ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1968
Seria: GÓRNICTWO z. 28 Nr kol. 217

KAZIMIERZ PODGÓRSKI

# BADANIE MODELI GÓROTWORU W TRÓJOSIOWYM STANIE NAPIĘCIA

Streszczenie. W pracy podano zasady podobieństwa modelowego, koncepcję rozwiązania niektórych modeli imitujących górotwór wraz z wykonanymi wyrobiskami.

## 1. Wstęp

Z obserwacji praktycznych wynika, że w czasie wykonywania wyrobiska górniczego ciśnienie na obudowę jest małe i rośnie ono wraz z upływem czasu odkształcenia się skał górotworu ku wyrobisku. Matematyczne ujęcie ruchów górotworu w zależności od trójosiowego stanu naprężeń panującego w górotworze oraz od własności skał zależnych od naprężeń i czasu jest bardzo trudne; dlatego dla uproszczenia przyjmuje się płaski stan naprężeń oraz że skały jak i obudowa stosują się do teorii sprężystości.

W praktyce zjawiska odkształcania się warstw górotworu w małym zakresie przebiegają według teorii sprężystości,w związku z czym zachodzi potrzeba opracowania nowych wzorów dla wyprowadzenia których potrzebne są badania modelowe. Modele należy zaprojektować przy wykorzystaniu zasad podobieństwa z górotworem w którym wykonane są wyrobiska górnicze. Badania należy przeprowadzać w tak sztucznie stworzonych warunkach któreby odpowiadały stanowi naprężeń panującemu w górotworze przed wykonaniem wyrobiska jak i po wykonaniu jego w czasie współpracy z obudową.

## 2. Zagadnienie podobieństwa modelowego

Przy opracowywaniu badań modelowych należy najpierw przy wykorzystaniu zasad podobieństwa modelowego ustalić materiały ekwiwalentne modelu oraz gabaryty modelu [1, 2, 3, 4].

Można wyróżnić trzy rodzaje podobieństwa występującego w modelu i naturze:

- podobieństwo geometryczne,
- podobieństwo kinematyczne,
- podobieństwo dynamiczne.

Geometryczne podobieństwo jest wtedy, gdy wszystkie wymiary przestrzeni zajętej badanym układem w modelu są zamienialne przy pomocy określonej liczby na wymiary przestrzeni zajętej podobnym układem w naturze.

Podobieństwo to można zapisać jako stosunki liniowych wymiarów układów natury i modeli

$$\alpha_l = \frac{l_N}{l_M} .$$

Kinematyczne podobieństwo w modelu i układu w naturze występuje wtedy, jeśli podobne części tych układów poddane geometrycznie podobnym naprężeniom ulegają geometrycznie podobnym odkształceniom w odstępach czasu różniących się stałym mnożnikiem.

Podobieństwo to można przedstawić następująco:

$$\alpha_t = \frac{t_N}{t_M} .$$

Dynamiczne podobieństwo ma miejsce w tym przypadku jeśli masy dwóch jakichkolwiek podobnych układów modelu i natury umiejscowionych w przestrzeni w danej chwili czasu różnią się tylko stałym mnożnikiem.

Można to podobieństwo określić jako stosunek mas natury i modelu:

$$\alpha_m = \frac{m_N}{m_M} .$$

Powyższe wyrażenie można rozwinąć następująco:

$$\alpha_m = \frac{\varrho_N \cdot l_N^3}{\varrho_M \cdot l_n^3} = \alpha_\varrho \cdot \alpha_l^3 .$$

Stosunek sił $f_N$ przyłożonych w naturalnych warunkach i w modelu $f_M$ wynosi

$$\alpha_f = \frac{f_N}{f_M} = \frac{m_N \cdot \alpha_N}{m_M \cdot \alpha_M} = \frac{\varrho_N \cdot l_N^3 \cdot l_N}{t_N^2} : \frac{\varrho_M \cdot l_M^3 \cdot l_M}{t_M^2},$$

gdzie:

a - przyspieszenie

$$\alpha_a = \frac{a_N}{a_M} = \frac{l_N}{t_N^2} : \frac{l_M}{t_M^2} = \frac{\alpha_l}{\alpha_t}.$$

Powyższe równanie wyraża prawo dynamicznego podobieństwa Newtona określone przy pomocy stosunków długości, czasów i gęstości w naturze i modelu [1].

W interesujących nas przypadkach deformacja i niszczenie skały zachodzą w rezultacie działania sił ciężkości. Dlatego wielkości $a_M$ i $a_N$ w powyższym równaniu będą miały znaczenie przyspieszenia siły ciężkości. Można więc napisać

$$\varrho_M \cdot a_M = \varrho_M \cdot g = \gamma_M$$

$$\varrho_N \cdot a_N = \varrho_N \cdot g = \gamma_N,$$

gdzie:

g - przyspieszenie ziemskie

$\gamma_M$ - ciężar objętościowy modelu

$\gamma_N$ - ciężar objętościowy materiału natury.

Zależność między wielkościami naprężeń niszczących przy jednoosiowym ściskaniu $R_s$ i rozciąganiu $R_r$ z jednej strony oraz między siłą kohezji C oraz współczynnikiem tarcia tg $\varphi$ z drugiej strony można przedstawić:

$$R_{sM} = \frac{l_M}{l_N} \cdot \frac{\gamma_M}{\gamma_N} \cdot R_{sN}$$

$$R_{rM} = \frac{l_M}{l_N} \cdot \frac{\gamma_M}{\gamma_N} \cdot R_{rN}$$

$$C_M = \frac{l_M}{l_N} \cdot \frac{\gamma_M}{\gamma_N} \cdot C_N$$

$$tg\varphi_M = tg\,\varphi_N .$$

Dla określenia warunków podobieństwa przy procesach sprężystych odkształceń powinny być spełnione następujące równania

$$E_M = \frac{l_M}{l_N} \cdot \frac{\gamma_M}{\gamma_N} \cdot E_N$$

$$\nu_M = \nu_N ,$$

gdzie:

E - moduł sprężystości,

$\nu$ - współczynnik Poissona.

W podobny sposób określono warunek podobieństwa modelowego w trójosiowym stanie naprężeń. W tym celu wykorzystano warunek równowagi wewnętrznej Naviera [5] oraz podane zależności skąd otrzymano:

$$-\xi_N \cdot \frac{\partial u_N}{\partial t_N} + \frac{\partial \sigma x_N}{\partial x_N} + \frac{\partial \tau xy_N}{\partial y_N} + \frac{\partial \tau xz_N}{\partial z_N} + X_N = \frac{\partial x_M}{\partial x_M} + \frac{\partial \tau x_M}{\partial z_M} + X_M - \xi_M \frac{\partial u_M}{\partial t_M}$$

$$-\xi_N \cdot \frac{\partial V_N}{\partial t_N} + \frac{\partial \tau yx_N}{\partial x_N} + \frac{\partial \sigma y_N}{\partial y_N} + \frac{\partial \tau yz_N}{\partial z_N} + Y_N = \frac{\partial \tau yx_M}{\partial x_M} + \frac{\partial \sigma y_M}{\partial y_M} + \frac{\partial \tau yz_M}{\partial z_M} +$$

$$+ Y_M - \xi_M \frac{\partial V_M}{\partial t_M}$$

$$-\xi_N \frac{\partial w_N}{\partial t_N} + \frac{\partial \tau zx_N}{\partial x_N} + \frac{\partial \tau zy_N}{\partial y} + \frac{\partial \sigma z_N}{\partial z_N} + Z_N = \frac{\partial \tau zx_M}{\partial x_M} + \frac{\partial \tau zy_M}{\partial y} + \frac{\partial \sigma z_M}{\partial z_M} + Z_M - \xi_M \frac{\partial w_N}{\partial t_M},$$

gdzie:

$\sigma_x$, $\tau_{xy}$, $\tau_{xz}$ – naprężenia na ściance o normalnej zewnętrznej – x wydzielonego segmentu,

$\tau_{yx}$, $\sigma_y$, $\tau_{yz}$ – naprężenia na ściance wydzielonego segmentu o normalnej zewnętrznej – y,

$\tau_{zx}$, $\tau_{zy}$, $\sigma_z$ – naprężenia na ściance wydzielonego segmentu o normalnej zewnętrznej – z,

X, Y, Z – rzuty sił masowych rozpatrywanego segmentu na kierunki osi współrzędnych,

u, v, w – przemieszczenia ciała w kierunkach (x),(y), (z) w czasie t,

$\xi$ – masa podlegająca przemieszczeniu u,v,w.

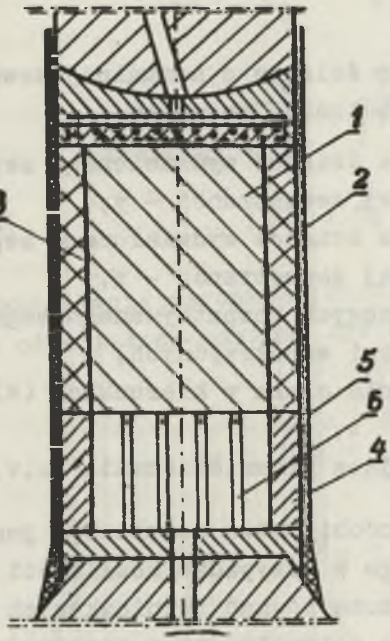
Spełnienie podanych wymogów podobieństwa modelowego jest w praktyce często utrudnione dlatego w przypadku możliwości opisania procesów naturalnych za pomocą równań różniczkowych można stosować kryteria podobieństwa matematycznego przyjmując niektóre mało ważne parametry modelu równe parametrom rzeczywistym.

## 3. Badania na modelu zachowania się skał i ich oddziaływania na obudowę w czasie wyrzutu dwutlenku węgla

Wyrzuty dwutlenku węgla z dużą ilością miału węglowego stanowią zagrożenie dla pracującej załogi w czasie prowadzenia eksploatacji. Dla dokładniejszego poznania wpływu stanu naprężeń i ciśnienia dwutlenku węgla na zachowanie się węgla można przeprowadzić badania próbki węgla lub próbki materiału ekwiwalentnego, z jedną płaszczyzną odsłonięcia (rys. 1).

Na próbkę 1 zakłada się wycięte płytki 2, 3 z warstwy spągu i stropu lub z materiałów ekwiwalentnych. Pod próbkę podkłada się pierścień oporowy 4 na który nasuwa się koszulkę gumową 5.

Przed nasunięciem koszulki na próbkę można umocować tensometry służące do badania odkształcenia próbki. Po nałożeniu koszulki gumowej na próbkę zakłada się płytki dociskowe i mocuje koszulkę drutem do czopa tłoka aparatu. Tak przygotowaną próbkę wsuwa się do aparatu i wywiera ciśnienie boczne przy pomocy pompy olejowej. W czasie ściskania próbki od dołu wtłacza się dwutlenek węgla. Po nasyceniu próbki dwutlenkiem węgla i jej odpowiednim ściśnięciu zakręca się dopływ $CO_2$ i szybko odkręca odpływ $CO_2$ z próbki, w tym czasie przy odpowiednio dużych naprężeniach występuje wypływ gazu połączony z wyrzutem węgla z próbki i wybiciem obudowy 6.

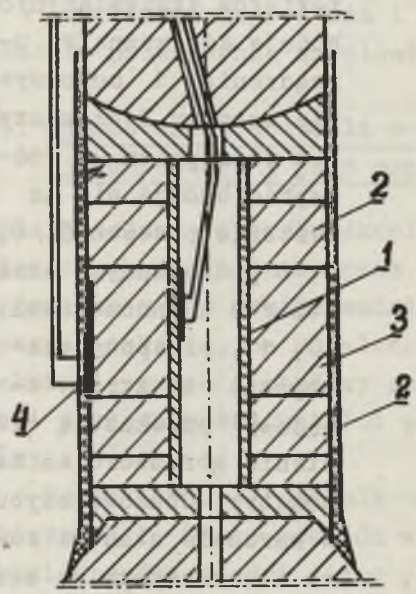



Rys. 1. Model górotworu z jedną płaszczyzną odsłoniętą poddany ciśnieniu w aparacie trójosiowego ściskania z równoczesnym dostarczeniem dwutlenku węgla

W czasie takich badań może ujawnić się wpływ grubości pokładu, rodzaju spągu stropu, ciśnienia dwutlenku węgla oraz stanu naprężeń na skłonność pokładu do wyrzutów gazu. Jeżeli w czasie badania nie zostanie doprowadzony dwutlenek węgla to w badanym modelu (rys. 1) można ustalić jedynie wpływ stanu naprężeń na wyciskanie spągu, stropu i pokładu węgla przed tąpnięciem. Panujący stan naprężeń w górotworze wpływa na jego odkształcenie oraz na wielkość ciśnienia wywieranego na próbkę wyrobiska górniczego.

## 4. Sposób badania na modelu oddziaływania górotworu na obudowę szybów

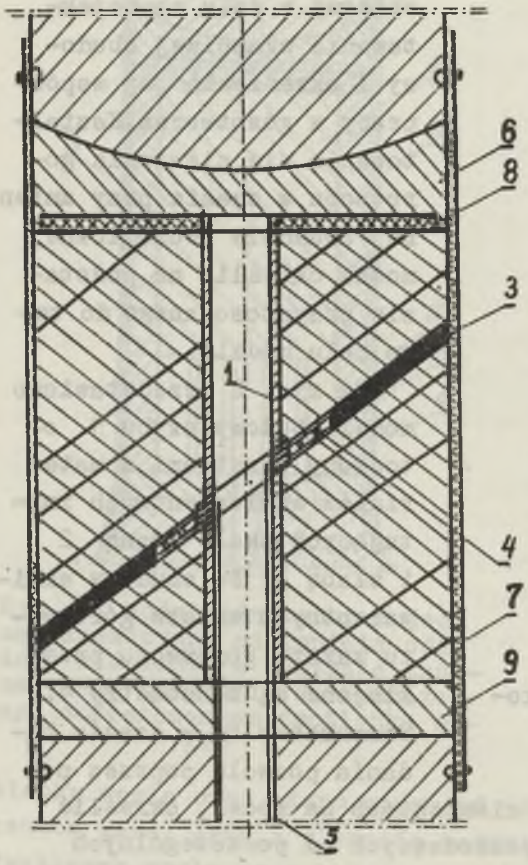
Wykonywanie szybów do coraz to większej głębokości wymaga określania ciśnienia statycznego i dynamicznego górotworu na obudowę w celu zaprojektowania właściwej obudowy i określenia jej współpracy z górotworem. Kształtowanie się ciśnienia górotworu w czasie przy zmiennej obudowie geologicznej można określić na podstawie przystosowanego do tego celu modelu.




Rys. 2. Model górotworu z wykonany w nim szybem

Na rys. 2 przedstawiono model obudowy szybu 1 otoczony warstwami z materiałów ekwiwalentnych imitujących skałę mocną 2 i słabą 3. Do obudowy ekwiwalentnych warstw górotworu warstw górotworu przyklejone są tensometry 4. Tensometry te w czasie badania pozwolą poprzez pomiar odkształceń przy danych ciśnieniach na model, określić wielkość ciśnień na obudowę pochodzących od poszczególnych warstw, wpływ tarcia między warstwami skał mocnych i słabych oraz współpracę między warstwami a obudową. Jeżeli wyrobisko w modelu nie będzie obudowane do końca to w czasie badania można ustalić dopuszczalną wielkość odkrytego czoła wyrobiska w zależności od czasu budowy geologicznej i stanu naprężeń w górotworze. Podany sposób badania dotyczył ciśnienia górotworu na obudowę szybu wykonywanego w warstwach niezawodnionych. Jeżeli występują w nadkładzie warstwy zawodnione wówczas mo-

delowo korzystniej jest badać wpływ ciśnienia na obudowę szybów w urządzeniu przedstawionym na rys. 4.




Rys. 3. Model upodatnionej obudowy w czasie eksploatacji

Z ustalonych dla danej obudowy geologicznej górotworu i konstrukcji szybu materiałów ekwiwalentnych buduje się wewnątrz urządzenia 1 sukcesywnie warstwy 2 oraz szyb 3 z podszybiem 4. Podszybie buduje się na zestawie przepon 5, 6, 7, 8 podłączonych przez otwór 9 z manometrami 10, 11, przepony elastyczne od strony obudowy przekazują ciśnienie górotworu na manometry. Obudowę szybu w karbonie stanowi rura z umocowanymi z zewnątrz przeponami 14. Przepony połączone są przez rurki z manometrami 15. Ciśnienie pionowe może być wywierane poprzez podnośniki 16 w przypadku dobrego uszczelnienia warstwy zawodnionej 18. Przy niepewnym uszczelnieniu warstwy wodonośnej ciśnienie pionowe może być wywierane przez przepony (dętki) powietrzne 19, które również dobrze uszczelniają obudowę szybu względem urządzenia 1. Dla zmniejszenia tarcia warstw o ścianę wewnętrzną urządzenia układa się na podwójną warstwę cienkiej folii posmarowanej talkiem między ścianką urządzenia a warstwami w czasie ich układania.

Mniejszy wpływ tarcia warstw o obudowę szybu w czasie ich ściskania z góry wystąpi jeżeli najpierw ułoży się warstwy i ściśnie do wymaganego ciśnienia, a następnie wywierci otwór na szyb. Do tak wywierconego otworu opuszcza się obudowę i wypełnia przestrzeń za obudową, a następnie zawadnia się warstwę 18 wodą przez zawór 17.

Zwiększone naprężenia i deformacje górotworu występują w czasie prowadzenia eksploatacji w filarze ochronnym szybu.

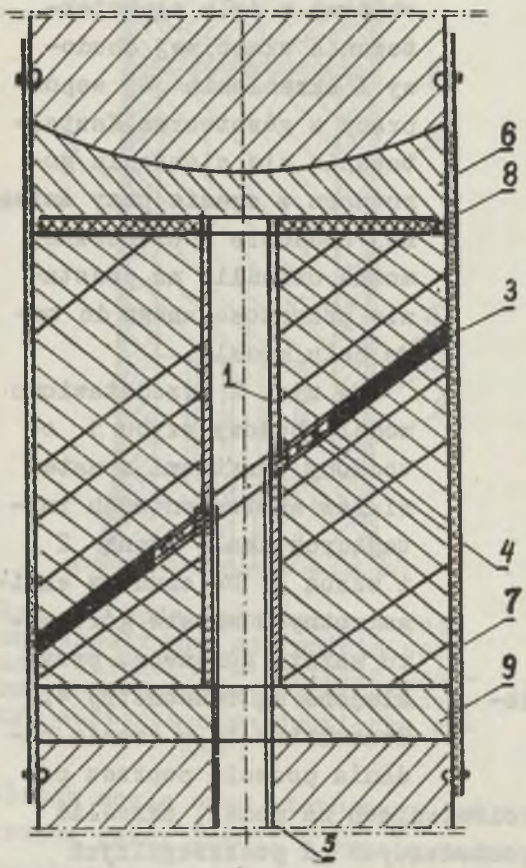
## 5. Sposób badania modeli w celu ustalenia wielkości deformacji gorótworu i jego współpracy z obudową

Dla ustalenia sposobu eksploatacji pokładów nachylonych w filarze ochronnym szybu oraz wpływu eksploatacji na wyrobiska górnicze można przeprowadzić badania w aparatach do trójosiowego ściskania, na modelach (rys. 4, 5, 6). Zachowanie się skał ekwiwalentnych i obudowy szybu w czasie prowadzenia eksploatacji pokładu można ustalić przeprowadzając badania na modelu (rys. 4).

Model (rys. 3) posiada upodatnioną obudowę 1 w warstwie wybieranej 2. Strop pokładu wybieranego podpierany jest stojakami 4 opierającymi się o płytki z wyzwalaczami, do których umocowana jest lina 5, która w czasie badania będzie służyła do wyciągania stojaków, a tym samym do zwiększenia przestrzeni niepodpartego stropu. Na tak przygotowany model zakłada się koszulkę gumową 7, u góry płytkę dociskową 6 zaopatrzoną w krążek z gumy 8 (imitujący działanie warstw nadkładu), a u dołu płytkę dociskową 9. Następnie koszulkę gumową zakłada się na czopy tłoków aparatu wsuwa do niego i przeprowadza badania. W czasie badania liną 5 rabuje się stojaki 4 w celu określenia jak zachowują się skały stropu i spągu oraz obudowa w zależności od wielkości wybieranej kostki przyszybowej i czasu odkształcenia górotworu.

Wpływ zwiększonych ciśnień przed czołem eksploatacji na zachowanie się wyrobiska i współpracę warstw górotworu można określić na podstawie badań przedstawionych na modelu (rys. 5).

delowo korzystniej jest badać wpływ ciśnienia na obudowę szybów w urządzeniu przedstawionym na rys. 4.




Rys. 3. Model upodatnionej obudowy w czasie eksploatacji

Z ustalonych dla danej obudowy geologicznej górotworu i konstrukcji szybu materiałów ekwiwalentnych buduje się wewnątrz urządzenia 1 sukcesywnie warstwy 2 oraz szyb 3 z podszybiem 4. Podszybie buduje się na zestawie przepon 5, 6, 7, 8 podłączonych przez otwór 9 z manometrami 10, 11, przepony elastyczne od strony obudowy przekazują ciśnienie górotworu na manometry. Obudowę szybu w karbonie stanowi rura z umocowanymi z zewnątrz przeponami 14. Przepony połączone są przez rurki z manometrami 15. Ciśnienie pionowe może być wywierane poprzez podnośniki 16 w przypadku dobrego uszczelnienia warstwy zawodnionej 18. Przy niepewnym uszczelnieniu warstwy wodonośnej ciśnienie pionowe może być wywierane przez przepony (dętki) powietrzne 19, które również dobrze uszczelniają obudowę szybu względem urządzenia 1. Dla zmniejszenia tarcia warstw o ścianę wewnętrzną urządzenia układa się na podwójną warstwę cienkiej folii posmarowanej talkiem między ścianką urządzenia a warstwami w czasie ich układania.

Mniejszy wpływ tarcia warstw o obudowę szybu w czasie ich ściskania z góry wystąpi jeżeli najpierw ułoży się warstwy i ściśnie do wymaganego ciśnienia, a następnie wywierci otwór na szyb. Do tak wywierconego otworu opuszcza się obudowę i wypełnia przestrzeń za obudową, a następnie zawadnia się warstwę 18 wodą przez zawór 17.

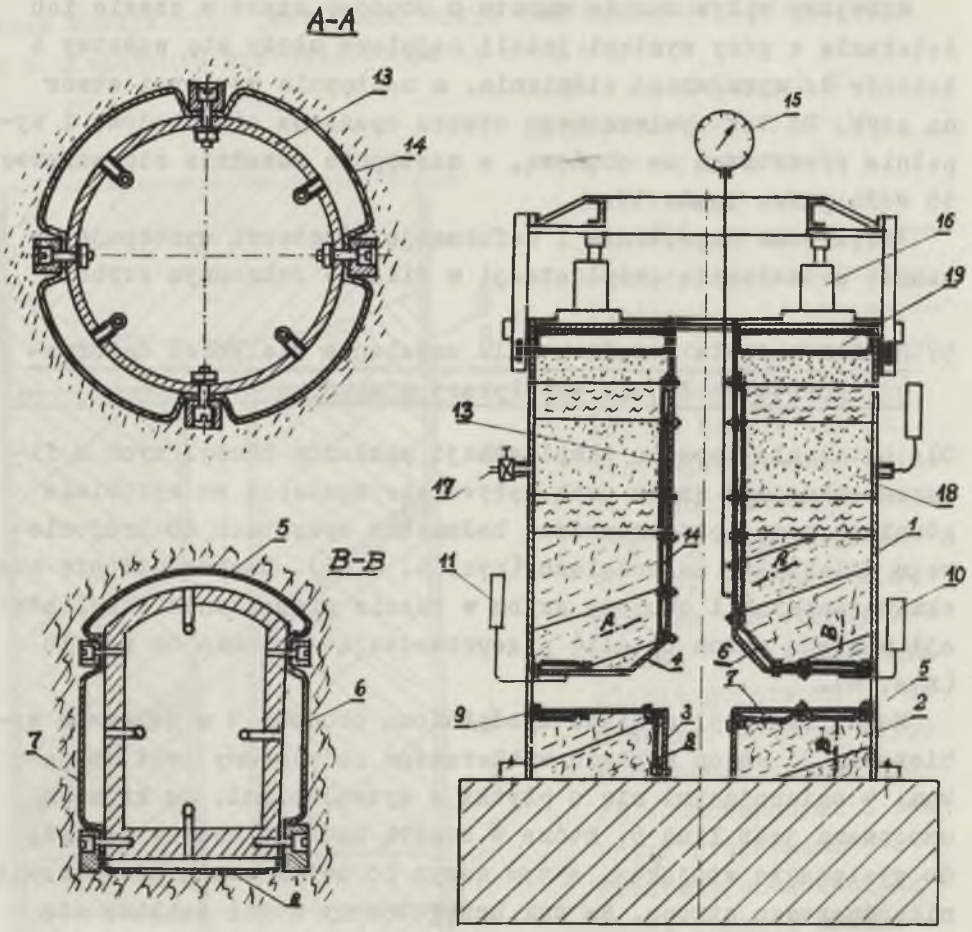
Zwiększone naprężenia i deformacje górotworu występują w czasie prowadzenia eksploatacji w filarze ochronnym szybu.

## 5. Sposób badania modeli w celu ustalenia wielkości deformacji gorótworu i jego współpracy z obudową

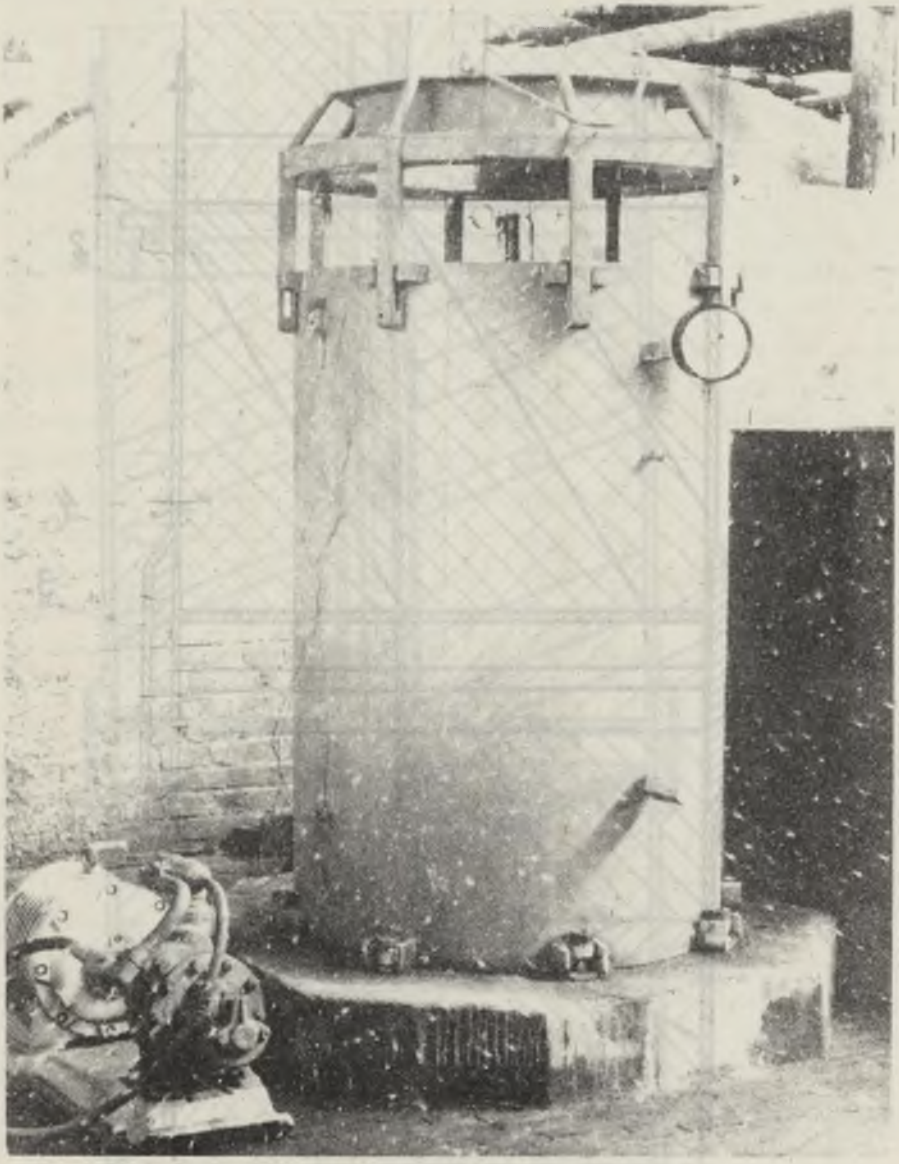
Dla ustalenia sposobu eksploatacji pokładów nachylonych w filarze ochronnym szybu oraz wpływu eksploatacji na wyrobiska górnicze można przeprowadzić badania w aparatach do trójosiowego ściskania, na modelach (rys. 4, 5, 6). Zachowanie się skał ekwiwalentnych i obudowy szybu w czasie prowadzenia eksploatacji pokładu można ustalić przeprowadzając badania na modelu (rys. 4).

Model (rys. 3) posiada upodatnioną obudowę 1 w warstwie wybieranej 2. Strop pokładu wybieranego podpierany jest stojakami 4 opierającymi się o płytki z wyzwalaczami, do których umocowana jest lina 5, która w czasie badania będzie służyła do wyciągania stojaków, a tym samym do zwiększenia przestrzeni niepodpartego stropu. Na tak przygotowany model zakłada się koszulkę gumową 7, u góry płytkę dociskową 6 zaopatrzoną w krążek z gumy 8 (imitujący działanie warstw nadkładu), a u dołu płytkę dociskową 9. Następnie koszulkę gumową zakłada się na czopy tłoków aparatu wsuwa do niego i przeprowadza badania. W czasie badania liną 5 rabuje się stojaki 4 w celu określenia jak zachowują się skały stropu i spągu oraz obudowa w zależności od wielkości wybieranej kostki przyszybowej i czasu odkształcenia górotworu.

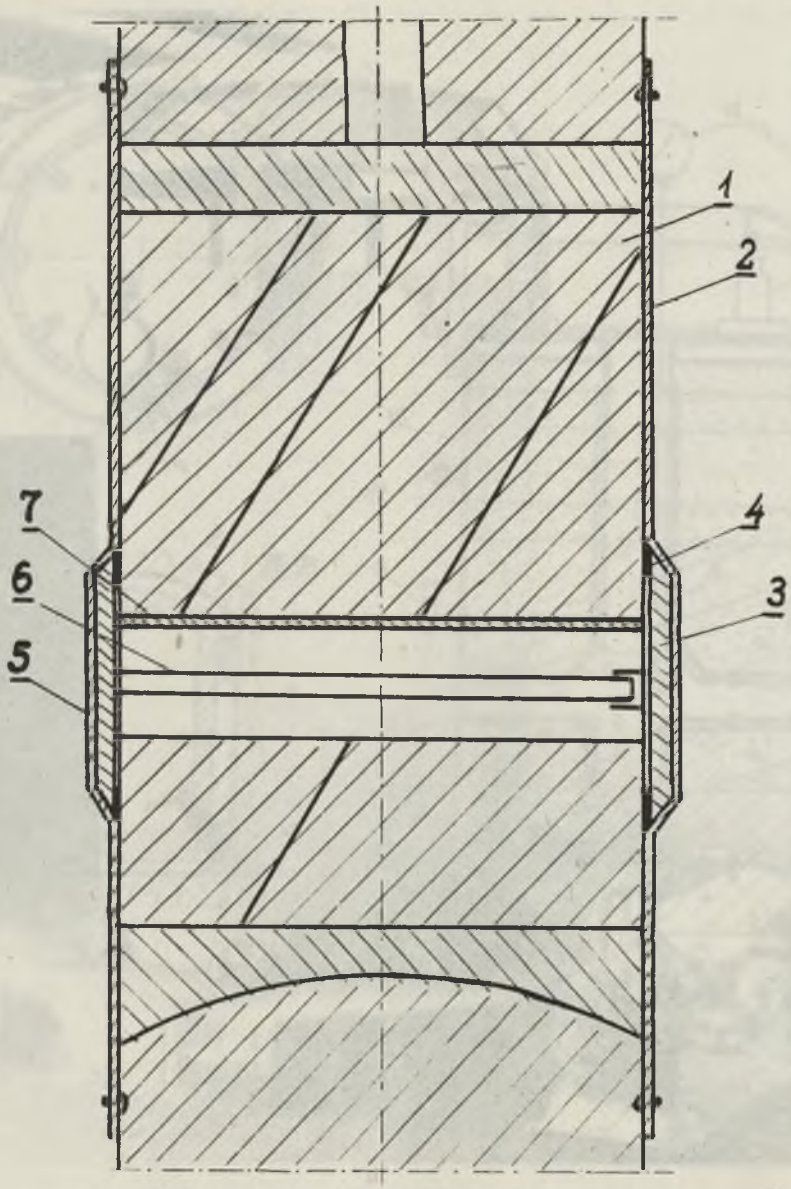
Wpływ zwiększonych ciśnień przed czołem eksploatacji na zachowanie się wyrobiska i współpracę warstw górotworu można określić na podstawie badań przedstawionych na modelu (rys. 5).



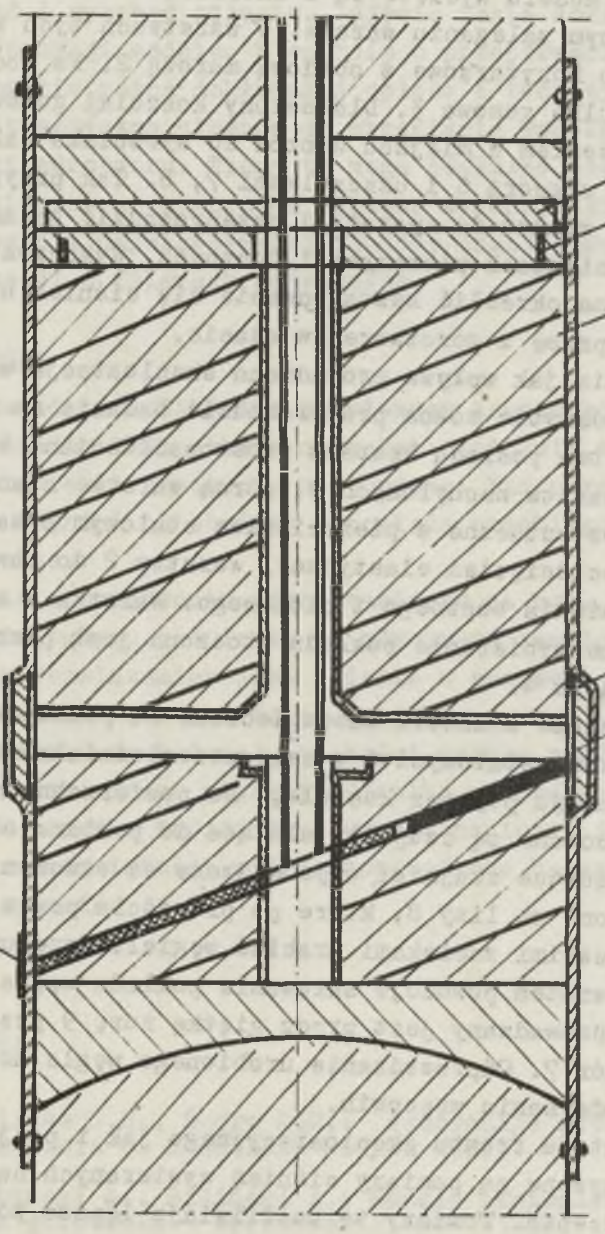

Rys. 4a. Schemat urządzeń



Rys. 4b. Widok zewnętrzny urządzenia




Rys. 5. Model górotworu z wyrobiskiem korytarzowym




Rys. 6. Model górotworu z wykonanym szybem i podszybiem pod którym prowadzona jest eksploatacja w pokładzie

Warstwy 1 tego modelu wycięte są z materiałów ekwiwalentnych górotworu o stromym zaleganiu warstw. W warstwach tych wykonane jest wyrobisko korytarzowe z obudową murową 2. Na model założona jest koszulka gumowa 3. Dla osłony koszulki gumowej 3 przed jej uszkodzeniem w miejscu wlotów do wyrobiska zakłada się płyty 4, 5 z rozporą 6 i uszczelkami 7, 8. Tak przygotowany model można włożyć do aparatu i przeprowadzić badania przy różnych ciśnieniach pionowych i bocznych. Wykorzystując wyniki badań można określić kształtowanie się ciśnień na obudowę i jej współpracę z górotworem w czasie.

W celu zbadania jak wpływa prowadzona eksploatacja w filarze na szyb i podszybie można przeprowadzić badania na modelu (rys. 6). Model ten posiada kształt prostopadłościanu zbudowany jest on z warstw nachylonych 1, górną warstwę stanowi guma 2 lub tworzywo sztuczne z pierścieniem stalowym 3 zabezpieczającym przed wciśnięciem elastycznej warstwy 2 do otworu 7 pod wpływem ciśnienia bocznego i pionowego. Warstwa w której będzie prowadzone wybieranie pokładu otoczona jest pierścieniem usztywniającym 4.

Wyrobiska poziome w modelu zabezpieczone są podkładkami gumowymi 5 i płytkami stalowymi 6 w celu przeciwdziałania przedostawania się oleju poprzez koszulkę. Do powierzchni modelu i wyrobiska umocowane są czujniki służące do pomiaru odkształceń. Przewody łączące czujniki wyprowadzone są otworem 7. Otworem 7 doprowadzone są liny 8, które po przejściu przez krążki kierujące mogą swoimi zaciskami urabiać węgiel. Przesuwanie liny tam i z powrotem powoduje skrawanie pokładu węgla. Urobiony węgiel odprowadzany jest przez giętką rurę 9 przechodzącą przez otwór 7. Odprowadzanie urobionego węgla może odbywać się drogą odsysania wrębowin.

W czasie postępu frontu eksploatacyjnego jak i po jego zatrzymaniu dokonywane są pomiary ciśnień wywieranych na model i jego odkształcenia. Pomiary te umożliwiają lepsze poznanie procesów towarzyszących wybieranie pokładu. W celu zorientowania się jak przemieściły się warstwy skalne można wtłoczyć do wyrobisk modelu roztwór wiążący i po jego stwardnieniu prze-

ciąć piłą model w kilku miejscach. Przecięte powierzchnie oszlifować i wykonać zdjęcia. Zdjęcia takie dokładnie obrazują stan deformacji modelu. W oparciu o przeprowadzone badania w czasie będzie można dokładniej opisać i teoretycznie opracować wzory matematyczne służące do określania współpracy obudowy z warstwami górotworu. Wzory te mogą posłużyć również do obliczania ciśnień górotworu na obudowę wyrobisk górniczych, zaprojektowania najwłaściwszej obudowy oraz sposobu prowadzenia eksploatacji w filarach ochronnych.

## Zakończenie

Podane zasady podobieństwa modelowego konstrukcji modeli do badań w trójosiowym stanie naprężeń umożliwią nam zbadanie wpływu ciśnienia górotworu na obudowę. Tak określony stan naprężeń i ciśnień na obudowę odpowiada przebiegom rzeczywistym w górotworze.

Badanie w urządzeniu przedstawionym na rys. 3 zezwala na określenie wpływu ciśnienia od górotworu zawodnionego. Mniej dokładnym rozwiązaniem jest badanie w aparacie trójosiowego ściskania z założoną na model koszulką gumową (rys. 1, 2, 4, 5, 6) ponieważ na badanej wysokości próbki występuje jednakowe parcie boczne cieczy poprzez koszulkę na próbkę. Zaproponowany sposób badań w trójosiowym stanie napięcia jest więcej zbliżony do rzeczywistości niż przeprowadzone badania w płaskim stanie napięcia.

## LITERATURA

[1] Kuźniecow G.H., Budko M.N.: Isuczenije projewlenji gornego dawlenia na modelach. Moskwa 1959.

[2] Kidybiński A., Biliński A.: Modele ekwiwalentne do modelowania górotworu - opracowanie GIG-u 1959.

[3] Pindera J.T.: Reologiczne własności materiałów modelowych. Warszawa 1962 r.

[4] Reiner M.: Reologia teoretyczna. Warszawa 1958.

[5] Walczak J.: Wytrzymałość materiałów oraz podstawy teorii sprężystości i plastyczności t. II. Warszawa 1967.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ГОРНЫХ ПОРОД В ТРЕХОСЕВОМ СОСТОЯНИИ НАПРЯЖЕНИЯ

Р е з ю м е

В работе представлено принципы модельного сходства, концерцию решения некоторых моделей, имитирующих горную породу в месте с выполняемыми выработками.

EXAMINATION OF ROCK MODELS IN THE TRIAXIAL TENSION STATA

S u m m a r y

In the paper the principles of model similarity have been given, as well as the new idea of making some models, rockimitating with their workings.