

Mirosław Chudek  
Andrzej Paoh

#### BADANIA NAD OKREŚLENIEM UDZIAŁU OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ W PROCESIE KIEROWANIA STROPEM

Streszczenie. W oparciu o przeprowadzone kompleksowe badania modelowe oraz szeroko zakrojoną akcją pomiarów i obserwacji dołowych podjęto próbę rozwiązania problemu aktywnego oddziaływania obudowy na środowisko skalne w rejonie przodka ścianowego. Ustalono zależności funkcyjne, jakie zachodzą pomiędzy podpornością obudowy a ciśnieniem eksploatacyjnym oraz wykazano, jak znaczny wpływ wywiera zmiana podporności na kształtowanie się rabowalności stropów trudno rabowalnych oraz warunki utrzymania wyrobisk ścianowych.

#### 1. Wprowadzenie

Zjawiska związane z zachowaniem się skał stropowych w czasie eksploatacji pokładów węgla oraz współzależna z nimi problematyka współpracy obudowy z górotworem jest w dotychczasowej literaturze stosunkowo szeroko rozpracowana. Jednakże systematyczne wprowadzenie do kopalń nowych rozwiązań konstrukcyjnych obudów ścianowych, a szczególnie obudów zmechanizowanych, charakteryzujących się coraz wyższymi parametrami wytrzymałościowymi i techniczno-ruchowymi, umożliwiającymi zwiększenie komfortu oraz bezpieczeństwa pracy wpłynęło w poważnej mierze na zmianę poglądów odnośnie możliwości prowadzenia eksploatacji zawałowej i roli obudowy w procesie tworzenia zawału.

W coraz szerszym zakresie prowadzona jest eksploatacja zawałowa pod stropami zbudowanymi z warstw zwięzłych, trudno rabowalnych, a więc w warunkach, w odniesieniu do których od niedawna uważano, że słuszne jest jedynie prowadzenie eksploatacji z zastosowaniem podsadzki hydraulicznej, częściowego zawału lub też zachodziła konieczność prowadzenia kontrolowanych załamania stropu przy użyciu materiału wybuchowego.

Istniejące bogate już doświadczenia dołowe w zakresie prowadzenia ścian zawałowych pod stropami trudno rabowalnymi przy zastosowaniu wysoko podporowych obudów zmechanizowanych, jak i brak jednoznacznych wytycznych doboru obudowy dla tych warunków sugerowały konieczność uzupełnienia badań i rozważań nad określeniem udziału obudowy w procesie kierowania stropami trudno rabowalnymi.

## 2. Analiza dotychczasowych poglądów na prace obudowy w wyrobisku ścianowym

Wieloletnie doświadczenia z zastosowaniem nowych typów obudowy wykazały, że najkorzystniejsze warunki współpracy z górotworem stwierdzono stosując hydrauliczne systemy rozpierania i pracy stojaków wykorzystane w rozwiązaniach obudów zmechanizowanych. Konstrukcje te umożliwiają aktywne równomierne oddziaływanie stojaków na ośią powierzchnię stropu w wyrobisku ścianowym oraz utrzymanie stałej wartości oddziaływania na długości ściany niezależnie od obniżenia się stropu, dzięki czemu stworzone zostają korzystne warunki utrzymania wyrobiska, co objawia się w postaci zmniejszonej konwergencji oraz maksymalnego wyhamowania procesu rozluźnienia warstw stropu bezpośredniego.

Uwzględniając ponadto wysokie walory techniczno-ruchowe obudowy zmechanizowanej jak: możliwość prowadzenia pełnej mechanizacji i automatyzacji procesów urabiania calizny węglowej, przesuwania obudowy i podszadzenia wybranego, można stwierdzić, że obudowy te oraz szerzej są stosowane; prowadzone w oparciu o bezpośrednie obserwacje dołowe i badania laboratoryjne prace modernizacyjne upoważniają do wysunięcia wniosku, że obudowa zmechanizowana stanowi obudowę przyszłościową wyrobisk eksploatacyjnych.

Uzyskanie planowanych wysokich efektów ekonomicznych ze ścian uzbrojonych w obudowę zmechanizowaną, a tym samym pełne wykorzystanie jej zalet, uzależnione jest w głównej mierze od przeprowadzonej oceny ośiąkształtu stosunków górniozo-geologicznych rejonu lokalizacji obudowy oraz właściwego doboru typu obudowy, która nawiąże współpracę z otaczającym górotworem. Dotychczasowe badania i doświadczenia przeprowadzone z szeregiem rozwiązań obudowy zmechanizowanej pozwoliły na sformułowanie podstawowych warunków jej współpracy z górotworem naruszonym robotami górniczymi.

W zagadnieniach tych na szczególną uwagę zasługują prowadzone systematycznie badania w ramach prac Głównego Instytutu Górniczego, a szczególnie prace M. Boreckiego [2] określające podstawowe przesłanki współpracy zmechanizowanej obudowy ścianowej z górotworem oraz prace A. Billńskiego [1] i W. Konopki [4], w których przedstawiono kryteria doboru obudowy ścianowej z szerokim uwzględnieniem czynników naturalnych i ruchomych. W wymienionych pracach, jak i poglądach badaczy innych krajów, obudowa traktowana jest jedynie jako zabezpieczenie wyrobiska ścianowego przed zaoiskaniem oraz opadem skał stropowych.

Nie ustosunkowano się dotychczas w pełni do związków, jakie zachodzą pomiędzy podpornością obudowy a przebiegiem zjawisk zachodzących w górotworze otaczającym wyrobisko ścianowe, a w szczególności nad określeniem wpływu podporności na przebieg ciśnień eksploatacyjnych, czyli nad określeniem roli obudowy w procesie kierowania stropem.

Zagadnienia te nabierają szczególnego znaczenia w odniesieniu do ścian prowadzonych pod stropami trudno rabowanymi, jak i w pokładach skłonnych

do tępaków, gdzie przejawy oisnienia górotworu objawiają się ze szczególnym nasileniem, natomiast zastosowanie odpowiednio dobranej obudowy umożliwiłoby prowadzenie kontrolowanych załamów zwięzłej ławy stropu, wywierając tym samym poważny wpływ na utrzymanie oisnień przed czołem ściany w granicach wartości optymalnych.

### 3. Propozycja nowej interpretacji roli obudowy w wyrobisku ścianowym

Dążąc do określenia roli obudowy w wyrobisku ścianowym, a szczególnie jej wpływu na przebieg zjawisk zachodzących w otaczającym górotworze, w odniesieniu do eksploatacji zawałowej prowadzonej pod stropami zwięzłymi (trudno rabowalnymi), przyjęto za podstawę rozważań główne założenia "teorii fali oisnień", w myśl których wysunięta hipoteza badań wydaje się najbardziej słuszną.

Tak więc zwięzłą ławę stropu bezpośredniego traktuje się jako belkę spoczywającą na sprężystym podłożu, którego elementami są całzina eksploataowanego pokładu oraz zainstalowana obudowa w przedziale roboczym. Pod wpływem wywieranego oisnienia naturalnego, wynikającego z ciężaru nadkładu, belka zostaje ugięta, a wystający wspornik podparty obudową wywiera dodatkowy nacisk na pokład [6, 7].

Wartość oisnień pionowych w całzynie pokładu i warstwach stropu bezpośredniego określić można ze wzoru:

$$\sigma_z \max = - P_z \left( 1 + \frac{\pi l}{L} \right)^2 \quad (1)$$

Jak wynika z powyższego wzoru i rozważań teoretycznych wielkość oisnień eksploatacyjnych zależna jest oprócz oisnienia  $p_z$  od wielkości "l" (rys. 1) czyli długości wspornika utworzonego w przypadku trudno rabowalnych warstw, przez strop bezpośredni i "L" długości fali wzmożonych oisnień. Ponieważ długość fali "L" stanowi wielkość zależną od oporu podłoża, stąd też uzależniona być musi od podporności obudowy będącej również jednym z elementów podłoża.

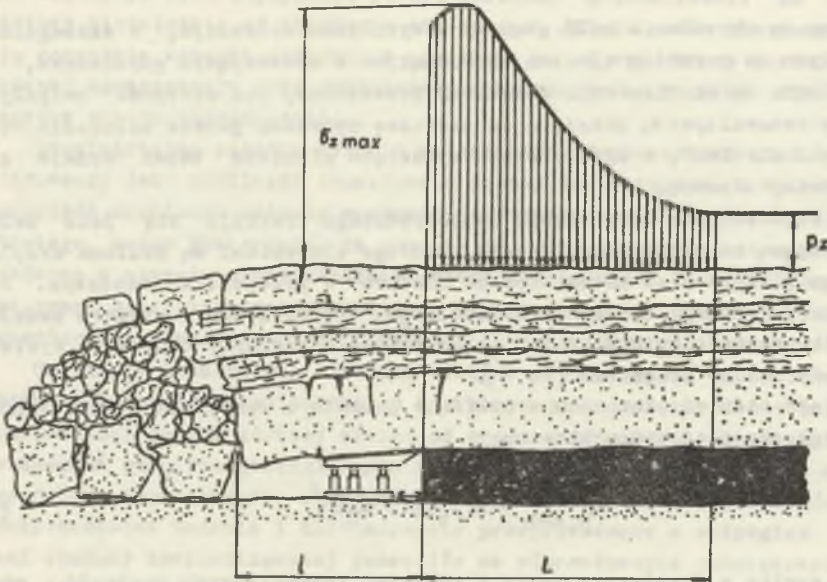
Podobnie i długość wspornika stropowego "l" zależy, obok fizykomechanicznych własności skał i grubości warstwy, od wielkości reakcji obudowy.

Przedstawione w sposób stosunkowo pobieżny rozważania, jak i oraz liczniejsze udane próby kierowania stropami trudno rabowalnymi z zastosowaniem zawału wywołanego przy użyciu odpowiednio silnej obudowy upoważniły do wysunięcia następującej tezy:

Celem prowadzonych kontrolowanych załamów zwięzłych warstw stropowych jest odebranie im zdolności do gromadzenia dużych naprężeń, a tym samym zmniejszenie nacisku na całzinę pokładu. Tak więc o ile w określonych warunkach górniczo-geologicznych proces ten zostaje spowodowany poprzez zastosowanie obudowy o odpowiednio dobranej podporności, zachodzi zależność



funkcyjna pomiędzy podpornością obudowy a przebiegiem naprężeń i deformacji charakteryzujących otoczenie wyrobiska ścianowego. Określenie niniejszej zależności ma szczególne znaczenie dla praktyki górniczej, stanowiąc podstawę nowego poglądu na rolę obudowy w wyrobisku ścianowym, jako czynnika wpływającego na kształtowanie warunków wybierania i utrzymania wyrobiska.



Rys. 1. Ugięcie stropu nad przedziałem roboczym oraz rozkład ciśnienia eksploatacyjnego

#### 4. Badania nad ustaleniem zależności pomiędzy podpornością obudowy zmechanizowanej a ciśnieniem eksploatacyjnym

Śledzenie procesu deformacji wewnątrz górotworu w warunkach naturalnych jest bardzo utrudnione, a czasami wręcz niemożliwe. Podobnie prowadzenie kontroli przebiegów naprężeń z jednoczesną rejestracją ze względu na brak odpowiedniej aparatury w obecnym stanie techniki jest niemożliwe. Dlatego też badania w przedmiotowym zakresie umożliwiające ilościową ocenę parametrów przeprowadzono przy wykorzystaniu zasad podobieństwa modelowego, tak w odniesieniu do otaczającego wyrobisko ścianowe górotworu, jak i zmechanizowanej obudowy ścianowej.

Wyniki badań modelowych skonfrontowano z wynikami obserwacji dołowych, prowadzonych w rejonie, z którego zaozerpnięto profil geologiczny modelo-

wanego górotworu oraz rejonu, gdzie warunki stropowe odpowiadały ujętym w temacie, co stanowiło podstawę do wysunięcia wskazówek i uwag dla praktyki górniczej.

#### 4.1. Wyniki badań modelowych

Analizując znane sposoby modelowania górotworu jak i zjawisk w nim zachodzących stwierdzono, że najodpowiedniejszym sposobem w odniesieniu do niniejszego tematu jest modelowanie środowiska skalnego z zastosowaniem materiałów ekwiwalentnych o spoiwie parafinowym, z zachowaniem właściwego podobieństwa geometrycznego i mechanicznego modelu.

Celem przeprowadzenia odpowiedniej interpretacji uzyskanych wyników badań modelowych i uogólnienia ich w odniesieniu do warunków naturalnych, profil litologiczny modelowego wycinka górotworu zaczerpnięty został z natury (północno-zachodniej - skrzydło niecki bytomskiej I) przedstawiając obraz typowych skał karbońskich, rejonu gdzie stropy pokładów tworzą ławy skał zwięzłych (piaskowce i łupki piaszczyste). Również skonstruowany dla celów mniejszych badań model zmechanizowanej obudowy ścianowej odpowiadał w pełni stawianym wymaganiom podstawowych zasad prawidłowej współpracy zmechanizowanej obudowy ścianowej z górotworem, odzwierciedlając jednocześnie charakter pracy jak i główne cechy konstrukcyjne zestawu rzeczywistego obudowy ścianowej o charakterze podporowym.

W trakcie prowadzonych badań prowadzono pomiary przemieszczeń punktów zastabilizowanych w modelu przy zastosowaniu osujników oporowych oraz kontrolę stanu naprężeń przy zastosowaniu układów osujników tensometrycznych zabudowanych w modelach. Ze względu na dużą ilość parametrów zmiennych oraz możliwie najdokładniejsze zaobserwowanie i ujęcie wpływu zmian podporności obudowy na przebieg zachodzących zjawisk konieczne było przeprowadzenie całego cyklu badań w kilku wariantach, przy zachowaniu stałych parametrów górniczo-geologicznych, zmieniając jedynie podporność zmechanizowanej obudowy ścianowej. I tak w badaniach dla wariantu pierwszego obudowie nadano podporność  $270 \text{ kN/m}^2$ , dla wariantu drugiego  $540 \text{ kN/m}^2$ , natomiast w wariantcie trzecim  $1100 \text{ kN/m}^2$ .

Wyniki pomiarów i obserwacji w poszczególnych wariantach badań przedstawiały się następująco:

##### Wariant 1

W trakcie badań wstępnych stwierdzono, że w prowadzonej wyliczonej pokładzie wyróżnić można dwie odrębne fazy, w których proces nasilenia zachodzących zjawisk wokół modelowego wyrobiska ścianowego znacznie się różni.

Faza pierwsza rozpoczyna się z chwilą wykonania przecinki ścianowej i uzbrojenia jej w obudowę zmechanizowaną, co spowodowało naruszenie stanu równowagi w otaczającym górotworze, wzrost naprężeń na ośiach oraz zaciskanie wyrobiska. Następstwem zwiększania się wybranej przestrzeni jest systematyczny wzrost naprężeń przed ośmiem ściany i tak po uzyskaniu wy-

biegu około 30 cm (dla skali modelowania 1 : 50) - co odpowiada w naturze 15 m - naprężenia w pokładzie osiągają średnio około  $3,5 P_z$ ; obserwuje się również wzmoczenie zaciskania wyrobiska oraz rozwarstwienie stropu.



Rys. 2. Faza rozruchu ściany, widoczne silne zaciskanie wyrobiska (warziant 1)

W wyniku dalszego postępu ściany obserwowano ciągły wzrost naprężeń przed ozołem ściany; maksimum zostaje osiągnięte przy wybiegu w przedziale (70-100 cm) i wynosi średnio około  $4,5-5 P_z$ .

Wzrostowi naprężeń towarzyszy zwiększone zaciskanie wyrobiska na skutek wydłużenia się wspornika zwisającego ponad jak i poza obudową, w stropie bezpośrednim zarysowują się wyraźnie szczeliny poprzeczne do uwarstwienia tuż nad odciosem ściany (rys. 2) lub też następuje gwałtowne załamanie się warstw stropowych (rys. 3).



Rys. 3. Faza rozruchu ściany, gwałtowne załamanie się warstw stropowych (warziant 1)

W miarę dalszego postępu ściany obserwowano silnie postępujący proces spękań warstw stropowych i tworzenia się pełnego zawału sięgający wysokości około 15-20 cm (rys. 4).



Tak więc po uzyskaniu ścianań wybiegu od 80 do około 100 om, czyli 40-55 m, w warunkach naturalnych zostaje osiągnięty pierwszy pełny zawał.



Rys. 4. Widoczne załamanie się wspornika za przedziałem roboczym i silne spękanie stropu - tworzenia się pełnego zawału (warian 1)

W wyniku prowadzonej dalszej wybierki obserwowano zwiększenie zasięgu strefy spękań warstw stropowych do około 20-25 om oraz spadek naprężeń w pokładzie i stropie bezpośrednim; maksimum przemieszczającej się fali ciśnień w ogólnym zarysie zdążyło asymptotycznie do wartości średniej - równej około  $3,6 P_z$ .

Opisany etap modelowej wybierki pokładu nazwany fazą rozruchu ściany cechował się nieregularnym przebiegiem procesu zaciskania wyrobiska i kształtowaniem się fali ciśnień eksploatacyjnych.

Stabilizacja przemieszczającej się przed postępującym frontem wybierki fali ciśnień eksploatacyjnych następowała po osiągnięciu około 100-120om, tj przy wybiegu ścianań w warunkach naturalnych równym 50-60 m. Od tego momentu następowała kolejna faza wybierania tzw. normalnego biegu ścianań, charakteryzująca się (mniej lub bardziej) regularnym przebiegiem podsadzania - tworzenia zawału (rys. 5 i 6); przebieg zaciskania wyrobiska nie objawiał się również w sposób tak gwałtowny i nieregularny, jak to miało miejsce w fazie rozruchu ścianań.

Średnia wartość maksimum przemieszczającej się fali ciśnień eksploatacyjnych w fazie normalnego biegu ścianań wynosiła około  $3,6 P_z$ . Średnie wartości naprężeń pionowych przed czołem ścianań dla poszczególnych etapów wybierania przedstawiono na rys. 7.

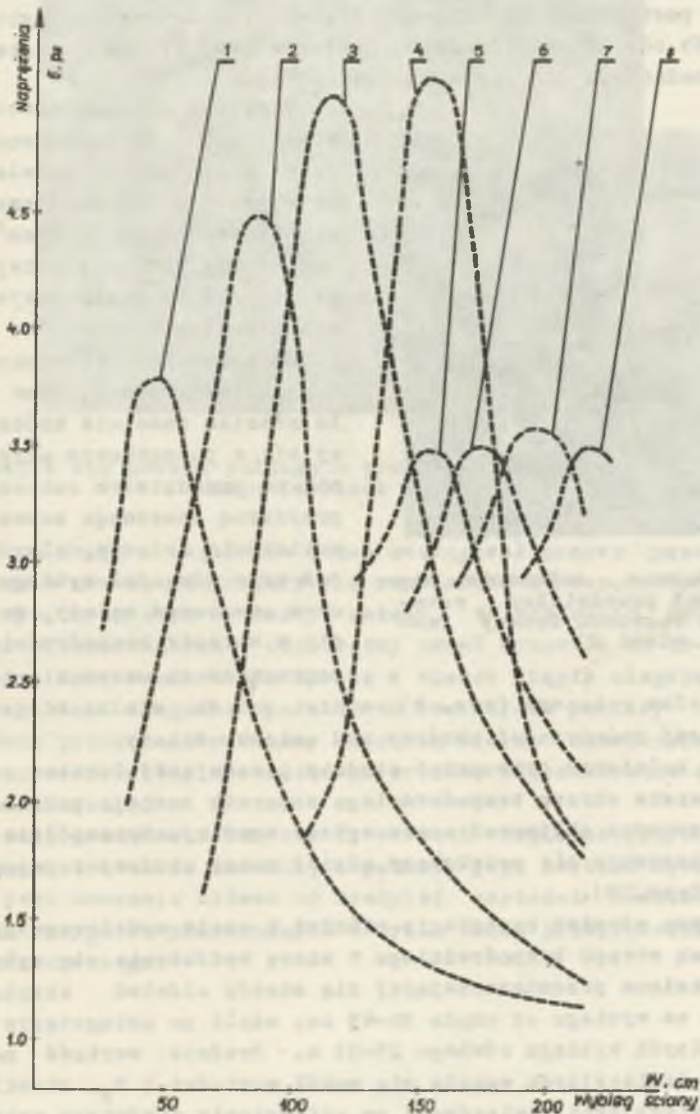


Rys. 5. Regularne przechodzenie skał stropowych w zawał (wariant 1)



Rys. 6. Przebieg blokowego załamania się skał stropowych - zawał nieregularny (wariant 1)





Rys. 7. Rozkłady ośniew pionowych w warstwach stropu bezpośredniego i ośniew pokładu przed ozołem ściany wyznaczone w oparciu o średnie wyniki badań według wariantu 1

Wariant 2

Podporność robozoa zastosowanej do zabezpieczenia przedziału roboczego modelowego wyrobiska ścianowego obudowy zmechanizowanej została podwojona w stosunku do podporności zastosowanej w badaniach według wariantu I i wynosiła około  $0,672 \text{ N/cm}^2$  stropu, co odpowiada rzeczywistej podporności równej  $54 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ . Pozostałe parametry charakterystyczne prowadzonych badań jak: postęp modelowy ściany, grubość eksploatacyjna wybieranej warstwy, sposób zdejmowania i zapisu pomiarów oraz wybieg pozostały identycznie jak w badaniach dla wariantu 1.



Rys. 8. Widoczne załamanie się wspornika nad przedziałem roboczym, okres rozruchu ściany (wariant 2)

nad przedziałem roboczym (rys. 8), a nie jak to miało miejsce na ogół przy mniejszej podporności obudowy nad odcosem ściany.

W wyniku kolejnych przesunięć obudowy powodującej lokalne odprężenia i sprężenia warstw stropu bezpośredniego wspornik zostaje pokruszony, proces spękań zaczyna obejmować oraz wyższe warstwy. Szczególnie w tej fazie badań obserwuje się zwiększony udział pracy obudowy w procesie tworzenia nawału (rys. 9).

Obserwowano również narastanie ciśnień w ozole modelowego przodka, jak i w warstwach stropu bezpośredniego w miarę wydłużania się wybranej przestrzeni. Maksimum przemieszczającej się strefy ciśnień eksploatacyjnych stwierdzono na wybiegu od około 50–65 cm, czyli po osiągnięciu w warunkach naturalnych wybiegu równego 25–33 m. Średnia wartość maksymalnych ciśnień eksploatacyjnych wahała się wokół wartości  $2 P_z$ . Stabilizację ciśnień eksploatacyjnych stwierdzono po osiągnięciu średniego wybiegu około 90 cm, to jest po wybraniu pola, którego długość w warunkach naturalnych wynosi około 45 m; rozpoczęła się kolejna faza wybierania – normalnego

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zachodzące zjawiska wokół prowadzonej modelowej ściany uzbrojonej w obudowę zmechanizowaną o podporności  $0,672 \text{ N/cm}^2$  charakteryzowały się znacznie mniejszym nasileniem niż to miało miejsce w badaniach według wariantu 1. Wyróżniono tutaj także fazę rozruchu ściany jak i normalnego biegu. Faza rozruchu była również znacznie krótsza; tworzący się w początkowym okresie wspornik za przedziałem roboczym, będący przyczyną znacznego zsuwu stojaków i zaciskania ociosów, ulega spękaniu już przy długości wybiegu 35 cm, przy czym zaznaczyć należy, że tworzące się w stropie bezpośrednim szczeliny poprzeczne do uwarstwienia powstają

biegu śoiany, charakteryzująca się stosunkowo wysoką stabilizacją zachodzących procesów, tak przechodzenia skał stropowych w zawał, jak i przemieszczenie się strefy ciśnień eksploatacyjnych.



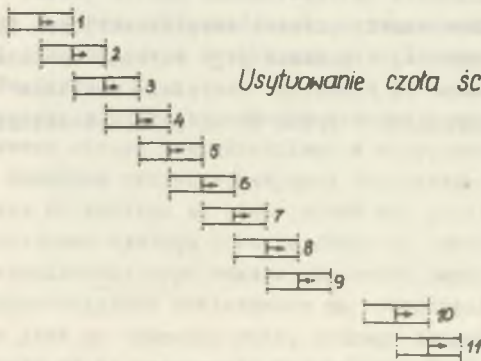
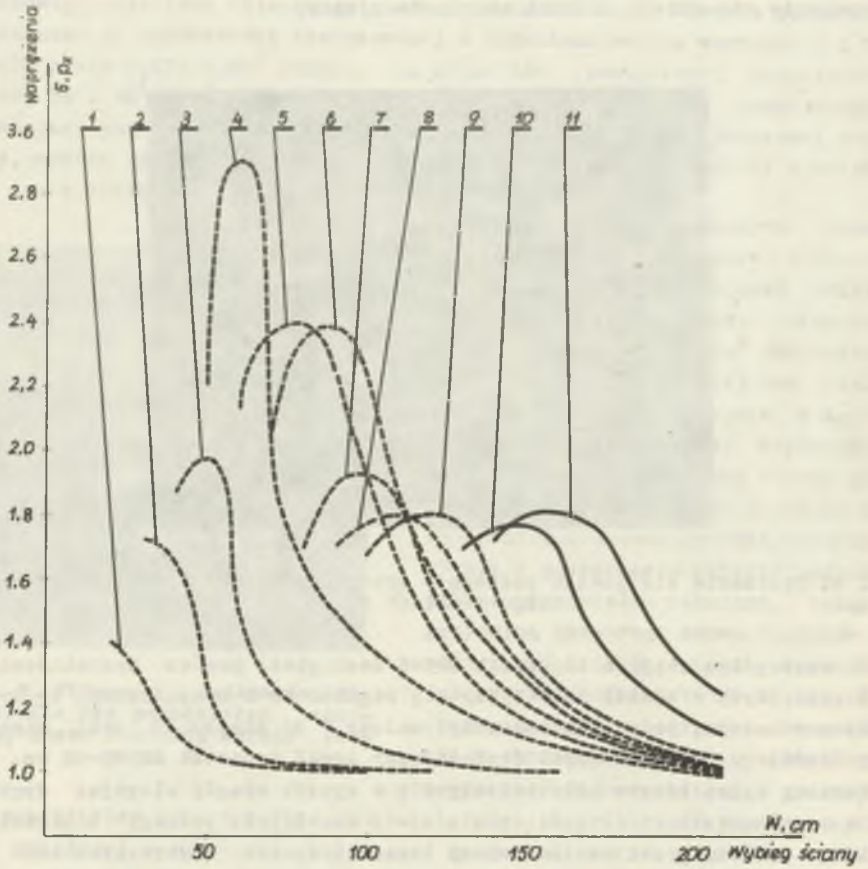
Rys. 9. Tworzenie się zawału pełnego - przejście śoiany w fazę normalnego biegu (wariant 2)

Na szczególną uwagę w tej fazie badań zasługiwał proces przechodzenia skał stropowych w zawał, odbywający się regularnie i bezpośrednio za przedziałem roboczym, przy czym zaznaczyć należy, że miąższość skał stropu bezpośredniego przechodzących w chaotyczny zawał wynosiła od 10-12 om.

Warstwy wyżej leżące odkształcały się w sposób ciągły ulegając spękanii w regularne bloki długości około 12-15 om. Zdjęte pomiary naprężeń w oaliźnie pokładu przed ozołem śoiany stanowią wierne odzwierciedlenie i potwierdzenie prawidłowości zachodzącego procesu odkształcania się warstw stropowych nad wybranym.

Przemieszczające się maksimum strefy ciśnień eksploatacyjnych (rys.10) również wykazuje niewielkie wahania, a ponadto jego wartość średnia równa około  $1,8 P_z$  jest znacznie niższa od średniej wartości maksimum strefy ciśnień eksploatacyjnych pomierzonych w cyklu badań przeprowadzonych według wariantu pierwszego.

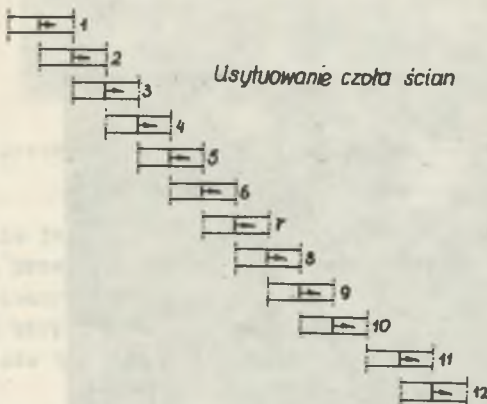
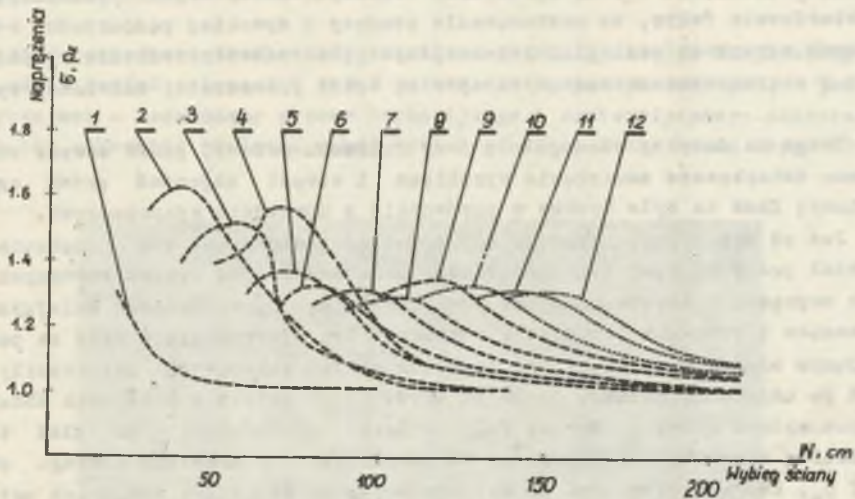




Rys. 10. Rozkład ciśnień eksploatacyjnych, wyznaczony w oparciu o średnie wyniki badań według wariantu 2

Wariant 3

Badania przeprowadzono przy identycznych założeniach jak dla dwóch uprzednio omówionych wariantów zmieniając jedynie parametr podstawowy badań – podporność zmechanizowanej obudowy modelowej, która w tych badaniach wynosiła około  $1,35 \text{ N/cm}^2$  stropu, odpowiadając rzeczywistej podporności obudowy w warunkach naturalnych około  $110 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ .



Rys. 11. Rozkład oisnień eksploatacyjnych wyznaczonych w oparciu o średnie wyniki badań według wariantu 3

Przyjęta wartość podporności roboczej jest stosunkowo wysoka; legitymują się nią z reguły obudowy typu kasztowego przeznaczone do pracy w stosunkowo ciężkich warunkach górniczo-geologicznych, gdzie spodziewać się należy znacznych obciążeń, a szczególnie tam, gdzie udział obudowy w łamaniu zwięzłych warstw stropowych jest pożądanym.

Średnie wyniki pomiarów naprężeń ( $\sigma_x$ ) przed czołem ściany przedstawia rys. 11.

Średnie wyniki pomiarów, poparte zebranymi obserwacjami pozwalają na stwierdzenie faktu, że zastosowanie obudowy o wysokiej podporności w założonych warunkach geologicznych znajduje pełne odzwierciedlenie w nasileniu i charakterze zachodzących zjawisk wokół prowadzonej modelowej wybierki.

Uwaga ta dotyczy szczególnie fazy rozruchu ściany, gdzie zawsze stwierdzono umiarkowane zaciskanie wyrobiska i wzrost naprężeń przed czołem ściany; faza ta była krótka w porównaniu z uprzednio wyznaczonymi.

Już od momentu rozruchu ściany wyjątkowo dobrze dał się zaobserwować udział pracy obudowy w procesie tworzenia zawału. Na skutek znacznych różnic naprężeń w warstwach stropu bezpośredniego spowodowanych kolejnym rabowaniem i rozpieraniem sekoji w trakcie ich przesuwania w ślad za postępującym czołem przodka, silne spękania warstw stropowych uwidoczniły się już po uzyskaniu wybiegu 20–30 cm (rys. 12) i objęły w kolejnych zbiorach coraz wyższe warstwy. Wzrost fali ciśnienia eksploatacyjnych miał także przebieg stosunkowo równomierny aż do osiągnięcia maksimum równego około  $1,7 p_E$ , które stwierdzono na wybiegu około 40 cm, tj. w warunkach naturalnych (20 cm).



Rys. 12. Tworzenia się pełnego zawału - faza rozruchu ściany (wariant 3)

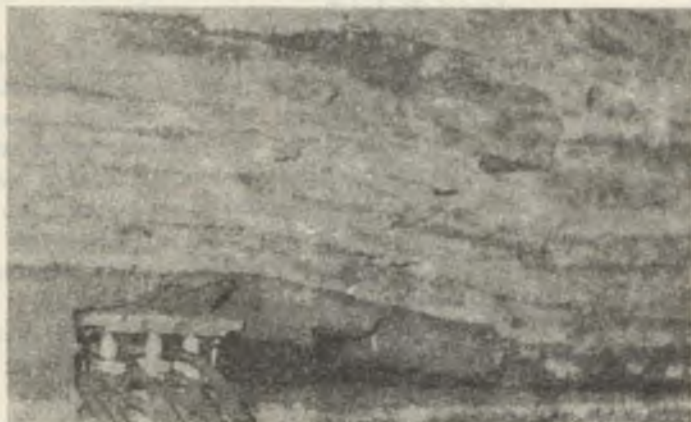


W trakcie dalszego postępu ścian następowало regularne przechodzenie warstw stropowych w zawał, oraz rejestrowano spadek naprężeń w oalźnie pokładu.

Maksimum przemieszczającej się strefy ciśnień zdążyło asymptotycznie do wartości średniej równej około  $1,3 P_z$ .

Początek fazy normalnego biegu ściany czyli całkowitą stabilizację przemieszczającej się strefy ciśnień eksploatacyjnych stwierdzono po osiągnięciu wybiegu około 60 m czyli wybiegu równego 30 m w warunkach naturalnych.

Zastosowany zwrot "oalkowitej stabilizacji" fali ciśnień eksploatacyjnych użyty został celowo i w pełni potwierdza danymi pomiarowymi, jak i obserwacjami - zachodzący proces harmonijnego i systematycznego odkształcania się otoczenia skalnego wokół wybranego w tej fazie badań (rys. 13).



Rys. 13. Przebieg regularnego zawału - faza normalnego biegu ściany (wariant 3)

Podobnie jak w opisanych uprzednio dwóch wariantach badań, tak i w niniejszym, przechodzenie skał stropu bezpośredniego w zawał miało przebieg nieco odmienny.

Zasięg strefy chaotycznego zawału był wyjątkowo mały, osiągnął swe maksimum około 10-15 cm w chwili wywołania pierwszego zawału na wybiegu 30 cm.

W zawał chaotyczny przechodzi warstwa stropu bezpośredniego ulegająca silnemu spękaniu na skutek wywierania nań przez obudowę zmiennych nacisków znacznej wartości. Kolejne przesunięcia obudowy powodowały wypadanie ze stropu stosunkowo krótkich bloków (zmiennej długości) 4-8 cm. Odkształcenie się stropu w sposób ciągły stwierdzono już na wysokości od 8-10 cm ponad wybranym polem, gdzie warstwy ulegały spękaniu w bloki długości 8-12 cm.

#### 4.2. Wyniki prowadzonych obserwacji dołowych

Wyniki prowadzonych obserwacji dołowych ograniczono do przedstawienia dwóch z licznie udanych prób prowadzenia ścian zawałowych uzbrojonych w obudowę zmechanizowaną pod stropami trudno rabowalnymi: ściana VII-302/82 KWK "Bolesław Śmiały" ściana 002 KWK "Rokitnica".

Przykłady wskazują, w jakim stopniu zastosowanie obudowy zmechanizowanej nawiązującej współpracę z górotworem natychmiast po jej rozparciu i oddziaływującej stosunkowo dużą podpornością, umożliwia zwiększenie zakresu stosowania, sposobu kierowania stropem, przy zastosowaniu zawału w stosunku do stropów zbudowanych z warstw związanych.

#### Ściana VII-302/82

Pokład 318 w rejonie lokalizacji ściany VII-302/82 zalega na średniej głębokości 300 m, o rozciągłości z południowego wschodu na północny zachód przy niewielkim upadzie w kierunku południowo-wschodnim wynoszącym od 2° do 4°.

Spąg i strop pokładu tworzą łupki i piaskowce (te drugie w omawianym rejonie cechują się stałą miąższością). Łupek zalegający w stropie w omawianym rejonie ulega wyklinowaniu, tak więc strop pokładu tworzy ława piaskowca miąższości około 23 m. W pokładzie 318 kopalnia prowadziła eksploatację systemem ścianowym, przy czym grubość eksploatacyjna pokładu wahała się od 1,4-1,6 m. Ściany prowadzono z zawałem częściowym lub pełnym. Liczne próby prowadzenia eksploatacji systemem ścian zawałowych następczały kopalni poważne trudności, występowały często zawały w ścianach sięgające ozoła przodka. Bezpośrednią przyczyną tych niekorzystnych zjawisk była mała grubość warstwy łupku zalegającego w stropie bezpośrednim, jak i mały zasięg opadającego, bądź zestrzeliwanego piaskowca. W tych warunkach ponad strefą zawału zwisiała półka skalna (piaskowca) oparta jednostronnie na oalźnie węglowej (ze względu na stosunkowo niską podporność i duży esuw oiernej obudowy ścianowej).

W miarę postępu frontu ścianowego szerokość półki wzrastała powodując ciągły wzrost naprężeń w oalźnie pokładu i warstwach stropu bezpośredniego. Po przekroczeniu wytrzymałości skał tworzących ową półkę, następowało gwałtowne załamanie się warstw stropowych, bezpośrednio nad ozołem przodka lub w jego pobliżu, powodując tym samym zawał ściany. Z tych to względów dalsze ściany w pokładzie 318 prowadzono z zastosowaniem zawału częściowego. Biorąc pod uwagę fakt znacznego zmniejszenia wydajności przez prowadzenie w ścianie pasów podsadzkowych (duża pracochłonność i znaczne liczebne zwiększenie załogi ścianowej) w opisanym rejonie pokładu 318 zdecydowano o przeprowadzeniu eksperymentu, uruchamiając ścianę zawałową długości 225 m - ściana VII-302/82 przy zastosowaniu obudowy OSM-1BS (rys. 14).





Jak wykazała praktyka, zastosowanie obudowy hydraulicznej - zmechanizowanej nawiązującej współpracę z górotworem natychmiast po jej rozparciu jak i umożliwiającej uzyskiwanie wysokich postępów dobowych (około 2,5 m) stworzyło korzystne warunki; pierwszy zawał uzyskano po osiągnięciu ścianą wybiegu 20 m.

Prowadzone dalsze obserwacje postępującego zawału wykazały, że po osiągnięciu wybiegu 30-35 m spękanie warstw stropowych sięgało do 9 m, czyli głęboko w zalegającą w stropie ławę piaskowca.

Całkowitą stabilizację maksimum przemieszczającej się strefy zwiększonych naprężeń pionowych stwierdzono pomiarami zaciskania wyrobisk (ścianowego i obodników przyścianowych) po osiągnięciu wybiegu około 45 m.

### Ściana 002

Pokład 510 w rejonie lokalizacji ściany 002 oddziału KG-10 kopalni "Rokitnia" zalega na głębokości o około 800 m, w północno-zachodnim skrzydle niecki bytomskiej. Grubość pokładu jest zmienna od 3,3-4,0 m, nachylenie od  $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}$ . Strop pokładu tworzą warstwy łupku ilastego, piaskowatego, piaskowca średnio- i gruboziarniste przechodzące w zlepienie. Spąg pokładu tworzą warstwy łupków piaskowatych, piaskowca drobnoziarniste o spoiwie krzemionkowo-żelazistym.

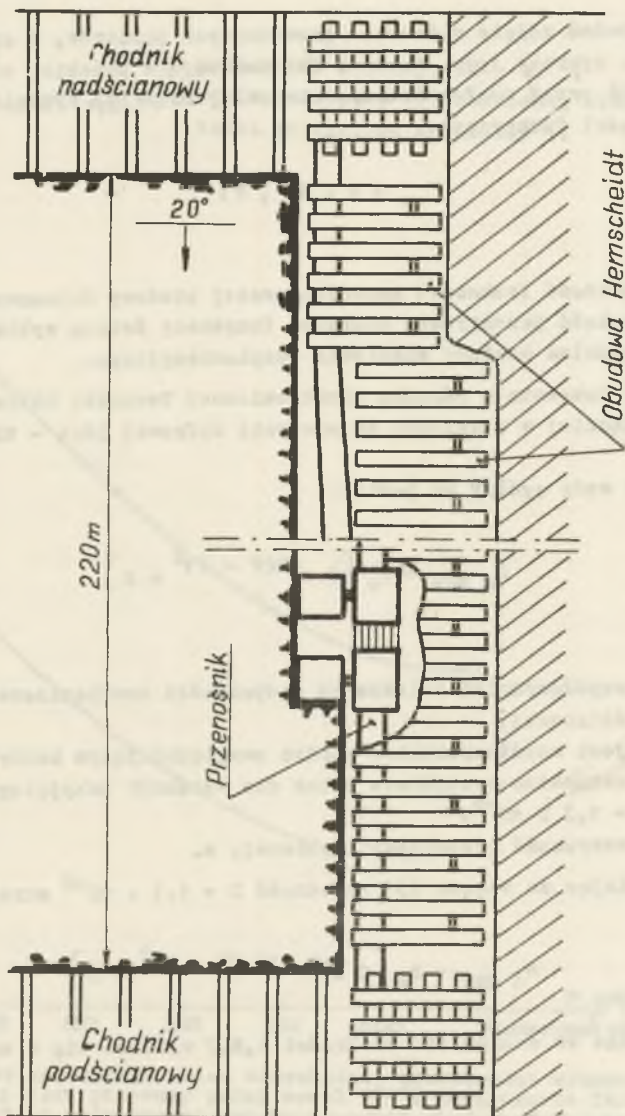
Ściana 002 prowadzona była systemem podłużnym od granic z zastosowaniem zawału stropu, jej długość wynosiła 220 m przy miąższości eksploatacyjnej pokładu 3,4 m.

Urabianie pokładu i odstawa dokonywane były maszynowo.

Zabezpieczenie ściany prowadzone było przy zastosowaniu zmechanizowanej obudowy ścianowej typu "HEMSCHIEDT" (rys. 15).

Zastosowanie wysokopodporowej obudowy zmechanizowanej - około  $500 \text{ KN/m}^2$  - pozwoliło na uzyskanie dogodnych warunków urabiania i utrzymania wyrobiska. Pierwszy zawał uzyskano po osiągnięciu ścianą wybiegu 23 m (co w pełni pokrywa się z danymi, wynikami badań modelowych), natomiast pełny zawał i przejście ściany w fazę normalnego biegu nastąpiło po osiągnięciu wybiegu 40 m, przy którym nastąpiło głębokie rozcięcie warstw stropowych i rozpoczęcie przejmowania przez zawał nacisków odkształcających w sposób ciągły wyżej zalegających warstw stropowych.

Duża zbieżność przedstawionych wielkości z danymi z badań modelowych wobec faktu przyjęcia do przeprowadzonych badań modelowych profilu geologicznego z rejonu niecki bytomskiej - potwierdza prawidłowość przeprowadzonych badań i słuszność przyjętego toku rozważań.



Rys. 15. Plan sytuacyjny ściany 002

### 5. Analizyzyzne ujęcie wyników badań oraz wytyozne dla praktyki górniozei

Wyniki badań zdyęte w trakioie prowadzonych pomiarów, w oparciu o które sporządzono wykresy (rys. 7, 10 i 11) obrazujące przebieg stref zwiększonych oisnień przed czołem łoiiany, stanowiły materiał wyjłoiowy do okrełlenia zaleźnołi funkoynej:

$$\sigma = f(P, W) \quad (2)$$

gdzie:

- P - podpornoł (robooz) zmechanizowanej obudowy łoiianowej,
- W - szerokoł przestrzeni wybranej (uzyskany łoiianą wybieg),
- $\sigma$  - maksymalna wartoł oisnienia eksploataoyjnego.

Obliozeń dokonano w Ołrodku Elektryznoeznej Techniki Obliozeniowej Politechniki łlaskiej w Gliwioach na maszynie oyfrowej Odra - 1204 metodą regresji.

Uzyskany wzór ogólny ma postał:

$$\sigma_{z \max} = P_z [C e^{-D(W-A)^2} + B] \quad (3)$$

gdzie:

- A, B, C - współozynniki zaleźne od podpornołi zmechanizowanej obudowy łoiianowej,
- D - jest współozynnikiem stałym uwzględniającym konkretne warunki naturalno-teohniozne i tak dla warunków przyjętego profilu  $D = 1,3 \cdot 10^{-2}$ ,
- W - szerokoł przestrzeni wybranej, m.

Uwzględniając we wzorze (3) zaleźnoł  $D = 1,3 \cdot 10^{-2}$  otrzymano

$$\sigma_{z \max} = P_z [C e^{-0,013(W-A)^2} + B] \quad (4)$$

Występujące we wzorze (4) wielkołi A, B, C wylioza się w zaleźnołi (5, 6, 7)

$$A = a_1 P^2 + b_1 P + o_1 \quad (5)$$

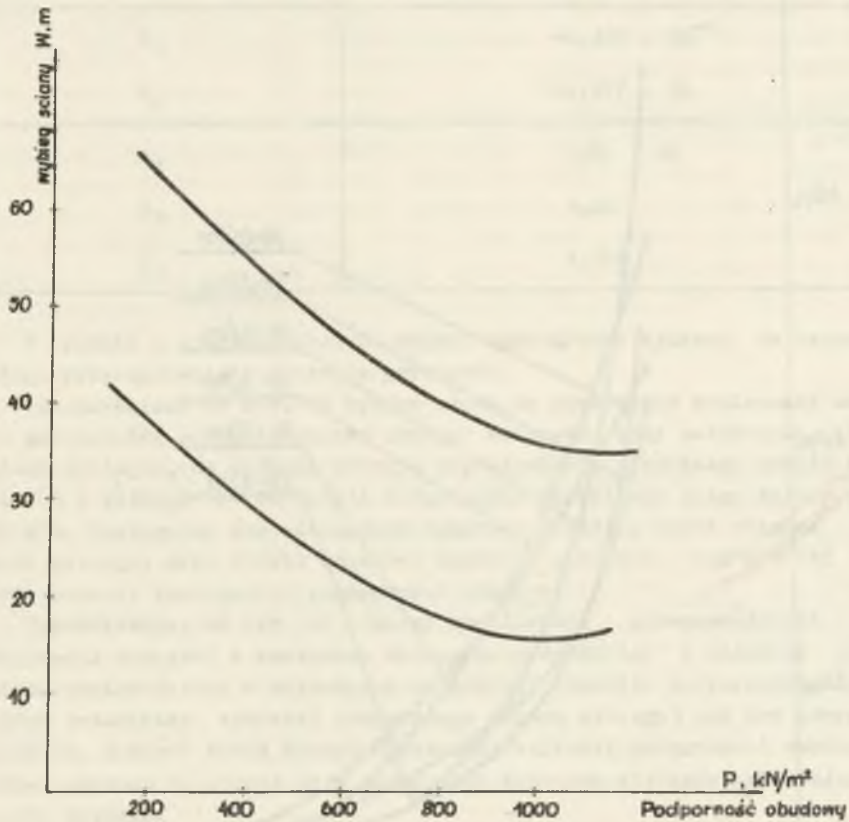
$$B = [a_2 (P + b_2)^{-1}]^2 + o_2 \quad (6)$$

$$C = a_3 P + o_3 \quad (7)$$

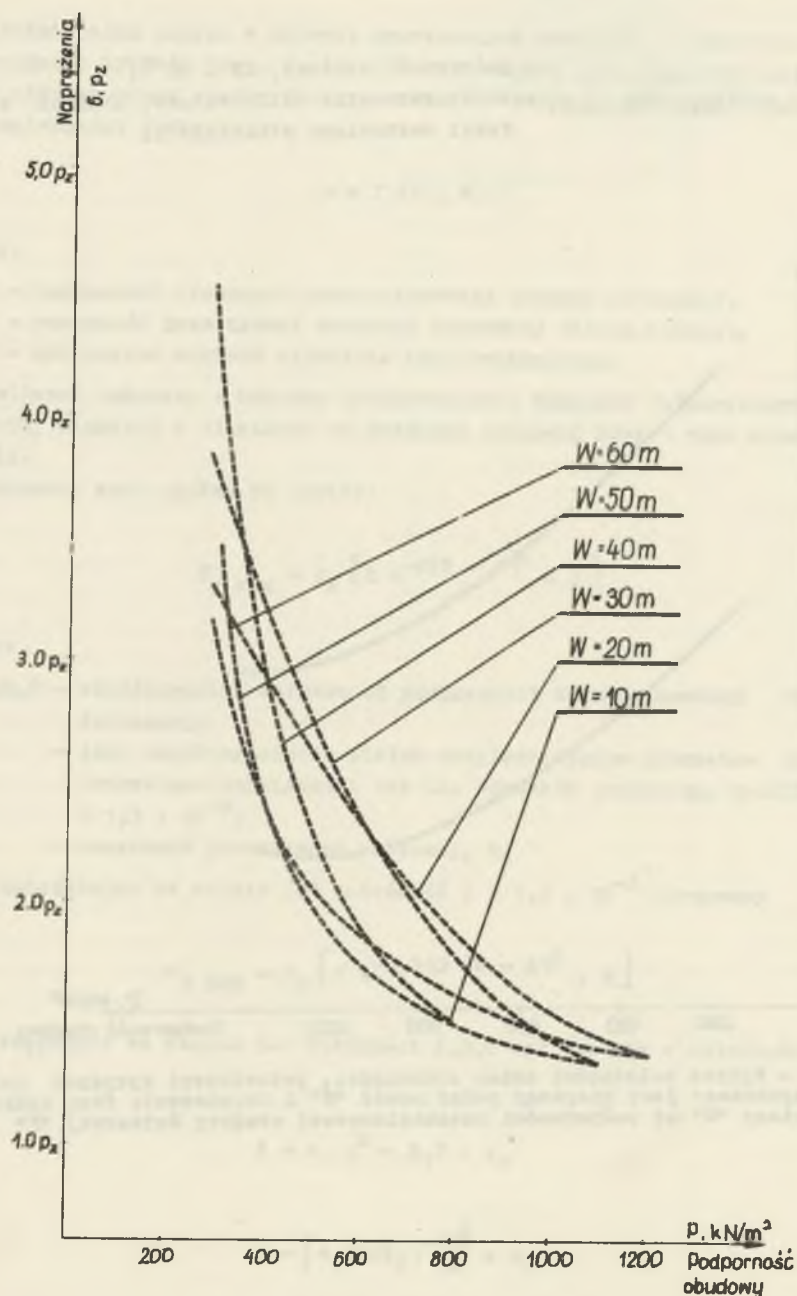


gdzie:

$P$  - podporność obudowy,  $\text{KN} \cdot 10^{-1}$ ,  
 $a^{(1,2,3)}, b^{(1,2)}, c^{(1,2,3)}$  - stałe parametry obciążeniowe, których wartości zestawiono w tabeli 1.



Rys. 16. - Wykres zależności zmian szerokości, przestrzeni wybranej przy której uzyskiwany jest pierwszy pełny zawał "W" i zakończenie fazy rozrucho ściany "W" od podporności zmechanizowanej obudowy ścianowej "P"



Rys. 17. Wykresy zależności naprężeń pionowych " $\delta_{\text{max}}$ " w pokładzie i warstwie stropu bezpośredniego przed ozołem ściany od podporności obudowy zmechanizowanej "P" dla różnych szerokości przestrzeni wybranej "W"

Tablica 1

Oznaczenie parametrów	Wartości parametrów
$a_1$	$3,1 \cdot 10^{-3}$
$a_2$	7,0557
$a_3$	$-1,3 \cdot 10^{-2}$
$b_1$	$-6,327 \cdot 10^{-1}$
$b_2$	$-2,577 \cdot 10$
$c_1$	$4,94 \cdot 10$
$c_2$	1,20
$c_3$	1,500

W oparciu o wyprowadzone zależności sporządzono wykresy do bezpośredniego wykorzystania w praktyce górniczej.

Przedstawione na rys. 16 krzywe służą do określenia koniecznej wartości podporności zmechanizowanej obudowy ścianowej przy założonych długościach wybiegów, na których planuje się uzyskanie pierwszego zawału (krzywa  $W'$ ) i pełnego zawału (czyli rozpoczęcia normalnego biegu śoiany (krzywa  $W''$ ). Posługując się niniejszym wykresem określić można również wielkość wybiegu, przy którym uzyskany zostanie pierwszy, jak i pełny zawał przy nadanej (założonej) podporności obudowy.

Przedstawione na rys. 17 wykresy umożliwiają przeprowadzenie oceny wielkości naprężeń w warstwach stropu bezpośredniego i oalźnie pokładu przed ozołem śoiany w zależności od nadanej obudowie podporności i wielkości przestrzeni wybranej (uzyskanego ścianą wybiegu) lub też odwracają problem, dokonać można doboru koniecznej wartości podporności zmechanizowanej obudowy ścianowej przy założonych żądanych wielkościach ciśnień w ozołe przodka.

## 6. Wnioski i uwagi końcowe

Uogólniając przytoczone w treści niniejszej opracowania rozważania i spostrzeżenia dotyczące problematyki współpracy zmechanizowanej obudowy ścianowej z górotworem, w warunkach prowadzenia eksploatacji z zastosowaniem zawału pod stropami trudno rabowalnymi, nasuwają się następujące wnioski:

1) Przedstawione wyniki badań dotyczące przebiegu zjawisk zachodzących w górotworze otaczającym wyrobisko ścianowe uzbrojone w obudowę zmechani-



zowaną, podczas prowadzenia oelowych załamania zwięzłych warstw stropowych stanowi pierwszą próbę teoretycznego ujęcia przedstawionego problemu, który w praktyce rozwiązywano w głównej mierze w oparciu o doświadczenia górnicze i umiejętne wykorzystanie obserwowanych zjawisk.

2) Otrzymane wyniki badań stanowią potwierdzenie przedstawionej tezy o wpływie podporności obudowy ścianowej na przebieg zjawisk zachodzących w górotworze otaczającym wyrobisko. Przedstawione zależności funkcyjne oraz założone wykresy (rys. 16, 17) umożliwiają przeprowadzenie oceny jakościowej i ilościowej rozkładu naprężeń pionowych w oalźnie pokładu i warstwach stropu bezpośredniego przed ozołem ścian zawałowych prowadzonych pod stropami trudno rabowalnymi.

3) Wyprowadzone zależności funkcyjne i sporządzone wykresy służą do określania (doboru) optymalnej wielkości podporności zmechanizowanej obudowy ścianowej, przy czym w przedstawionym ujęciu zależności te mogą być wykorzystane w odniesieniu do eksploatacji zawałowej prowadzonej w górotworze o podobnej do objętej badaniami budowie geologicznej. Dalsze uogólnienie wyprowadzonych zależności, wymaga dokonania dalszych badań w kopalniach, lub też służyć mogą do przeprowadzania obliczeń orientacyjnych.

#### LITERATURA

- [1] Biliński A.: Przejawy osińnienia górotworu w polach eksploatacji ścianowej w pokładach węgla. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl. s. Górniczo z. 31 1968 r.
- [2] Borecki M.: Warunki współpracy z górotworem i zasady obliczania obudowy ścianowej. Drogi postępu w górnictwie. Warszawa 1956 r.
- [3] Kidybiński A.: Praktyczne uwagi dotyczące modelowania zjawisk zachodzących w górotworze podczas prowadzenia eksploatacji ścianowej, Materiały Konferencyjne na Międzynarodowe Seminarium Młodych Inżynierów Górnictwa GIG K-oe 1960 r.
- [4] Konopko W.: Wpływ podporności obudowy na strop bezpośredni w ścianach zawałowych. Prace GIG Komunikat 501. K-oe 1971 r.
- [5] Paoh A.: Konstrukcja modelu obudowy zmechanizowanej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej s. Górniczo z. 41 1969 r.
- [6] Parysiewicz W.: Tapania w kopalniach. Wydawnictwo Śląsk Katowice 1967 r.
- [7] Sałustowicz A.: Zarys Mechaniki Górotworu. Wydawnictwo Śląsk. Katowice 1968 r.

ИССЛЕДОВАНИЯ НАД ОПРЕДЕЛЕНИЕМ УЧАСТИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ  
В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ КРОВЛЕЙ

## Резюме

На основе комплексных модельных исследований, а также широко проводимых шахтных измерений и наблюдений, предпринята попытка решения проблемы активного воздействия крепи на окружающие горные породы в пределе оплошного забоя.

Установлены функциональные зависимости, имеющиеся между подпорной способностью крепи и эксплуатационным давлением, а также показано какое значительное воздействие оказывает изменение подпорной и поступательной способности обрушения кровли на условия стойкости сплошных выработок.

INVESTIGATIONS ON ESTIMATING THE SHARE OF MECHANISED  
LINING IN THE ROOF CONTROLLING PROCESS

## Summary

An attempt has been made on the basis of the conducted complex model investigations, a wide range of measurements, as well as bottom pit observations, to solve the problem of the active influence of the lining on the rock environment in the region of a longwall.

Functional dependences occurring between the lining support and the mining pressure have been established and the decisive influence of the change of support and robbing of hard robbed roofs as well as the conditions of excavation maintenance have been shown.