraz oparte o nie rozwiązania teoretycznyka zują, że jednym z zasadniczych czynników jest głębokość lokalizacji wyrobiska, która w odniesieniu do własności wytrzymałościowych skał decyduje o wielkości obciążeń obudowy.

Z tych też względów trudno jest w chwili obecnej w pełni aprobować hipotezy oparte o zasady mechaniki budowli, w których wielkość obciążenia tyłko statycznego) spowodowana jest ciężarem skał zawartych w strefie opisanej krzywą naturalnego sklepienia w kształcie paraboli czy elipsy.

Zatem hipotezy takie jak m.in. Protodiakonowa, Cymbarjewicza, posiadają ograniczony zakres stosowania przy czym zakres ten determinowany jest głąb-

kością lokalizacji wyrobiska. Powołując się na prace [1,6] można stwierdzić, że stosowane jeszcze w praktyce obliczeniowej hipotezy Protodiakonowa czy Cymbarjewicza mogą być wykorzystywane w zakresie głębokości nie większych jak 400-500 m w skałach zwięzłych o współczynniku zwięzłości rzędu $f=4\div 5$.

W przypadku większych głębokości nawet w skałach zwięzłych należy spodziewać się znacznych ich deformacji i to deformacji polegających na trwałym zruszeniu masywu skalnego w otoczeniu wyrobiska, co wystąpi gdy głębokość lokalizacji wyrobiska osiągnie lub przekroczy głębokość krytyczną, charakterystyczną dla danego układu warunków naturalnych.

3. Wyniki własnych badań w zakresie nowego ujęcia warunków współpracy obudowy wyrobisk korytarzowych z otaczającym górotworem

Przyjmując wysunięte krytyczne uwagi z oceny dotychczasowych metod określania warunków współpracy obudowy wyrobisk korytarzowych z górotworem, oraz doświadczenia praktyki dołowej kopalń prowadzących eksploatację na dużych głębokościach za wytyczną w zakresie dalszych poszukiwań i rozważań naukowych w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej nakreślono obszerny program badań nad określeniem warunków utrzymania wyrobisk korytarzowych, którego głównym celem jest opracowanie metod prognozowania stateczności wyrobisk i określenia kryteriów współpracy obudowy z górotworem, a tym samym opracowania wytycznych dla projektowania i doboru obudowy.

Pierwszy etap niniejszych prac obejmuje dwa zagadnienia:

- określenie zasięgu i kształtu stref deformacji niesprężystych a tym samym obciążeń statycznych obudowy w odniesieniu do wyrobisk zlokalizowanych na głębokościach krytycznych, a więc dla warunków gdzie procesy deformacji otoczenia skalnego wyrobisk przybierają charakter dynamiczny w krótkim okresie czasu,
- opracowanie metod prognozowania ruchu skał do wyrobisk korytarzowych, jako funkcję koniecznego czasu ich utrzymania oraz głębokości lokalizacji w odniesieniu do konkretnych rejonów górniczych.

3.1. Badania w zakresie określenia obciążeń statycznych obudowy wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych na głębokościach krytycznych

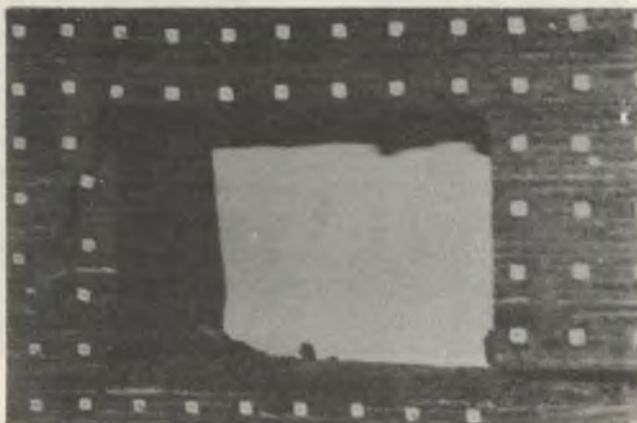
Realizacji postawionego celu dokonano poprzez badania modelowe, które w odniesieniu do tak szerokiej problematyki pozwoliły w możliwie niedługim czasie na uzyskanie wyników dla konkretnych warunków górniczo-naturalnych.

Badania przeprowadzono na specjalnie przygotowanym stoisku do badań modelowych, przy następujących założeniach:

- badaniom poddano wyrobiska o kształtach stosowanych w dotychczasowej praktyce budownictwa podziemnego, tj. kołowym eliptycznym, prostokątnym, zbliżonym do kształtu obudowy murowej sklepieniowej na prostych murach

- ociosowych i owalnym zbliżonym do kształtu obudowy łukowej (rys. 6),
- wyrobiska lokalizowano poniżej głębokości krytycznej zakładając jeden z typowych profilów utworów karbońskich.

a)



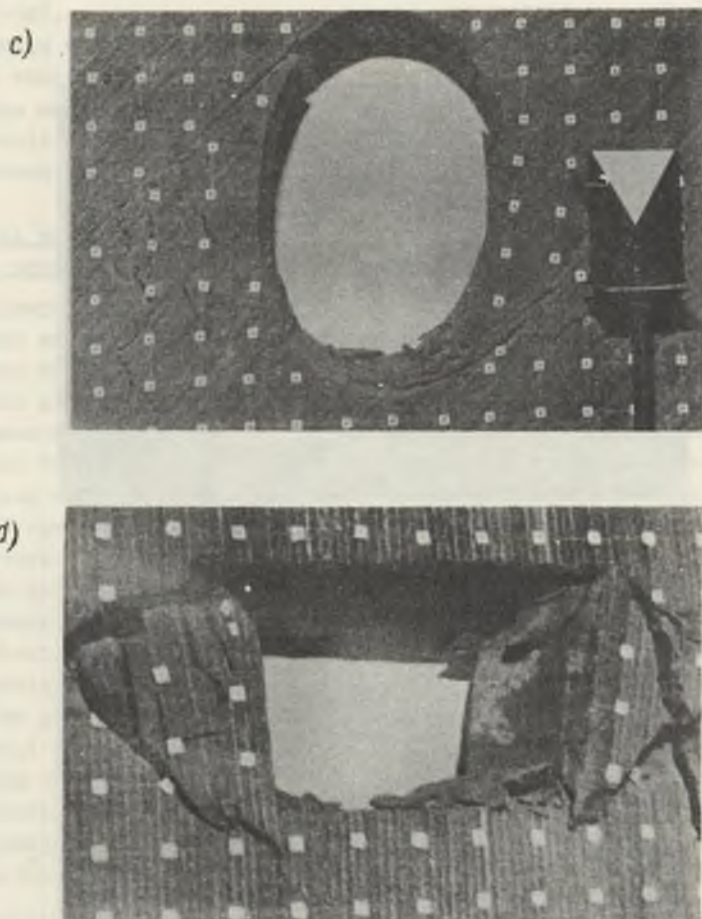
b)



Rys. 6. Przykłady tworzenia się stref odkształceń niesprężystych w otoczeniu modelowych wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych poniżej głębokości krytycznej

- a - o kształcie prostokątnym przy poziomym zaleganiu, warstw, b - o kształcie owalnym przy nachyleniu warstw pod kątem 45°

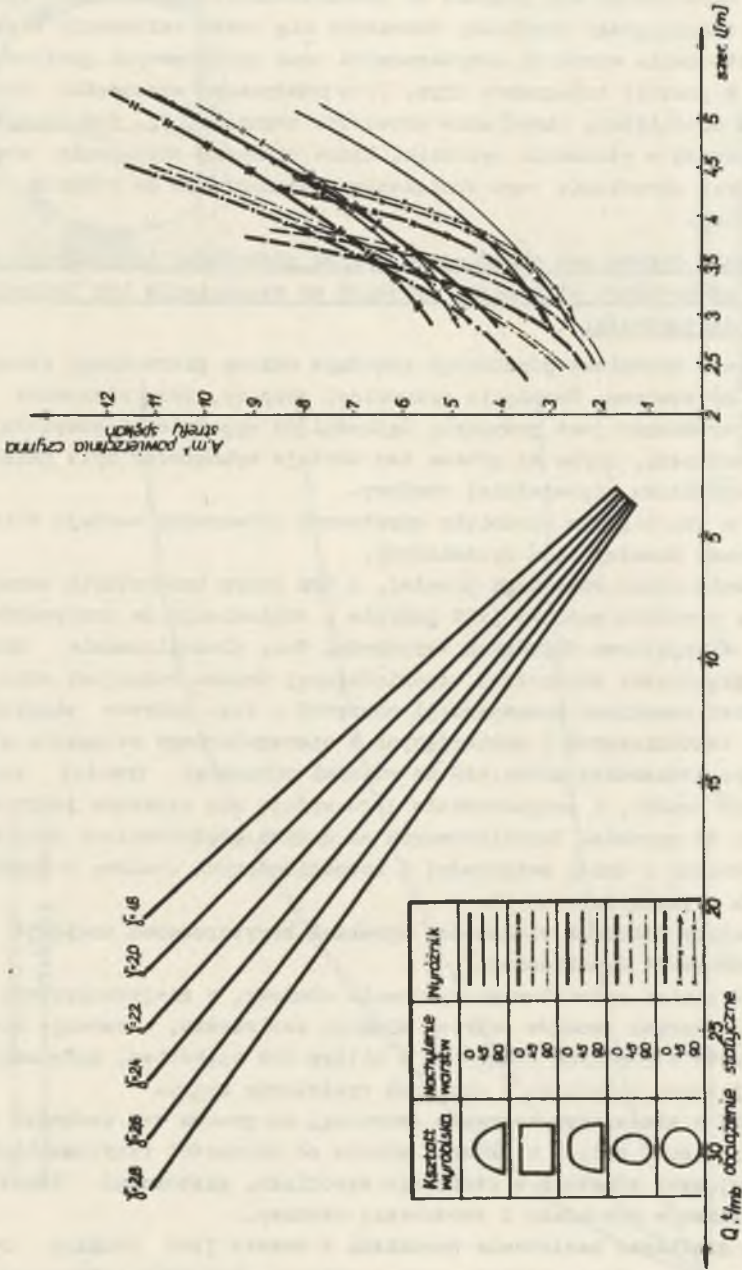
- przyjęty profil stanowiły utwory o budowie warstwowej oraz różnym kącie zalegania warstw, tj. w układzie poziomym, pionowym i pod kątem 45° do poziomemu.



Rys. 6. Przykłady tworzenia się stref odkształceń niesprężystych w otoczeniu modelowych wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych poniżej głębokości krytycznej

c - o kształcie eliptycznym przy nachyleniu warstw pod kątem 45° , d - o kształcie prostokątnym przy pionowym zaleganiu warstw.

Prace niniejsze wniosły szereg nowych elementów w problematykę oceny oraz przewidywania zasięgu stref spękań w otoczeniu wyrobisk korytarzowych kopalń głębokich. Uzyskane wyniki potwierdziły w pełni uprzednio zebrane doświadczenia praktyczne, sygnalizujące konieczność zmiany poglądu na warunki pracy obudowy wyrobisk drążonych na dużych głębokościach.



Rys. 7. Nomogram do określenia obciążeń statycznych obudowy wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych na głębokości krytycznej

Ze względu na brak możliwości zademonstrowania obszernego materiału badawczego ograniczono się jedynie do przedstawienia wyrwykowego fragmentu (rys. 6) obrazującego przykłady tworzenia się stref deformacji niesprężystych w otoczeniu wyrobisk korytarzowych oraz opracowanych graficznych zależności w postaci nomogramów (rys. 7) o praktycznym znaczeniu. Nomogramy niniejsze umożliwiają określenie przekroju czynnego, tj. tej części stref skał spękanych w otoczeniu wyrobisk, które stanowią obciążenie statyczne obudowy oraz określenie tego obciążenia w odniesieniu do różnych kształtów wyrobisk.

3.2. Badania dołowe nad określeniem wpływu głębokości lokalizacji oraz koniecznego czasu utrzymania wyrobisk na zagadnienie ich technologicznej użyteczności

Wykonanie wyrobiska górniczego powoduje zmianę pierwotnego stanu równowagi w górotworze. Usunięcie naturalnej podpory, jaką stanowiła skała podległa urobieniu jest przyczyną dążności do wypełnienia powstałej pustej przestrzeni, chyba że proces ten zostaje wyhamowany np.: przez wykonanie w wyrobisku odpowiedniej obudowy.

Tak więc w otaczającym wyrobisko górotworze wytworzony zostaje stan równowagi wtórnej trwałej bądź dynamicznej.

Z uzyskanie stanu równowagi trwałej, a tym samym korzystnych warunków utrzymania wyrobisk możliwe jest jedynie w odniesieniu do przypadków ich drążenia w wyjątkowo dogodnych warunkach, tzn. zlokalizowania wyrobiska powyżej głębokości krytycznej odpowiadającej danemu rodzajowi skał, z dala od stref znacznych koncentracji naprężeń a więc wpływów eksploatacji, zaburzeń tektonicznych i wynikających z nieregularnego zalegania złoże.

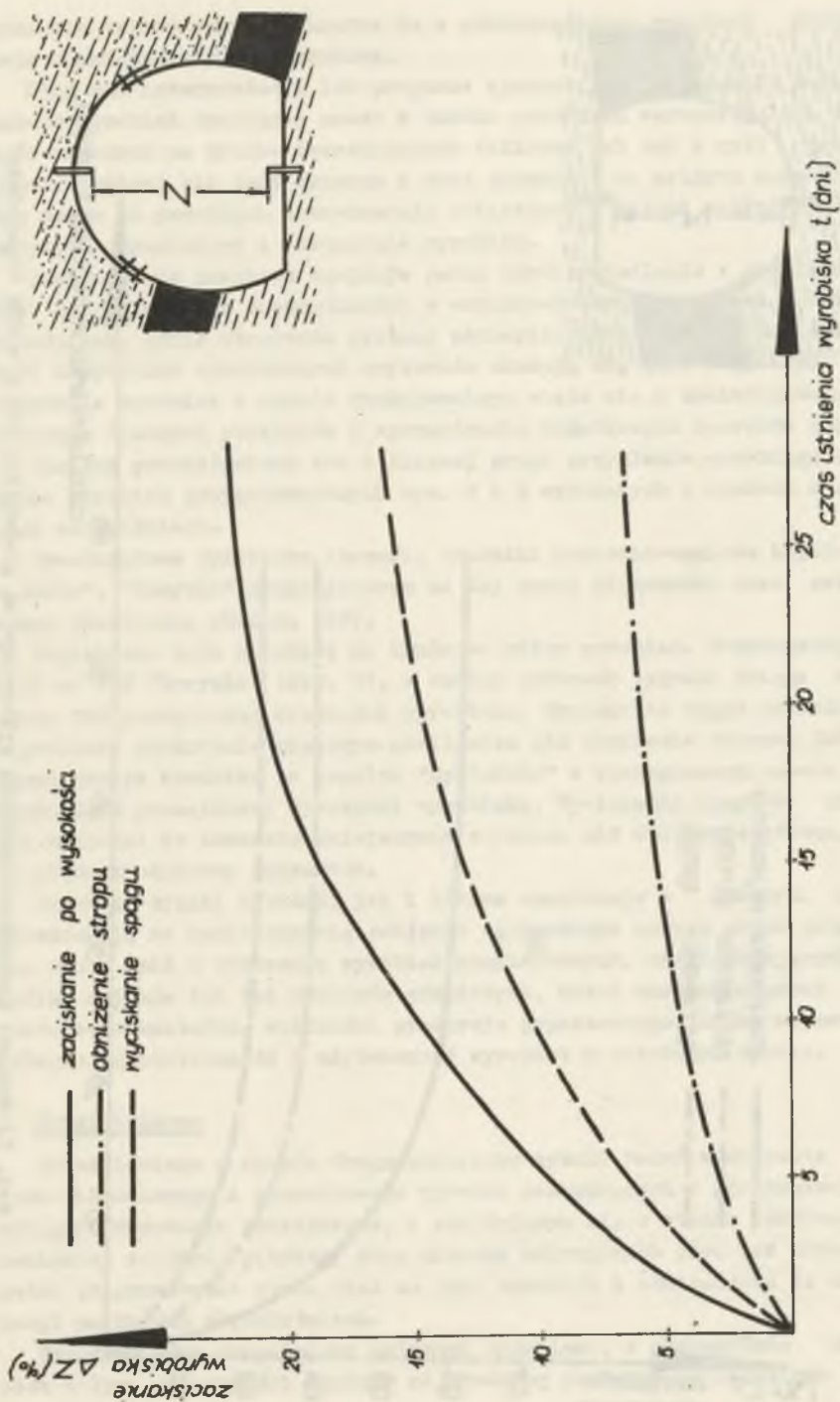
Ogólnie stwierdzić można, że ze stanami równowagi trwałej spotykamy się bardzo rzadko, a prognozowanie jego wydaje się słusznym jedynie w odniesieniu do wyrobisk lokalizowanych na małych głębokościach oraz wykonanych w skałach o dużej zwięzłości i zabezpieczonych obudową o wysokich parametrach wytrzymałościowych.

Otoczający górotwór większości wyrobisk korytarzowych znajduje się w stanie równowagi dynamicznej.

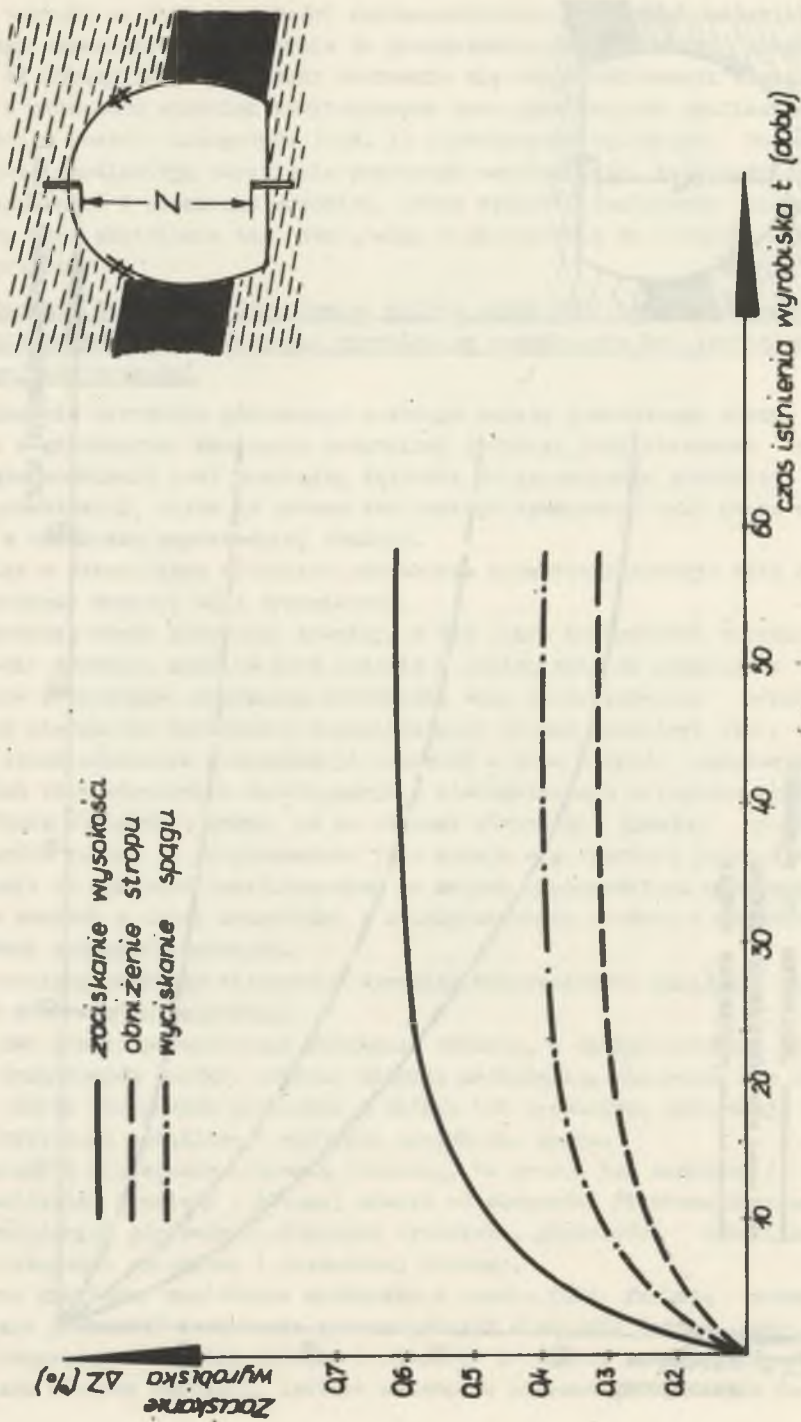
Wyrobiska pomimo prawidłowego wykonania obudowy, a niejednokrotnie stosowania dodatkowych środków ochrony ulegają zaciskaniu, obserwuje się obniżenie warstw stropowych połączone z silnym ich spękaniem, deformacji ociosów i wyjątkowo uciążliwe w skutkach wyciskanie spągu.

Badania w niniejszym zakresie świadczą, że proces ten zachodzi z różnym nasileniem i zależy w głównej mierze od własności fizykomechanicznych skał budujących górotwór w otoczeniu wyrobiska, głębokości lokalizacji, czasu istnienia wyrobiska i stosowanej obudowy.

Obraz graficzny zaciskania wyrobiska w czasie jest funkcją rosnącą, przy czym przyrosty zaciskania poszczególnych elementów (strop, spąg, ocios) stanowią wielkości zmienne w stosunku do siebie i kształtują się w granicach różnych wartości. Analiza materiału badawczego upoważnia do wy-



Rys. 8. Wykresy zaciśkania chodnika wykonanego na głębokości 600 m w KWK / "Borynia"



Rys. 9. Wykresy zaciśkania chodnika wykonanego na głębokości 600 m w KWK "Dębieńsko"

sunięcia twierdzenia, że krzywe te w poszczególnych rejonach górniczych mają charakterystyczny przebieg.

Stąd też interpretacja lub prognoza zjawisk jakie zachodzą mogą w otoczeniu wyrobisk drążonych nawet w bardzo podobnych warunkach lecz odmiennych rejonach na drodze teoretycznych obliczeń lub też w myśl przyjętej zasady ogólnej nie jest słuszna i może prowadzić do mylnych wniosków, a tym samym do poważnych konsekwencji związanych z dużymi nakładami dodatkowymi na przebudowy i utrzymanie wyrobisk.

Stwierdzenie powyższe znajduje pełne odzwierciedlenie w codziennej praktyce górniczej, a w szczególności w warunkach eksploatacji na dużych głębokościach, gdzie stosowane systemy zabezpieczenia wyrobisk dobierane w myśl dotychczas opracowanych kryteriów okazują się mało skuteczne, a utrzymanie wyrobisk w stanie funkcjonalnym wiąże się z koniecznością prowadzenia licznych przebudów i wprowadzania dodatkowych sposobów ochrony.

Poniżej przedstawiono dwa z licznej grupy przykładów przebiegu zaciskania wyrobisk przygotowawczych rys. 8 i 9 wykonanych w skałach o zbliżonych własnościach.

Przedmiotowe wyrobiska stanowią chodniki kamiennie-węglowe kopalni "Dębieńsko", "Borynia" zlokalizowane na tej samej głębokości oraz zabezpieczone identyczną obudową (LP).

Zaciskanie tych wyrobisk ma krańcowo różny przebieg. Konwergencja chodnika na KWK "Borynia" (rys. 9), w czasie czterech tygodni osiąga wartość około 20% początkowej wysokości wyrobiska. Wyciskanie spągu zachodzi tu z przeszło dwukrotnie większym nasileniem niż obniżenie stropu. Natomiast konwergencja chodnika na kopalni "Dębieńsko" w analogicznym czasie osiąga około 0,5% początkowej wysokości wyrobiska. Wyciskanie spągu w chodniku tym zachodzi ze znacznie mniejszym nasileniem niż obniżenie stropu, a więc ma również odmienny charakter.

Uzyskane wyniki z badań, jak i liczne obserwacje z praktyki dołowej przemawiają za koniecznością podjęcia opracowania nowych metod prognozowania ruchu skał w otoczeniu wyrobisk korytarzowych, uwzględniających specyfikę rejonów lub też obszarów górniczych, metod umożliwiających wybór właściwego kształtu, wielkości przekroju poprzecznego, które zapewnią technologiczną stateczność i użyteczność wyrobisk w założonym czasie.

4. Uwagi końcowe

Przedstawione w sposób fragmentaryczny wyniki badań w zakresie określenia ilościowego i jakościowego zjawisk zachodzących w górotworze otaczającym wyrobiska korytarzowe, a znajdującym się w stanie równowagi dynamicznej stanowią pierwszy etap szeroko zakrojonych prac nad określeniem metod prognozowania ruchu skał do tych wyrobisk w odniesieniu do eksploatacji na dużych głębokościach.

Uzyskane dane uzupełnione dalszymi badaniami, a szczególnie określeniem wpływu podporności obudowy na przebieg procesów naprężeniowo defor-

macyjnych stanowić będą podstawę do opracowania metody projektowania środków i sposobów ochrony wyrobisk korytarzowych w aspekcie uzyskania optymalnych warunków ich utrzymania

LITERATURA

- [1] Borecki M., Chudek M. - "Mechanika Górnotworu". Wydawnictwo Śląsk Katowice 1972 r.
- [2] Chudek M. Świst E.: Calculation of Rock Pressures on Tunnel Support, Studia Geotechnika III-3121 Wrocław 1973 r.
- [3] Chudek M.: Obciążenie obudowy wyrobisk korytarzowych jako funkcje rodzaju skał oraz wymiarów i likwidacji wyrobiska. Rudy Żelaza nr 11-12 1963 r.
- [4] Cymbarewicz P.M.: Rudniczoje kreplenije. Moskwa 1951 r.
- [5] Filcek M.: Stan naprężenia i odkształcenia wokół wyrobiska chodnikowego jako frakcja czasu. Zeszyty Problemowe Górnictwa z.1 1963 r.
- [6] Sałustowicz A.: Mechanika Górnotworu, Wydawnictwo Górn.-Hutn. Stalino-gród 1955 r.
- [7] Sałustowicz A.: Ciśnienie górnotworu na obudowę wyrobisk jako funkcja czasu. Archiwum Górnictwa t.X. z 3 1965 r.
- [8] Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni: Podstawowe zasady współpracy obudowy z górnotworem przy określonych systemach ochrony wyrobisk. Gliwice 1974 r.
- [9] Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni: Badania dołowe w zakresie określania wpływu głębokości oraz czasu istnienia na ukształtowanie się przejawów ciśnienia górnotworu w otoczeniu wyrobisk przygotowawczych zlokalizowanych na dużych głębokościach. Gliwice 1975 r.
- [10] Zastawskij I.Z.: Raboty Don UGI w obłasti ochrony i prognozirowania projewlenij garnowo dawlenija w kapitalnych wyrobotkach głubokich szacht Donbasa. Sbornik turdow WNIMI, Leningrad 1971.
- [11] Halimowski M.W.: "W zaimodiejstwije sistemy kropporoda w sztriekach szacht wołynskowo miestoroždienija" Gornyj Żyrnał nr 11/1969.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДИРЕКТИВ СОТРУДНИЧЕСТВА
КРЕПЕЙ КОРИДОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ГОРНЫМИ ПОРОДАМИ
В УСЛОВИЯХ ГЛУБОКИХ ШАХТ

Р е з ю м е.

В статье помещается критический обзор существующих методов определения условий сотрудничества крепей коридорных выработок с горными породами, а также примеры новых исследований в этой области.

INVESTIGATIONS ON THE PROGNOSIS AND ASSESSMENT OF THE CONDITIONS OF COOPERATION BETWEEN ROADWAYS SUPPORT AND A ROCK-MASS

Summary

The paper contains critical remarks concerning the hitherto existing methods of determination of cooperation conditions between roadway's support and a rock-mass and some examples of new investigations in this field.