

WŁODZIMIERZ OŁASZOWSKI

BADANIA MODELOWE  
NAD ZACHOWANIEM SIĘ WARSTW GÓROTWORU  
PRZY JEDNEJ I DWÓCH PŁASZCZYZNACH ODŚLONIĘTYCH

Streszczenie. Na podstawie analizy niektórych dotychczasowych prac z zakresu badań górotworu w warunkach górniczych, podjęto próbę określenia wpływu stopnia odsłonięcia na przebieg i charakter deformacji skał. Zwrócono również uwagę na uwarstwowioną budowę górotworu jako ważny czynnik stanu naprężenia w jego wnętrzu. W celu wyciągnięcia miarodajnych wniosków, wykonano serię badań modelowych przy uwzględnieniu w.w. czynników.

## 1. Wprowadzenie

Bryły skalne górotworu na skutek ciśnienia nadległych partii znajdują się w stanie naprężenia - różnym zależnie od warunków występowania. Roboty górnicze powodujące obnażanie płaszczyzn w górotworze prowadzą do zachwiania pierwotnego stanu naprężenia w jego wnętrzu, a tym samym stwarzają korzystne warunki nadmiernej koncentracji ciśnień w pewnych miejscach oraz powodują ich nierównomierny rozkład. Czoła przodków wybierkowych, czy też naroża calizn, pod wpływem odsłonięcia jednej lub dwóch płaszczyzn są miejscami szczególnie podatnymi na wzrost naprężeń, które w przypadku przekroczenia wytrzymałości - wywołują zmiany w strukturze skał.

W następstwie spękania i rozkruszenia warstw, odbywa się przemieszczanie górotworu do wyrobiska, mające często gwałtowny przebieg. Wszelkie natomiast ruchy skał niekorzystnie wpływają na stan obudowy wyrobisk powodując jej przedwczesne niszczenie, a także bywają nierzadko przyczyną wypadków. Wynika z tego że górotwór w warunkach górniczych, czyli w przypadku odsłonięcia płaszczyzn calizn, jest szczególnie

podatny na wszelkie deformacje stwarzając utrudnione warunki eksploatacji kopalni. Poznanie więc zachowania się górotworu w okolicy wyrobisk, sposobu deformacji, wielkości przemieszczeń skał oraz innych jego własności, posiada duże znaczenie dla praktyki górniczej.

## 2. Omówienie ważniejszych dotychczasowych prac w zakresie badań warstw górotworu

2.1. W.F. Trumbaczew podaje [9], iż Duvall przeprowadzając badania modelowe ustalił, że rozkład naprężeń stycznych w międzykomorowych filarach nie zależy od ilości wykonywanych komór. Zwiększenie jednak liczby wyrobisk z dwóch do pięciu - spowodowało powiększenie naprężeń stycznych 1,22 razy na obrysie filaru i 1,25 razy we wnętrzu filaru. W.F. Trumbaczew [9] wykonał podobne doświadczenia, otrzymane rezultaty porównał z wynikami uzyskanymi w drodze obliczeń i przeprowadził analizę zjawiska. Sporządzone następnie na tej podstawie wykresy podają wytrzymałość filaru - jako funkcję jego geometrycznych wymiarów.

2.2. W.W. Sokolovski [8] przyjmując pewne założenia podjął próbę określenia rozkładu naprężeń w ośrodku ściśkanym pomiędzy dwoma chropowatymi płytami przy płaskim plastycznym stanie odkształceń. Dla ciała w kształcie prostokąta gdy  $\frac{a}{b} \leq 1$  (rys. 1) autor podaje:

$$\sigma_x = 2k \left( \arctg \frac{b}{x} + \frac{b \cdot x}{x^2 + b^2} \right) - m$$

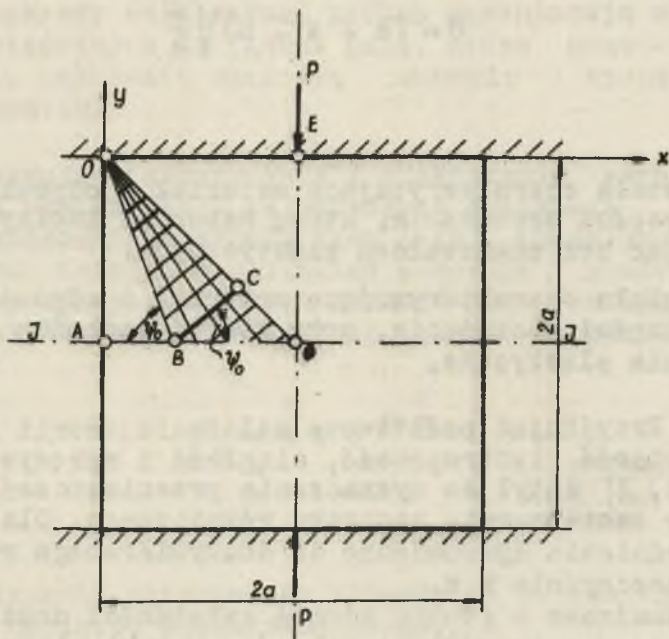
$$\sigma_y = 2k \left( \arctg \frac{b}{x} - \frac{b \cdot x}{x^2 + b^2} \right) - m$$

$$\tau_{xy} = 0$$

gdzie:

$k$  i  $m$  - stałe określające założony warunek plastyczności.

Przedstawione na rysunku dwie rodziny prostych (równoległych i zbieżnych w pkt. O) tworzących siatkę, są liniami poślizgu wyciskanych klinów bocznych. Rozwijając powyż-



Rys. 1

sze wyniki do wyznaczenia nośności filarów o znanych wymiarach K.W. Ruppenejt [5, 6] wyprowadził dodatkowe zależności dla stosunku  $\frac{a}{b} > 1$ .

2.3. Przy pracy nad mechanicznymi własnościami różnych gatunków soli Shamatin [7] ustalił następujące zależności: wytrzymałość próbki rośnie ze wzrostem sił tarcia w płaszczynach przylegania, czyli ze wzrostem stosunku  $\frac{a}{b}$ ; przy stosunku  $\frac{a}{b} = \text{const.}$  wytrzymałość próbki rośnie ze wzrostem jej wymiarów.

K. Kegel [7] wyznaczając naprężenia po uwzględnieniu plastyczności ośrodka ujął powyższe zależności wzorem empirycznym:

$$\sigma = (c + a \cdot h) \sqrt{\frac{a}{b}}$$

gdzie:

- c - stała charakteryzująca materiał i odpowiadająca tej części obciążenia, którą materiał zdolny jest przyjąć bez odkształceń plastycznych,
- h - stała charakteryzująca materiał i odpowiadające tej części obciążenia, przy której zachodzą odkształcenia plastyczne.

2.4. Przyjmując podstawowe założenia teorii sprężystości (jednorodność, izotropowość, ciągłość i sprężystość) A. Lisowski [3, 4] dążył do wyznaczenia przemieszczeń w górotworze przy zastosowaniu rachunku różnicowego. Dla uproszczenia zagadnienia sprowadzono do dwuwymiarowego rozpatrywanego w płaszczyźnie  $xz$ .

Wprowadzone w formie równań zależności umożliwiły w dalszej pracy wyznaczyć odkształcenia kostki skały zachodzące pod wpływem jednokierunkowego ściskania. Na podstawie uzyskanych przemieszczeń obliczone następnie zostały składowe naprężenia oraz wyciężenie materiału.

Analizując odkształcenie oraz ekstremalne wielkości naprężeń autor wyróżnia dwa rodzaje niszczeń kostek. W przypadku istnienia tarcia na przyleganiu zniszczenie następuje skutek wyciężenia, o którym decydują  $\sigma_x$ ,  $\sigma_z$  i  $\tau_{xz}$ .

Jeśli zginiatanie odbywa się przy poślizgu - to poczynając od punktów skrajnych nastąpi przesuw materiału po powierzchni płyt. O wyciężeniu decydować wówczas będą głównie naprężenia rozciągające. Po wprowadzeniu danych z doświadczeń do rozwiązań teoretycznych autor zwraca uwagę, że dla próbek prostokątnych (o znacznej szerokości) występuje zwiększenie naprężeń w narożach próbki. W tych też miejscach zdaniem autora należy najwcześniej spodziewać się uplastycznienia materiału.

2.5. Przeprowadzając w prasie badania tąpliwości próbek węglowych J. Znański [10, 11] stwierdza, że energia odkształcenia postaciowego zostaje prawie w całości zużyta na pękanie i miażdżenie, natomiast energia odkształcenia objętościowego na tarcie wewnętrzne pomiędzy okruchami próbki. Sporządzone wykresy odkształceń próbek ograniczają z osią odkształceń właściwych trójkątne pola, które przedstawiają w przybliżeniu całkowitą właściwą energię sprężystości zgniatanych kostek.

2.6. Rozpatrując teoretycznie i praktycznie zagadnienie A.A. Griffith wysuwa tezę, że przyczyną znacznego zmniejszenia wytrzymałości materiału jest jego szczelinowatość. Zdaniem autora istnienie szczeliny powoduje zmniejszenie naprężeń rozrywających, których wartość jest funkcją długości tej szczeliny. Podany warunek pękania ma postać:

$$R_r = m \cdot c^{-\frac{1}{2}}$$

gdzie:

m - współczynnik materiałowy zależny od modułu sprężystości i napięcia powierzchniowego,

c - połowa długości szczeliny.

Jak wynika z przedstawionego wyżej przeglądu niektórych dotychczasowych prac w zakresie badań skał górotworu, zagadnienie to nie zostało jeszcze dostatecznie rozwiązane. Daje się zauważyć brak ściślejszych danych uwzględniających stopień odsłonięcia górotworu, a także - na co zwraca uwagę J. Galanka [2] - brak badań przenoszenia obciążeń z jednej warstwy skalnej na następną oraz wpływu jakości wypełnienia między warstwami skalnymi.

Słusznym wydaje się zwrócenie przez A. Lisowskiego [3, 4] uwagi na naraża - jako miejsca szczególnie narażonego (przez jego odsłonięcie) na gromadzenie się naprężeń, a tym samym i miejsca zwiększonych deformacji. Wpływ poślizgu w płaszczyznach przylegania w przypadku badań wytrzymałości skał wymaga jednak dalszych doświadczeń uwzględniających stan i jakość podłoża oraz zagadnienie poślizgu przy równoczesnym zgniataniu próbki w podłożu.

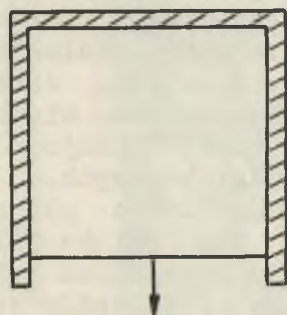
Cenne jest również podanie przez K.W. Ruppenejta [5, 6] sposobu wyznaczania nośności filarów jako funkcji ich geometrycznych wymiarów. Określone przez J. Znańskiego w drodze badań laboratoryjnych własności skał warunkują sposób i przebieg deformacji warstw. Powiązanie ich ze stopniem odsłonięcia górotworu, przyczyni się do poznania zachowania się skał w warunkach górniczych.

### 3. Cel i zakres pracy

Podejmując pracę badawczą nad zachowaniem się warstw górotworu w przypadku jego odsłonięcia dążono do uchwycenia najważniejszych zmian zachodzących w górotworze pod wpływem obciążenia. Już wstępnie przeprowadzone doświadczenia potwierdziły słuszność założeń, iż przebieg deformacji narodzi przy osiowo narastającym nacisku, jest inny, aniżeli sposób deformowania się ociosów. Różna geologiczna budowa górotworu wpływa również na zmianę wytrzymałości zespołu warstw. Analizując blokowe zakłamywanie się stropu w przodkach wybierkowych, bądź też rozpatrując górotwór w linii zawaku stwierdzamy, że zjawiska te można w przybliżeniu przyrównać do badań modelowych wykonanych w pracy. Natomiast analogia zjawisk w warunkach naturalnych i laboratoryjnych zezwala na wysunięcie miarodajnych wniosków.

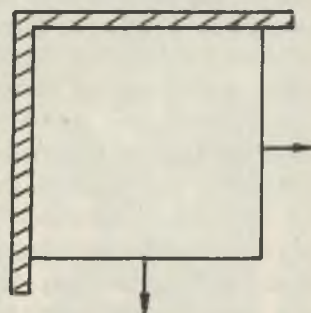
Aby zebrać jednoznaczne dane stosownie do celu i założeń pracy, ustalono program i warunki w jakich przebiegać miały badania. Próbkę osłanianą z dwóch i trzech stron sztywnymi metalowymi ściankami uzyskując w ten sposób jedną i dwie płaszczyzny odsłonięcia rys. 2. Przyrząd, w którym przeprowadzono badania modeli warstw przedstawia rys. 3. Nacisk na modele pochodził od prasy hydraulicznej napędzanej silnikiem elektrycznym. Do pomiaru odkształceń użyto zegarowych czujników, których nóżki opierały się o miedziane blaszki, naklejane na warstwy za pośrednictwem gipsu. Mocowania czujników dokonywano przy pomocy układu pomiarowego. Mierzenie deformacji dla stopniowo narastających obciążeń (co 10 lub 20 atm. na manometrze) z obawy przed uszkodzeniem czujników, zostało ograniczone tylko do pewnych granic. Niszczenie próbek dla pewnej prędkości odkształceń  $\dot{\epsilon} = \frac{dy}{dt}$  zwłaszcza przy dwóch płaszczyznach odsłonięcia odbywało się nagle - często przez odrzucanie odłamków. Mierzenie tak nieregularnych odkształceń wydaje się niecelowe. Dlatego po

*Jedna płaszczyzna odstępnięcia*



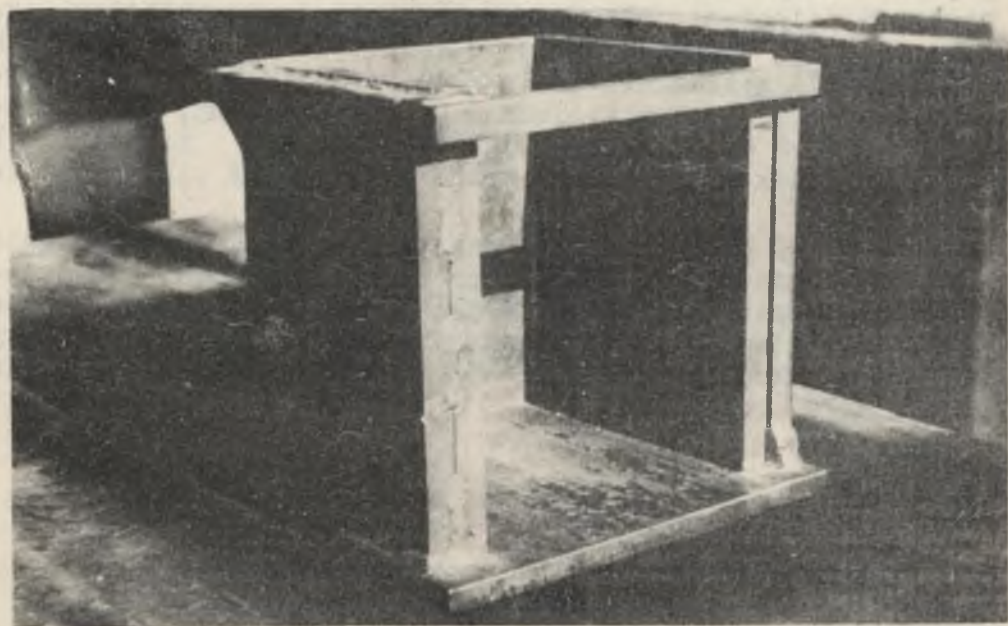
*Swobodny kierunek odkształceń*

*Dwie płaszczyzny odstępnięcia*



*Swobodne kierunki odkształceń*

Rys. 2



Rys. 3

wystąpieniu na próbie pierwszych spękań, układ pomiarowy czujników usuwano. Pionowe deformacje mierzono czterema czujnikami opierając je o górną płytę prasy. Rozmieszczenie czujników umożliwiało pomiar odkształceń od strony każdej ścianki modelu. Deformacje poprzeczne w kierunku odsłoniętych płaszczyzn określano dla poszczególnych warstw dwoma czujnikami na każdej obniżonej ściance. Aby ustrzec się od ewentualnych wykruszeń w narożach próbki, nóżki czujników dotykały warstw w odległości 5 cm od krawędzi bocznych.

Sposób mierzenia odkształceń przy jednej i dwóch płaszczyznach odsłonięcia przedstawia rys. 4. Dla zwiększenia pewności wyników, mierzono także odchylenia metalowych ścianek przyrządu. Wobec ich minimalnej wartości (wystąpiły jedynie w kilku przypadkach) można przyjąć, że odkształcenia poprzeczne w tych kierunkach nie występowały. Jest to bardzo istotna właściwość prowadzonych badań, gdyż ona określa warunki, w których następowały deformacje. Wskutek ograniczenia przez ścianki możliwości przemieszczeń próby oraz tarcia na płycie dociskowej i podłożu, a także tarcia w międzywarstwowych płaszczyznach (nie obserwowano poślizgu na gipsie, który stanowił spoiwo pomiędzy warstwami oraz warstwami i podłożem), otrzymano stan naprężenia zbliżony do rzeczywistego - występującego w górotworze. Wobec istnienia modułu sprężystości dla skał układ można traktować w przybliżeniu jako sprężysty, jednak pamiętać należy, że wielkości  $E$  i  $\mu$  są dla ciał kruchych funkcjami naprężeń. W pewnych jednak przedziałach można przyjąć, iż wielkości te są stałe.

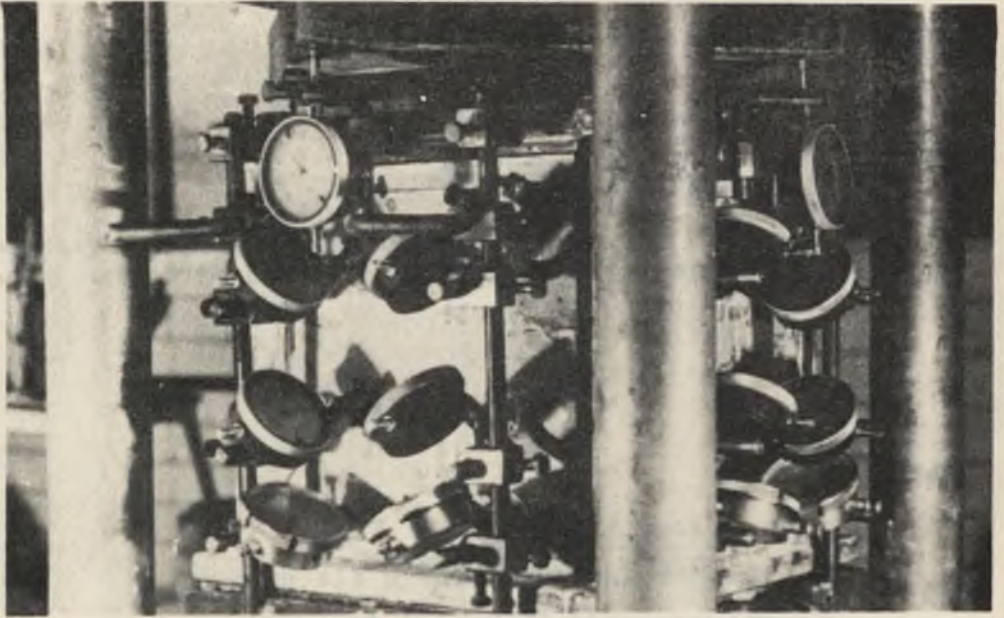
Aby bliżej poznać rozkład naprężeń w modelu, zostanie przeprowadzona krótka analiza procesu zgniatania. Dla uproszczenia rozpatrzony zostanie przypadek z możliwością przemieszczeń tylko w kierunku jednej odsłoniętej płaszczyzny rys. 5. Wielkość naprężeń pionowych w przypadku obciążenia próbki siłą  $Q$  wyniesie:

$$\sigma_z = \frac{Q}{F} \quad (1)$$

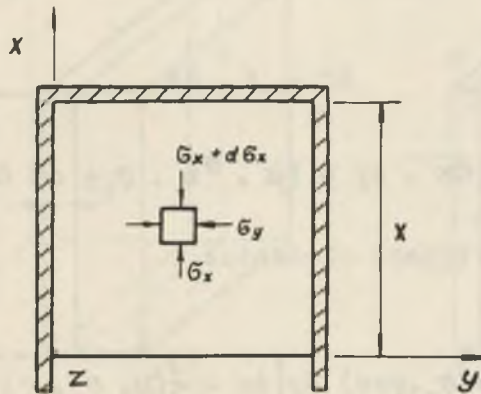
a naprężeń poprzecznych dla stanu płaskiego:

$$\sigma_y = \mu \cdot \sigma_z \quad (2)$$





Rys. 4



Rys. 5

gdzie:

$F$  - powierzchnia nacisku,

$Q$  - nacisk pionowy,

$\mu$  - współczynnik Poissona.

Wobec występowania tarcia od płyt dociskowych, w płaszczyznach kontaktu pojawią się naprężenia styczne wyrażone wzorem:

$$\tau = \mu \cdot \sigma_z \cdot \varrho + c \quad (3)$$

w którym:

$\varrho = \operatorname{tg} \varphi$  - współczynnik tarcia,

$\varphi$  - kąt tarcia wewnętrzznego dla spoiwa,

$c$  - przyczepność (kohezja) dla spoiwa.

Natomiast prostopadle do płaszczyzny  $Y, Z$ , a więc w kierunku osi  $x$ , pojawią się naprężenia  $\sigma_x$ . Siła tarcia dla wycinka o szerokości  $dx$  (rys. 6), przy wyodrębnionym z układu płytowym elemencie grubości  $dy$  (rys. 7), zależy od ciśnienia, współczynnika tarcia na kontakcie, poprzecznej odkształcalności materiału oraz spójności i posiada wartości:

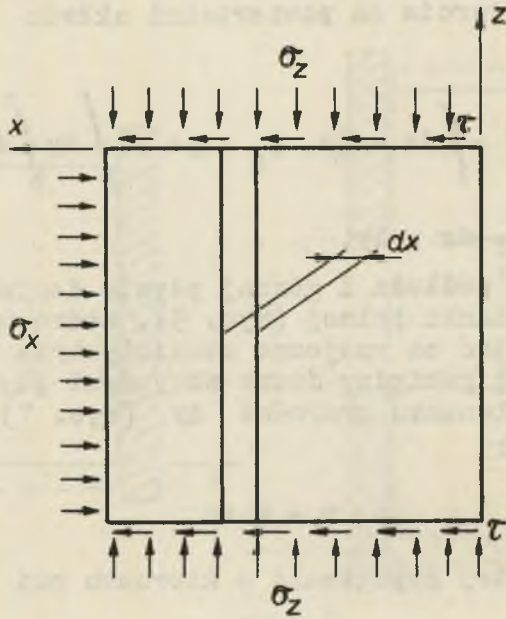
$$dt = \tau \cdot ds$$

$$dt = \tau \cdot dx \cdot dy = (\mu \cdot \sigma_z \cdot \varrho + c) dx \cdot dy \quad (4)$$

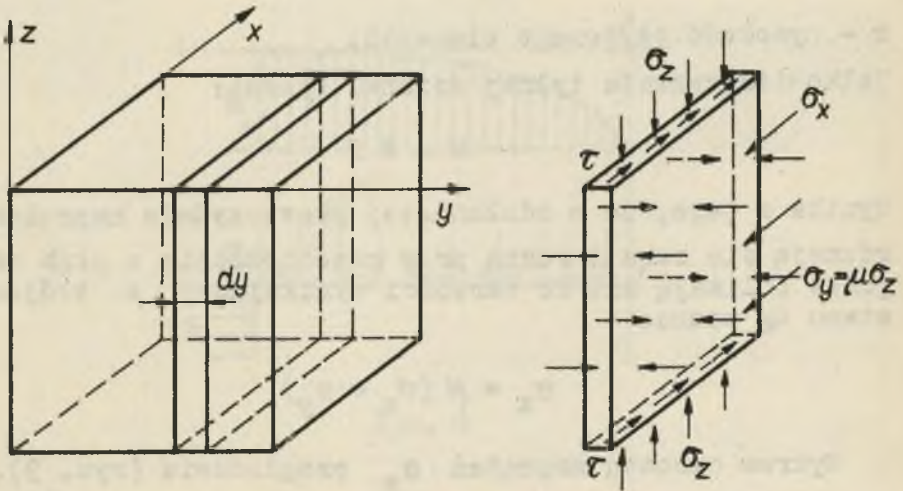
a dla całego płytowego elementu:

$$\int_0^{t_0} dt = \int_0^x [(\mu \cdot \sigma_z \cdot \varrho + c) dy] dx = [(\mu \cdot \sigma_z \cdot \varrho + c) dy] \int_0^x dx \quad (5)$$

pamiętając jednak, że  $\mu = f(\sigma)$ .



Rys. 6



Rys. 7

Całkowitą siłę tarcia na powierzchni układu można wyznaczyć ze wzoru:

$$T = \int_F dt = (\mu \cdot \sigma_z \cdot \varrho + c) \int_0^y dy \int_0^x dx \quad (6)$$

przy czym:  $ds = dx \cdot dy$ .

Siły tarcia (na podłożu i górnej płycie dociskowej) równoważy reakcja ścianki tylnej (rys. 5), którą w danym przypadku można uważać za wzajemne oddziaływanie dwóch połówek kostki ściskanej pomiędzy dwoma sztywnymi płytami (rys. 8). Dla płytowego elementu grubości  $dy$  (rys. 7), reakcja ta posiada wartość:

$$r = 2 \text{ to} \quad (7)$$

Pochodzące od niej naprężenia o kierunku osi  $x$  mają więc postać:

$$\sigma_x = \frac{r}{z \cdot dy} = 2 \frac{\mu \cdot \sigma_z \cdot \varrho + c}{z} \int_0^x dx \quad (8)$$

$z$  - wysokość płytowego elementu.

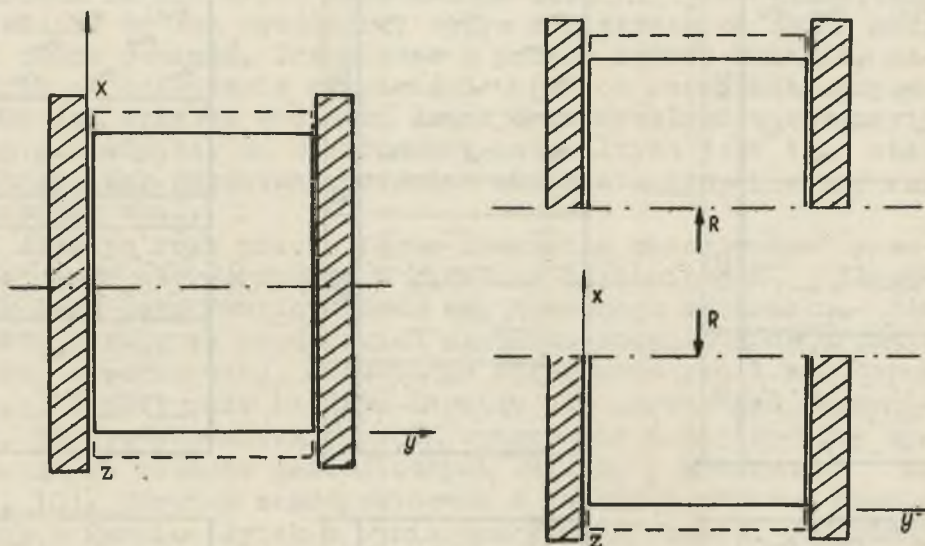
Całkowita reakcja tylnej ścianki wynosi:

$$R = 2 T \quad (9)$$

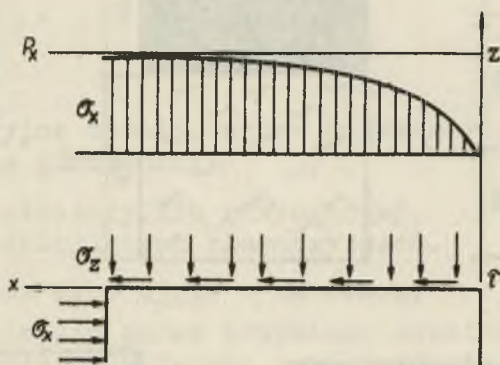
Wynika z tego, że w odsłoniętej płaszczyźnie naprężenia  $\sigma_x$  równają się zero i rosną przy przechodzeniu w głąb calizny, gdzie zbliżają się do wartości wynikającej z trójosiowego stanu wg wzoru:

$$\sigma_x = \mu (\sigma_z + \sigma_y) \quad (10)$$

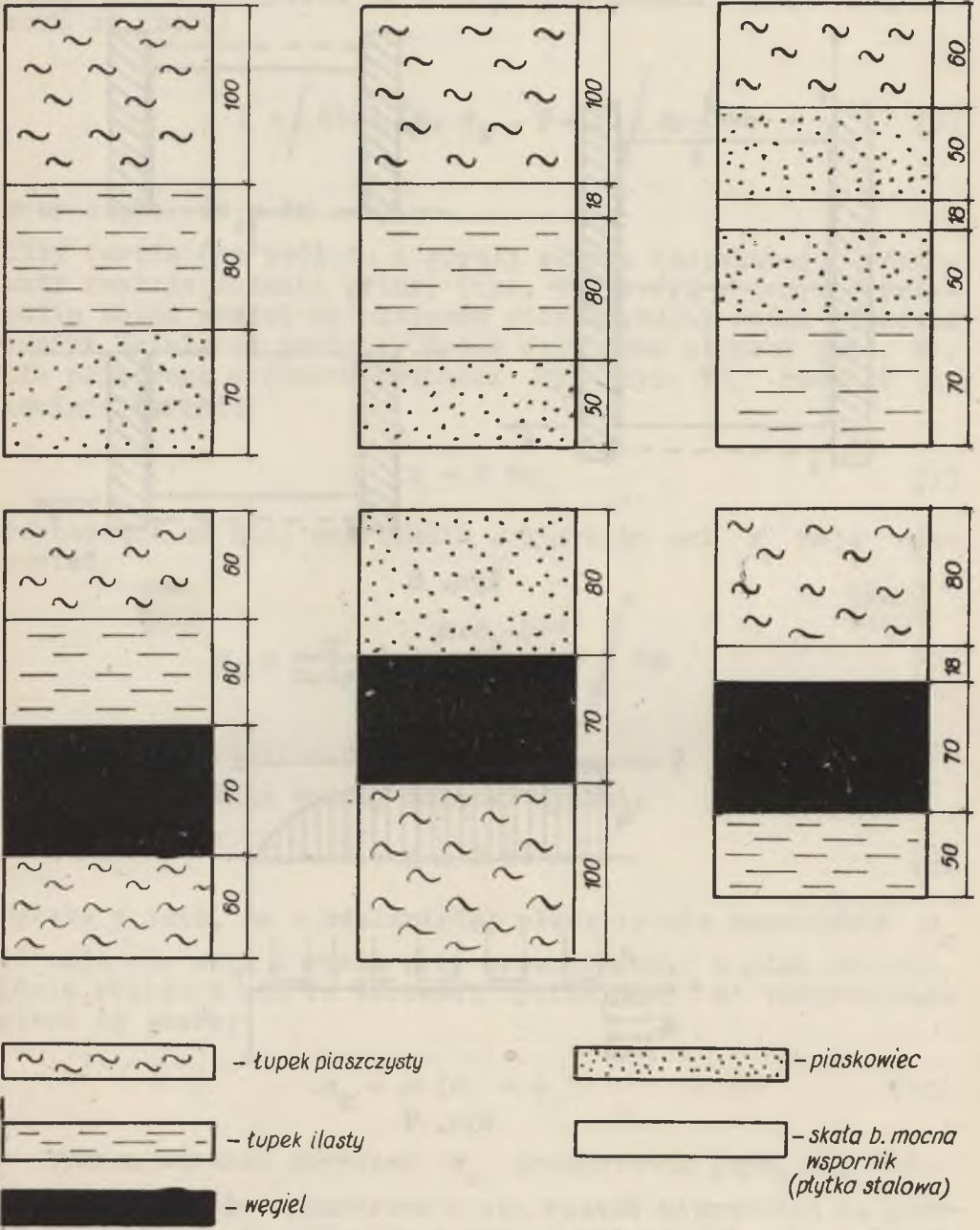
Wykres wzrostu naprężeń  $\sigma_x$  przedstawia (rys. 9). Należy zaznaczyć, że wyznaczone w ten sposób naprężenia są prawdziwe, jedynie dla ośrodka w pewnej odległości od ścianek bocznych. W samych płaszczyznach kontaktu stan naprężeń ulegnie zaburzeniu od dodatkowych sił tarcia występujących w



Rys. 8



Rys. 9



Rys. 10

tych płaszczyznach. W naturalnych warunkach, gdy mamy do czynienia ze znacznymi długościami odsłoniętych płaszczyzn w stosunku do ich wysokości, wpływ sił tarcia od ścian bocznych można pominąć. Prowadzone w podany sposób badania, pozwoliły na uchwycenie zależności  $\varepsilon(\sigma)$  w warunkach, gdy górotwór pod wpływem obciążeń doznaje odkształceń sprężystych. Można powiedzieć, że w warunkach naturalnych jest to stan odpowiadający narastaniu ciśnień eksploatacyjnych przed rozkruszeniem skał.

W dalszym toku prac w fazie kruszenia obserwowano przemieszczanie się górotworu w kierunku odsłoniętych płaszczyzn oraz powstawanie klinów zagęszczonego materiału. Dla układów warstw ze wspornikiem śledzono stopniową deformację warstwy wspornikowej, zachowanie się warstw pod i nad wspornikiem, a następnie blokowe łamanie się warstw nad wspornikiem. Do przeprowadzenia badań wytypowano 6 najczęściej występujących układów geologicznych warstw, pokazanych na (rys. 10). Warstwy zaprojektowano z betonu i zapraw cementowych w formie płytek o wymiarach 200x200 mm i odpowiednich wysokościach. Z przygotowanych warstw modelowano trzy egzemplarze dla każdego układu geologicznego, na których następnie dokonano badań. W czasie prowadzenia prac sporządzano protokoły odczytów wskazań czujników i przebiegu odkształceń.

#### 4. Prace własne

Badania laboratoryjne modeli warstw przeprowadzono dla dwóch stopni odsłonięcia górotworu:

- przy jednej płaszczyźnie odsłoniętej,
- przy dwóch odsłoniętych płaszczyznach.

Uzyskane z pomiarów dane ujęto w tabelach.

Aby otrzymać pełniejszy obraz przebiegu odkształceń, wyniki pomiarów zilustrowano w układach współrzędnych  $\varepsilon(\sigma)$  i  $\varepsilon_p(\sigma)$  przy czym za  $\varepsilon$  i  $\varepsilon_p$ , wzięto wartości średnie z trzech pomiarów, obliczając je wg wzorów dla materiałów sprężystych. Średnią wytrzymałość układu obliczono wzorem:

$$R_{cu} = \frac{R_{c_1} \cdot h_1 + R_{c_2} \cdot h_2 + \dots + R_{c_n} \cdot h_n}{h_1 + h_2 + \dots + h_n} \quad [\text{kg/cm}^2]$$

w którym:

$R_{c_1}, R_{c_2} \dots$  - doraźne wytrzymałości poszczególnych warstw,

$h_1, h_2 \dots$  - wysokości warstw.

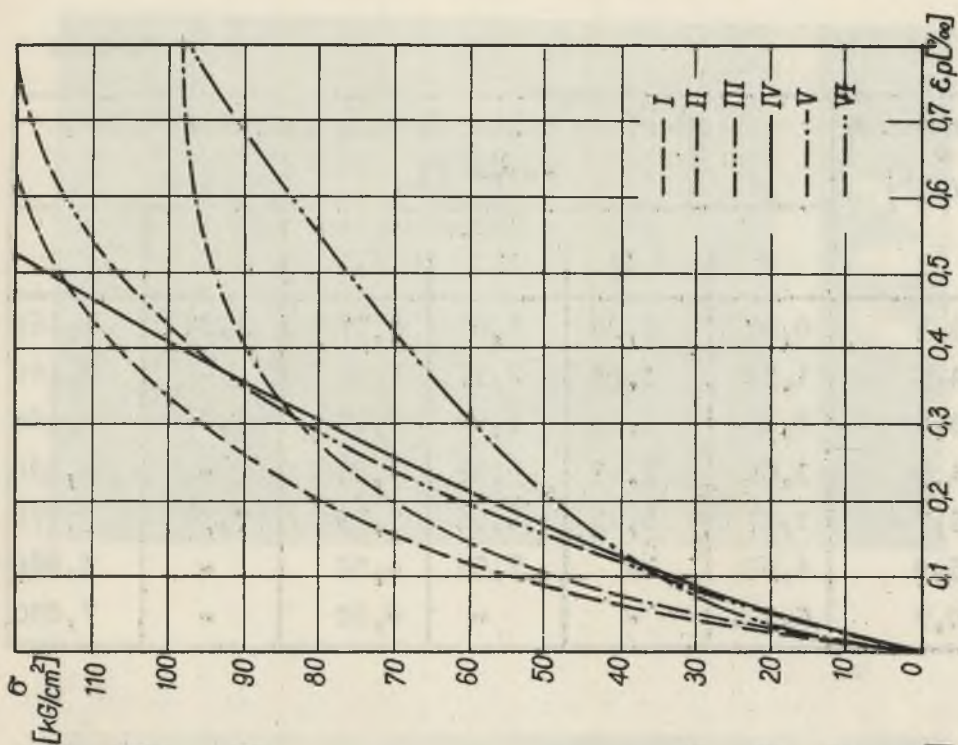
#### 4.1. Badania modeli warstw przy jednej płaszczyźnie odsłoniętej

W pierwszej fazie badań w celu mierzenia odkształceń sprężystych, modele warstw poddawano stopniowo obciążeniu. Odczytów odkształceń dokonywano dla przyrostu ciśnienia na manometrze o 10 atm. co w przybliżeniu odpowiadało około 608 KG. Przebieg deformacji pionowych dla badanych układów obrazują krzywe przedstawione na rys. 11. Zależność odkształceń poprzecznych w kierunku odsłoniętej płaszczyzny, dla niektórych warstw obrazują krzywe rys. 12. Liczbowe wartości wyżej wymienionych zależności podają odpowiednio tablice 1 i 2.

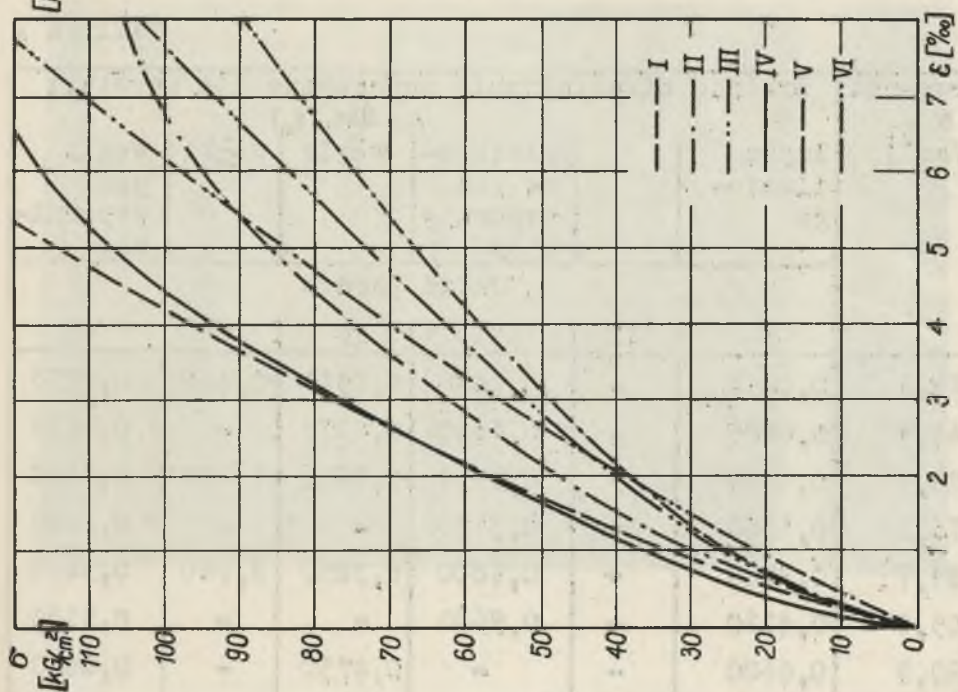
Układ I. Układ pomiarowy czujników usunięto przy naprężeniach pionowych wynoszących 120,9 [kg/cm<sup>2</sup>], po czym model doprowadzono do całkowitego zniszczenia. Dalsze deformacje warstw przebiegały stopniowo. Z chwilą osiągnięcia naprężeń ok. 160 [kg/cm<sup>2</sup>] środkowa warstwa łupku ilastego doznawała niewielkich pionowych zarysowań. Przy naprężeniach około 197 [kg/cm<sup>2</sup>] następowało zapoczątkowanie klinowego wyciskania warstwy w kierunku odsłoniętej płaszczyzny. Dalszy wzrost naprężeń powodował deformacje całego układu.

Układ II. Podobnie jak poprzednio dokonano pomiarów deformacji drugiego zespołu warstw. Pierwszych spękań i w tym układzie doznawała najszabsza warstwa łupku ilastego, a następnie leżący pod nią piaskowiec. Klinowe przemieszczania warstw w kierunku odsłoniętej płaszczyzny występowały tylko w warstwach pod wspornikiem i tylko te warstwy uległy rozkruszeniu. Warstwa łupku piaszczystego leżąca nad uginającym się wspornikiem, doznała jedynie lekkich spękań od czoła. Powstała w końcowej fazie zginięcia szczelina pomiędzy warstwą górną i płytką dociskową (rys. 13), świadczy o ugięciu, a następnie blokowym załamaniu się warstwy nad wspornikiem. Po skończonym badaniu, w każdej z trzech przeprowadzonych prób, zaobserwowano rozłamanie górnej warstwy





Rys. 12



Rys. 11

Tablica 1

Napężenia $\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Średnie odkształcenia podłużne $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} [\%]$					
	Układ warstw					
	I	II	III	IV	V	VI
29,9	0,87	0,89	1,01	0,77	1,22	1,460
44,3	1,50	1,73	2,37	1,27	-	2,480
59,5	2,26	3,23	4,08	2,17	3,70	3,480
74,3	3,06	3,97	5,37	2,88	-	4,690
89,7	3,87	5,25	6,56	3,79	7,50	5,770
105,0	4,60	-	7,85	4,50	-	6,860
120,9	5,10	-	-	6,50	-	7,850

Tablica 2

Napężenia $\sigma$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Średnie odkształcenia poprzeczne dla warstwy: $\varepsilon_p = \frac{\Delta l_p}{l_p} [\%]$					
	łupku ilaste- go		piaskow- ca pod wsporni- kiem	węgla	węgla	węgla pod wsporni- kiem
I	II	III	IV	V	VI	
29,9	0,0292	-	0,0458	0,0941	0,408	0,0733
44,3	0,0805	-	0,1460	0,1375	-	0,1275
59,5	0,1204	-	0,3350	0,2600	1,290	0,1840
74,3	0,1580	-	0,5120	-	-	0,2620
89,7	0,2580	-	0,6800	0,3850	3,960	0,3430
105,0	0,4120	-	0,9620	-	-	0,5180
120,9	0,6680	-	-	0,4750	-	0,8040



Rys. 14



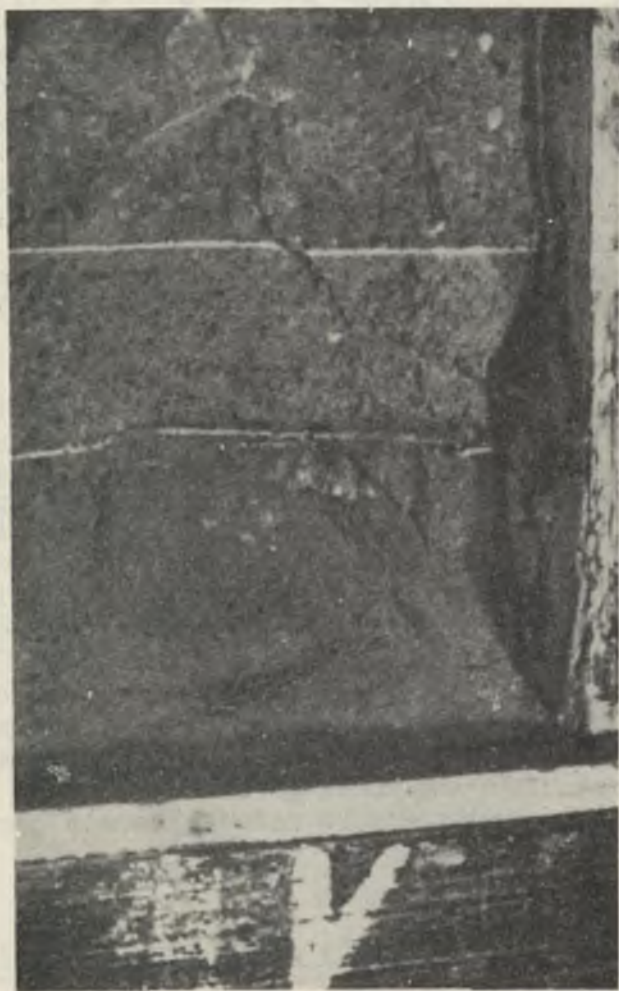
Rys. 13

żupku piaszczystego równoległe do odsłoniętej płaszczyzny. Deformacje warstw pod wspornikiem przebiegały w sposób podobny do deformacji w jednorodnej warstwie. Wierzchołek powstałego klina znajdował się nieco powyżej płaszczyzny styku piaskowca i żupku ilastego. Również i w tym doświadczeniu można zaobserwować wzajemny wpływ deformacji kontaktujących się warstw.

Układ III. Zgodnie z przyjętą metodyką przeprowadzono badania trzeciego układu. Układ ten posiadał dwie pary warstw przedzielone wspornikiem, przy czym dolną parę stanowił żupek ilasty kontaktujący z piaskowcem, górną - piaskowiec z żupkiem piaszczystym. Jak wynika z doświadczeń, największym deformacjom uległy warstwy pod wspornikiem, z nich to nastąpiło klinowe wyciskanie materiału w kierunku odsłoniętej płaszczyzny. Równocześnie z przemieszczaniem warstw, następowało uginanie wspornika i warstw nadległych, aż do blokowego ich załamania i powstania szczeliny pomiędzy górną warstwą a płytką dociskową.

Układ IV. Dotychczas badane modele nie posiadały w swej budowie skały węglowej. Obecnie zostaną omówione wyniki badań przeprowadzone z próbami, gdzie warstwa węgla sąsiaduje z innymi skałami o różnej wytrzymałości. W układzie IV podłoże węgla stanowi średnio mocny żupek piaszczysty, od góry węgiel kontaktuje z żupkiem ilastym. Przebieg odkształceń w fazie sprężystej ośrodka przedstawiają wykresy rys. 11 i 12. Końcowy stan deformacji przedstawia rys. 14. W czasie badań zaobserwowano, że w warstwach słabszych zniszczenie struktury materiału, nastąpiło znacznie dalej od odsłoniętego czoła, niż w warstwach żupku piaszczystego, doznających jedynie niewielkich uszkodzeń. Należy wnioskować, że warstwy te zostały rozciągane przez przemieszczający się węgiel i żupek ilasty. Nie zaobserwowano tu blokowego załamania się nadległego żupku piaszczystego, który stopniowo osiadał na równomiernie deformującym się żupku ilastym i węglu.

Układ V. W układzie V otoczenie warstwy węglowej stanowił od podłoża żupek piaszczysty, w stropie znajdował się piaskowiec. Jest to obok układu VI częsty przypadek występowania pokładów węgla w serii karbonu produktywnego dla Zagłębia Górnośląskiego. Pomierzone w czasie badań odkształcenia podają tablice 1 i 2. Pierwsze, prawie pionowe pęknięcia (zgodnie z kierunkiem działającego ciśnienia) wystą-



Rys. 15

piły w warstwie węgla już przy naprężeniach  $130 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ . Dalszy przyrost obciążenia powodował przeniesienie spękań do warstwy łupku nie obejmując jednak górnej warstwy piaskowca. Przemieszczanie materiału w kierunku odsłoniętej płaszczyzny odbywało się tylko w węglu i łupku piaszczystym; w warstwach tych doszło również do klinowych deformacji rys. 15. Poczynione w czasie badań obserwacje niszczenia potwierdza całkowicie ostateczny stan uszkodzenia. Widzimy, że mocna warstwa piaskowca pozostała prawie nienaruszona. Podana rozciąganiu od przemieszczania słabszej skały, uległa niewielkim spękanom. Ważny jest pionowy kierunek tych spękań, gdyż zależy on od rodzaju naprężeń niszczonej. Naprężenia ściskające dają w skałach klinowe linie poślizgu. Naprężenia rozciągające - pęknięcia.

Układ VI. Wyniki wykonanych pomiarów deformacji układu VI podają tablice 1 i 2. Usunięcia czujników dokonano przy naprężeniach  $120,9 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ . Zwiększenie ciśnienia do  $274 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ , spowodowało wystąpienie pierwszych spękań na warstwach pod wspornikiem. W miarę przyrostu obciążenia - pęknięcia powiększały się oraz narastały przemieszczenia warstw pod wspornikiem. Zniszczenie modeli nastąpiło przy znacznym przekroczeniu wytrzymałości poszczególnych warstw. Zaznacza się tu wpływ odsłonięcia na wytrzymałość górotworu. Skały występujące w czole wyrobiska górniczego dążą do jego zapełnienia przy znacznie wyższych naprężeniach niż ich wytrzymałości. Dlatego przy wszelkich obliczeniach wielkości ciśnień przenoszonych przez górotwór, należy uwzględnić stopień odsłonięcia - jako ważny parametr jego nośności.

#### 4.2. Badania modeli warstw przy dwóch płaszczyznach odsłoniętych

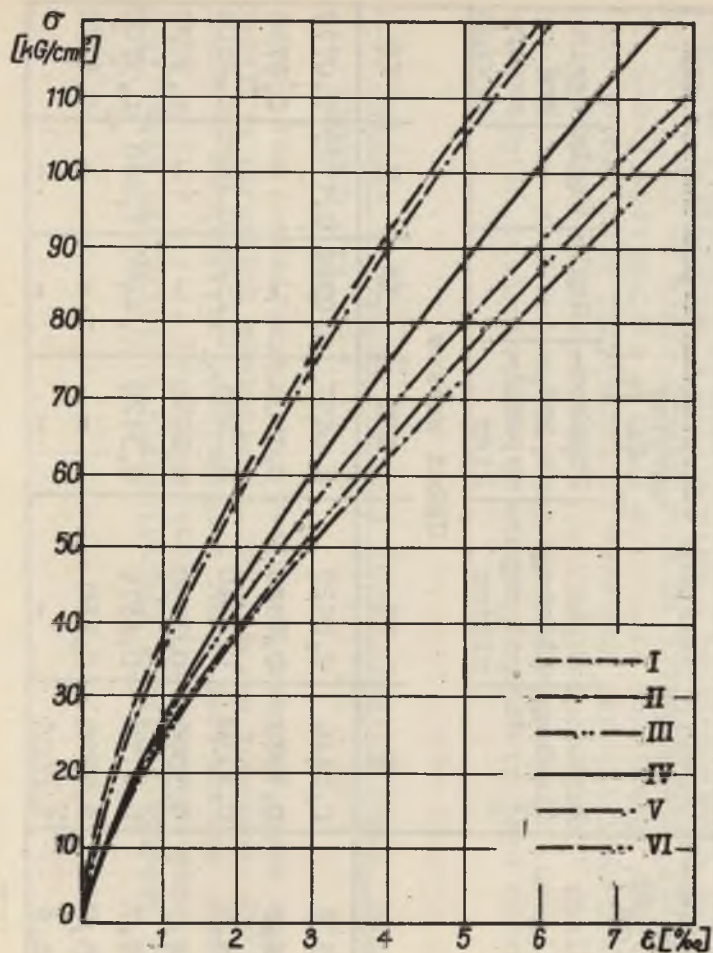
Dalszy tok prowadzonych prac obejmował badania tych samych modeli w warunkach odsłonięcia dwóch ścian bocznych. Wyniki pomiarów odkształceń powstałego w ten sposób naroża zawierają tablice 3 i 4. Przebieg deformacji warstw górotworu przy dwóch odsłoniętych płaszczyznach obrazują wykresy rys. 16 i 17.

Tablice 3

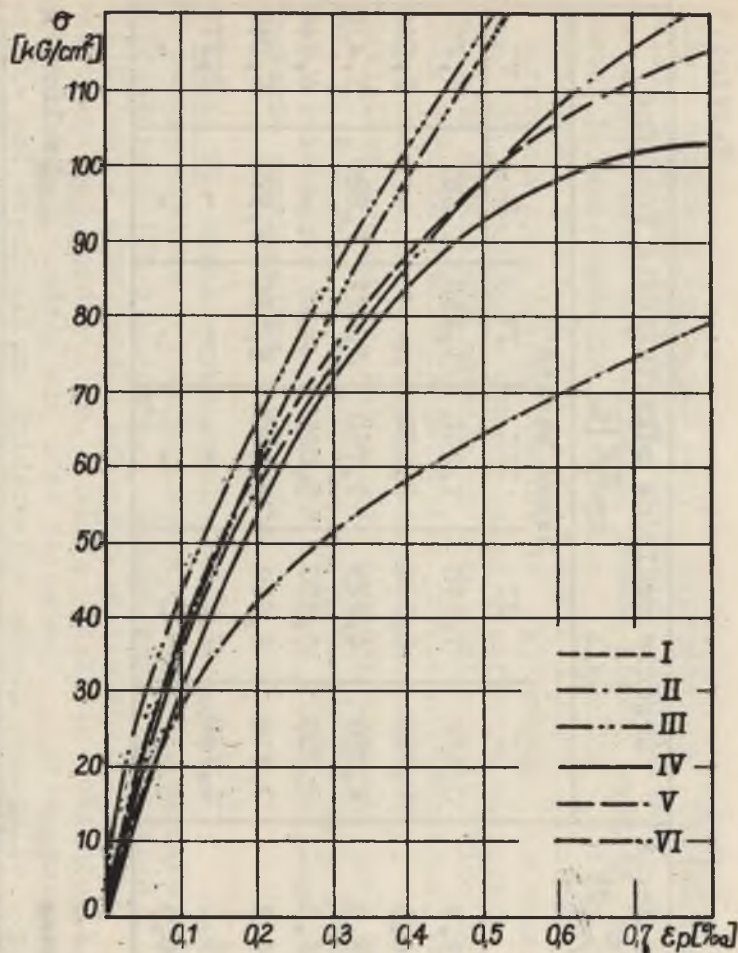
Napężenia [ $\text{kg/cm}^2$ ]	Średnie względne odkształcenia podłużne $\varepsilon = \frac{\Delta l_{\text{ar}}}{l} [\%]$					
	Układ warstw					
	I	II	III	IV	V	VI
29,9	0,630	1,190	1,260	1,290	0,687	1,202
44,3	1,280	2,880	2,530	-	-	2,540
59,5	2,050	4,223	3,760	3,021	1,880	3,430
74,3	2,760	5,530	5,000	-	-	4,940
89,7	3,710	6,610	5,900	5,060	3,920	6,040
105,0	4,780	7,870	-	-	-	7,370
120,9	6,300	-	-	-	-	-

Tablica 4

Napężenia [ $\text{kg/cm}^2$ ]	Średnie względne odkształcenia poprzeczne dla warstwy $\varepsilon_p = \frac{\Delta l_o}{l_o} [\%]$					
	Łupku ilastego	Łupku ilastego pod wspornikiem	Piaskowca pod wspornikiem	Węgla	Węgla	Węgla pod wspornikiem
	Układ warstw					
	I	II	III	IV	V	VI
29,9	0,0440	0,0520	0,0457	0,0960	0,1125	0,0710
44,3	0,1375	0,1340	0,1104	-	-	0,1710
59,5	0,2330	0,2040	0,1895	0,2320	0,4095	0,2500
74,3	0,3000	0,3050	0,2610	-	-	0,3170
89,7	0,4170	0,4570	0,3120	0,4400	1,860	0,3700
105,0	0,5900	0,550	-	-	-	0,4270
120,9	1,0000	-	-	-	-	-



Rys. 16



Rys. 17



Układ I. W chwili osiągnięcia naprężeń  $120,9 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$  warstwy łupku ilastego oraz łupku piaszczystego doznawały pierwszych pionowych zarysowań od strony krawędzi naroża. W miarę narastania obciążenia pęknięcia powiększały się i zaczęły obejmować dolną warstwę piaskowca. Spękany materiał przy zwiększaniu ciśnienia przemieszczał się w kierunku odsłoniętym w sposób regularny i stopniowy. Przebieg deformacji zakończyło rozgniecenie naroża i utworzenie się stożków rys. 13. Zwiększenie stopnia obnażenia spowodowało (tablica 5) zmniejszenie wytrzymałości doraźnej układu. Nośność więc naroży jest znacznie niższa od ociosów wyrobisk. Obserwacje te zostaną jeszcze potwierdzone dalszymi badaniami. Niszczenie próbek odbywało się w sposób nagły.

Układ II. Kolejnym badanym układem był układ drugi posiadający w swej budowie wspornik pomiędzy łupkiem ilastym i łupkiem piaszczystym. Podłoże łupku ilastego stanowił piaskowiec. Zwiększenie obciążenia (poza zasięg odkształceń sprężystych) powodowało deformacje naroża pod wspornikiem, aż do chwili osiągnięcia naprężeń krytycznych, po czym następował nagły rozpad deformującego się naroża i zakamienie warstwy nad wspornikiem. Rozpadowi towarzyszył silny trzask oraz odrzucenie cząstek naroża na pewne odległości (ok. 1m). Zniszczeniu prób odpowiadał także spadek ciśnienia oleju w prasie. Lekkie pęknięcia warstwy nad wspornikiem dały się zauważyć jeszcze przed rozpadem próby. Zjawisko to było wynikiem kamienia się łupku piaszczystego spoczywającego na uginającym się wsporniku.

Układ III. Zwiększenie nacisku na próby ((po usunięciu czujników), powodowało powolne rozgniatanie naroża pod wspornikiem. Przy naprężeniach ok.  $150 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$  na narożu (w pobliżu krawędzi), wystąpiły pewne niewielkie jeszcze pionowe pęknięcia obejmujące obydwie warstwy pod wspornikiem. Począwszy od pierwszych zarysowań materiał naroża rozpoczął powolne przemieszczanie w kierunku dwóch odsłoniętych płaszczyzn. Równocześnie z niszczeniem naroża następowało uginanie wspornika i warstw nad nim leżących. Warstwy te w czasie deformacji stanowiły zwarty blok. Poślizg w płaszczyznach kontaktu warstw oraz kontaktu ze wspornikiem nie następował. Po osiągnięciu naprężeń ok.  $165 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$  na górnej warstwie łupku piaszczystego pojawiły się pierwsze pęknięcia. Od chwili pierwszych pęknięć, dał się zauważyć poślizg odłamane go bloku po płycie dociskowej za niszczoneym



Rys. 19



Rys. 18

narożem. Ostateczny stan deformacji przedstawia rys. 19. Należy zwrócić uwagę na powstałe odspojenie pomiędzy warstwami nad wspornikiem, a płytką dociskową, świadczące o uginaniu wspornika. Wielkość natomiast szczeliny załamania - jest równa przesunięciu odłamane go bloku za uginającym się wspornikiem. Niszczenie próbek przebiegało w sposób powolny bez nagłego rozpadu warstw pod wspornikiem.

Układ IV. Pod wpływem zwiększenia nacisku następowała deformacja układów. Najwcześniejsze pęknięcia już przy naprężeniach  $89,7 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$  pojawiły się na warstwach łupku ilastego i węgla. Od chwili wystąpienia spękań naroża, z warstwy środkowej następowało klinowe wyciskanie materiału, po czym modele rozpadały się w sposób nagły. Zjawisko rozpadu modeli jest podobne w skutkach do tapnięcia pokładowego w warunkach górniczych, połączonego z wyrzuceniem skały do wyrobiska.

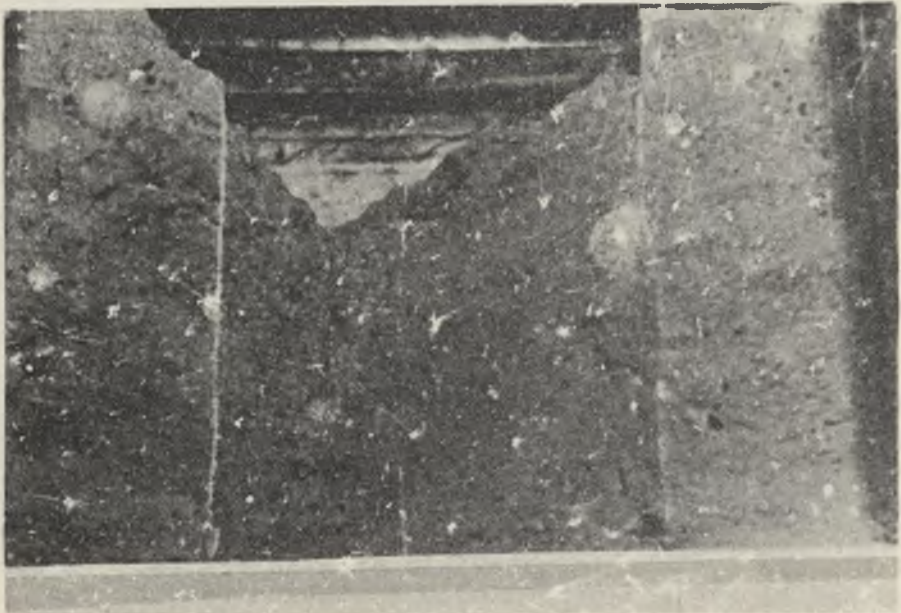
Widok próby układu IV po gwałtownym zniszczeniu przedstawia (rys. 20). Podobnie jak przy jednej płaszczyźnie odskonięcia, dolna warstwa układu uległa jedynie niewielkim zniszczeniom. Taka sama warstwa górna pozostająca jednak w kontakcie ze słabą warstwą łupku ilastego doznaje znacznie większych uszkodzeń. Na przykładzie deformacji układu IV, zaznacza się wpływ kontaktujących warstw na stopień zniszczenia w przypadku tarcia na kontakcie.

Układ V. Pęknięcia naroża oraz niewielkie miejscowe wykruszenia występowały na próbach już przy naprężeniach  $89,7 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ . Z tego względu daje się zauważyć skokowy wzrost odkształceń poprzecznych rys. 17. Dalsze zwiększanie nacisku powodowało gwałtowne rozsypanie modeli - podobne do poprzednio zaobserwowanych. Charakter powstałych stożków wskazuje na duże powiązanie międzywarstwowe, układ zachował się jak utwór monolityczny.

Układ VI. Ostatnie doświadczenia laboratoryjne wykonano z VI układem warstw. Odczyty wskazań czujników ujęto w tablicach 3 i 4. W dalszym toku badań, pod wpływem zwiększenia nacisku do ok.  $155 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$  na narożu występowały pierwsze pęknięcia o pionowym przebiegu. Wzrostowi ciśnienia do  $244 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$  towarzyszy powiększenie szczelin na narożu oraz rozpoczęcie wyciskania materiału spod wspornika. Przyrost naprężeń do  $275 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$  powoduje wystąpienie klinowych deformacji obejmujących całą warstwę węgla pod wspornikiem.



Rys. 21



Rys. 20

W chwili osiągnięcia naprężeń krytycznych, nastąpił gwałtowny rozpad warstw pod wspornikiem, połączony z trzaskiem i odrzuceniem cząstek materiału. Równie ze zniszczeniem próby warstwa nad wspornikiem doznała zakłamania rys. 21. Ugięcie wspornika a także blokowe odkształcenie górnej warstwy, nastąpiło wzdłuż przekątnej nad narożem.

### 5.3. Analiza wyników doświadczeń

Przeprowadzone w niniejszej pracy modelowe badania różnych układów warstw, umożliwiają zaobserwowanie pewnych zjawisk związanych z zachowaniem się skał przy odsłonięciu jednej lub dwóch płaszczyzn. Różny przebieg niszczenia próbek skalnych pozwala stwierdzić, że stopień obniżenia wpływa bezpośrednio na proces deformacji warstw górotworu. Porównując zamieszczone w tablicy 5 dane wytrzymałościowe można łatwo zauważyć, że niszczenie próbek przy jednej płaszczyźnie odsłoniętej, odbywało się przy wzroście naprężeń głównych o ok. kilkadziesiąt procent, w porównaniu do naprężeń powodujących zniszczenie tych samych układów przy odsłonięciu dwóch płaszczyzn. Wzrost ten uwidacznia się jeszcze wyraźniej w przypadku obecności w układzie wspornika.

Można to zaobserwować na przykładzie wszystkich układów; naroża doznawały wcześniejszych spękań oraz ich deformacje przebiegały szybciej. Nie bez przyczyny są więc nagłe rozpady prób układów I, II, IV, V i VI w czasie wykonywania badań. Wyższy stopień odsłonięcia powoduje większe osłabienie górotworu oraz umożliwia szybkie wyzwolenie nagromadzonej energii sprężystej. Dlatego też niszczenie modeli obnażonych od strony tylko jednej ścianki miało przebieg znacznie powolniejszy. Nie znaczy to oczywiście, aby w układach tych gwałtowny rozpad nie występował. Owszem może nastąpić, ale przy większych nagromadzeniach energii sprężystej.

Rozpatrując zagadnienie w odniesieniu do warunków naturalnych można powiedzieć, że brak tępaków w przodkach wybierkowych nie wyklucza możliwości ich wystąpienia w tych samych skałach w chwili zbliżenia się dwóch naprzeciw siebie prowadzonych frontów eksploatacyjnych, bądź też w przypadku wybierania wysp czy klinów pokładów. Oczywiście takie stwierdzenie jest dużym uproszczeniem zjawiska, dającym jedynie ogólną informację. Również obecność w układzie warstw wspornika wpływa w znacznym stopniu na przebieg deformacji oraz na wytrzymałość układu (patrz tabl. 5). War-

## Zestawienie danych wytrzymałościowych

Rodzaj skały		Układ warstw					
		I	II	III	IV	V	VI
		[kg/cm <sup>2</sup> ]					
Łupek ilasty		108	108	108	108	-	108
Węgiel		-	-	-	148	148	148
Łupek piaszczysty		240	240	240	240	240	240
Piaskowiec		426	426	426	-	426	-
Wspornik		-	3000 (stal)	3000 (stal)	-	-	3000 (stal)
Obliczona wytrzymałość układu R <sub>w</sub>		250	434	478	183	273	407
Średnia doraźna nośność (wytrzymałość) układu z badań R <sub>c</sub>	Jedna płaszczyzna odsłonięcia	232	361,3	333	206	236	387
	Dwie płaszczyzny odsłonięcia	184	236	226	174	153	292

stwa wspornikowa jako bardzo mocna, eliminuje wzajemne wpływy deformujących się warstw oraz swą wytrzymałością znosi przenoszenie się spękań na cały układ. Na przykładzie modeli ze wspornikiem widzimy, że odizolowane warstwy zachowują się jak niezależne układy. Te same naprężenia wywołują różne skutki w warstwach pod i nad wspornikiem.

Nośność górotworu z mocnymi warstwami skalnymi jest wyższa, mimo że i w tym przypadku zaznacza się wpływ stopnia odsłonięcia. Warto dodać, iż strefa uszkodzenia w materiale sięga znacznie dalej w narożach, aniżeli w czołach przodków. Porównując rysunki 13, 14, 15 oraz 18, 19, 20 i 21 nietrudno zauważyć, że wyciskany klin skalny sięgał dalej w głąb materiału w serii badań "B", a kąt linii poślizgu posiadał większe wartości. W pobliżu naroży należy się liczyć z wystąpieniem większych nacisków górotworu na obudowę wyrobisk, aniżeli w pozostałej ich części. Ciśnienia te będą tym większe im słabsza jest skała, w której wykonano wyrobisko, niezależnie od skał stropowych. Dlatego słusznym wydaje się wzmacnianie obudowy wyrobisk w miejscach większego odsłonięcia górotworu.

Ze względu na ważność, proces niszczenia obudowy naroża wymaga dalszych badań prowadzonych w połączeniu z obserwacjami w warunkach górniczych. Blokowe zakłamanie warstw nad wspornikiem (przebieg ich omówiono szczegółowo poprzednio), są uzależnione również od stopnia odsłonięcia. Poślizgi odłamanych bloków po płycie dociskowej, a także wielkość odspojień od tej płytki (porównaj rys. 13÷21), są wyraźniejsze dla badań serii "B". Linia pęknięcia bloku ma przebieg równoległy do ścianki odsłoniętej dla pierwszego stopnia obciążenia, dla stopnia drugiego przekątnie odcina naroże od calizny. Różna budowa modeli jest również przyczyną różnego sposobu deformowania się warstw. O nośności całego układu decydowała zawsze najsłabsza warstwa, ulegając najwcześniej spękanom. Za nośność uważać będziemy wytrzymałość zespołu warstw. Powstałe rysy obejmowały następnie swym zasięgiem warstwy sąsiednie i układ deformował się jak utwór monolityczny. Wyciśnięte kliny zawierały materiał wszystkich warstw. Zaznacza się tu wpływ przemieszczeń słabej warstwy na kontaktujące, poprzez tarcie na przyleganiu. Mocniejsze warstwy niszczone wtedy były na skutek rozciągań (rys. 15).

Nieco inaczej przebiegało niszczenie układu IV. Słaba warstwa łupku ilastego kontaktując od góry z łupkiem piaszczystym, a mając na podłożu warstwę węglową, spowodowała

ich zniszczenie. Taki sam łupek piaszczysty zalegający pod węglem - doznał niewielkich uszkodzeń (rys. 20).

Graficzny obraz  $\varepsilon(\sigma)$  i  $\varepsilon_p(\sigma)$  dla badanych układów przedstawiają zamieszczone na rys. 11, 12, 16 i 17 wykresy. Przebieg sprężystych odkształceń naroży jest łagodniejszy, natomiast deformacje ociosów, ze względu na tarcie pochodzące od ścianek bocznych dają nieco większe rozbieżności. Ponadto, odkształcenia poprzeczne dla układów z dwoma odsłoniętymi płaszczyznami przewyższają ogólnie wielkości uzyskane przy jednej płaszczyźnie obnażania. Jest to zgodne ze stwierdzeniem, że skały w narożach są mniej wytrzymałe. Aby móc ściślej określić rozkład naprężeń w uwarstwionym górotworze w zależności od stopnia odsłonięcia, koniecznym jest rozszerzenie teoretycznych rozważań w tym zakresie, jak i wykonanie dodatkowych doświadczeń.

### Wnioski

Wykonane w pracy doświadczenia miały wyjaśnić w drodze laboratoryjnych obserwacji, stosownie do celu i założeń pracy, wpływ stopnia odsłonięcia na przebieg deformacji warstw górotworu. Na podstawie poczynionych w toku badań spostrzeżeń, jak również dokonanej analizy wyników, wyprowadzono następujące wnioski końcowe.

1. Na charakter deformacji uwarstwowanego górotworu wpływa bezpośrednio jego stopień odsłonięcia. Także o nośności (wytrzymałości) skał decyduje liczba obnażonych płaszczyzn.

2. Szybkość niszczenia warstw zależy również od stopnia odsłonięcia. W przypadku naroży można się liczyć z powstaniem tępaków przy znacznie niższych ciśnieniach (mniejsze głębokości). Należy jednak mieć na uwadze, iż zjawisko relaksacji w narożach przebiega łatwiej.

3. W narożach, gdzie strefa rozkruszenia materiału sięga znacznie głębiej do wnętrza górotworu, należy spodziewać się wcześniejszego uplastycznienia skał. W miejscach bardziej obnażonych wskazane jest więc stosowanie wytrzymałszej obudowy wyrobisk górniczych.

4. Szczelina blokowego załamania warstw nad narożem posiada przebieg przekątny, nad ociosem - równoległy do odsłoniętego czoka. Dlatego przy prowadzeniu eksploatacji górniczej pod warstwami skłonnymi do nagłych blokowych załamania, należy mieć na uwadze kierunek płaszczyzn łupliwości.



Dalsze wnioski nie wpływające bezpośrednio ze stopnia od-słonięcia górotworu to:

5. O nośności zespołu warstw górotworu decyduje skała najszlubsza.

6. Przebieg deformacji, a także ich stan końcowy - zale-żą od miejsca występowania najszlubszej warstwy.

7. Rodzaj wypełnienia międzywarstwowego w decydujący spo-sób wpływa na zasięg strefy uszkodzeń. Istnienie na kontak-cie warstw tarcia powoduje przenoszenie spękań na warstwy sąsiednie.

8. Niszczenie mocnych warstw spoczywających na słabym podłożu następuje pod wpływem rozciągań pochodzących od przemieszczeń podłoża.

9. Obecność w geologicznej budowie górotworu wspornika wy-rażnie wpływa na przebieg deformacji oraz powoduje podnie-sienie nośności zespołu warstw.

#### LITERATURA

- [1] Chudek M.: Analiza przyczyn obrywania się skał w wyro-biskach wybierkowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. nr 105 Gliwice 1964 r.
- [2] Galanka J.: Hipoteza sklepień wspornikowych w górotwo-rze Katowice 1964 r.
- [3] Lisowski A.: Przemieszczanie górotworu w świetle teorii sprężystości. Archiwum Górnictwa tom I zeszyt 1 1956r.
- [4] Lisowski A.: Niszczenie próbek kostkowych skał w świet-le teorii sprężystości. Archiwum Górnictwa tom 1 zeszyt 4 1956 r.
- [5] Ruppenejt K.W.: Niekotoryje woprosy miechaniki gornych porod Moskwa 1954 r.
- [6] Ruppenejt K.W.: Miechaniczeskije swojstwa gornych porod Moskwa 1956 r.
- [7] Sałustowicz A.: Mechanika górotworu. Katowice 1955 r.

- [8] Sokolowski W.W.: Rozkład naprężeń w płaskim stanie odkształcenia plastycznego w świetle teorii równowagi granicznej.
- [9] Trumbacziew B.F., Mielnikow E.A.: Raspriedieleniye napriazhenij w mieżdukamiernych cielikach i potołocinach Moskwa 1961 r.
- [10] Znański J.: Kryteria powolnego i gwałtownego zruszania się środowiska do wyrobisk. Prace GIG. Komunikat 250 Katowice 1960 r.
- [11] Znański J.: Analogia zjawisk tapania do zgniatania próbek w prasie. Przegląd Górniczy nr 5 1953 r.

## ИССЛЕДОВАНИЯ НА МОДЕЛЯХ ПО ПОВЕДЕНИЮ СЛОВ ГОРНОЙ ПОРОДЫ ПРИ ОДНОЙ И ДВУХ ОТКРЫТЫХ ПЛОСКОСТЯХ

## Р е з ю м е

На основании анализа некоторых работ выполненных до сих пор по исследованию горных пород, была произведена попытка определения влияния степени открытия на течение и характер деформации породы. Было обращено внимание на послойное строение горной породы как решающий фактор состояния его внутренних напряжений. Для получения ясных выводов была выполнена серия исследований на моделях при учете вышеуказанных факторов.

## MODEL INVESTIGATIONS ON THE BEHAVIOUR OF OROGENETIC STRATA WITH ONE AND TWO UNCOVERED PLANES

## S u m m a r y

On the ground of analysis of some papers concerning orogenesis investigations in mining conditions, an attempt has been taken to determine influence of the degree of uncovering upon the course and character of the rock deformation. The attention has been turned too on the stratified structure of the orogenesis as an important factor of the stress state in its interior.

A series of investigations by means of models was being made, taking into consideration aforementioned factors, to draw some adequate conclusions.