

MIROSLAW CHUDEK, TADEUSZ STAROŃ

WSPÓŁCZYNNIK ROZLUZOWANIA SKAŁ TOWARZYSZĄCYCH  
POKŁADOM WĘGLA W ŚWIETLE BADAŃ LABORATORYJNYCH

Streszczenie. Opisano urządzenie oraz metodę badań współczynnika rozluzowania skał towarzyszących pokładom węgla.

Podano wyniki pomiarów laboratoryjnych współczynnika rozluzowania skał.

1. Wstęp

Znajomość wielkości współczynnika rozluzowania skał towarzyszących pokładom węgla w zależności od ich fizykomechanicznych właściwości ma duże znaczenie w technice górniczej.

Dla podjęcia prób związanych z możliwością prowadzenia eksploatacji pokładu węgla z zawałem stropu pod pokładem z polem pożarowym, względnie dla określenia bezpiecznej odległości przy której możliwe jest wybieranie pokładów podebranych, dużą rolę odgrywa współczynnik rozluzowania skał. Jak wiadomo z praktyki, wysokość zawału powstającego samorzutnie nad wybieranym pokładem uzależniona jest między innymi od grubości eksploatowanego pokładu, wielkości współczynnika rozluzowania skał oraz ciśnienia występującego w górotworze.

Znane z literatury wielkości współczynnika rozluzowania skał posiadają duże rozbieżności. - S.T. Kuźniecowa [2] podaje wielkość współczynnika rozluzowania skał karbońskich dla warunków Zagłębi Związku Radzieckiego w zależności od rodzaju i miąższości warstw, w granicach od 1,15 do 1,35.

J. Znański w pracy [4] podaje wielkość współczynnika rozluźnienia skał w granicach od 1,28 (żupki) do 1,35 (piaskowce), przy uwzględnieniu ich zgniatania do  $1000 \text{ kg/cm}^2$ , co odpowiada głębokości około 800 m. A. Lisowski [1] w swoich badaniach nad wysokością zawału tzw. "chaotycznego" przyjmuje wielkość współczynnika rozluźnienia skał w granicach od 1,4 do 1,8.

Z przytoczonych przykładów widzimy, że wielkości współczynnika rozluźnienia skał nie są jednakowe.

Koniecznym więc jest przeprowadzenie badań laboratoryjnych nad współczynnikiem rozluźnienia skał.

Badania te pozwolą określić wartość liczbową tego parametru oraz wyjaśnić, jakie czynniki mają wpływ na jego wielkość. Pewnym jest, że własności fizykomechaniczne skał oraz wielkości nacisku zgniatania pod prasą hydrauliczną próbek skał będą wpływały na wartość parametru współczynnika rozluźnienia skał.

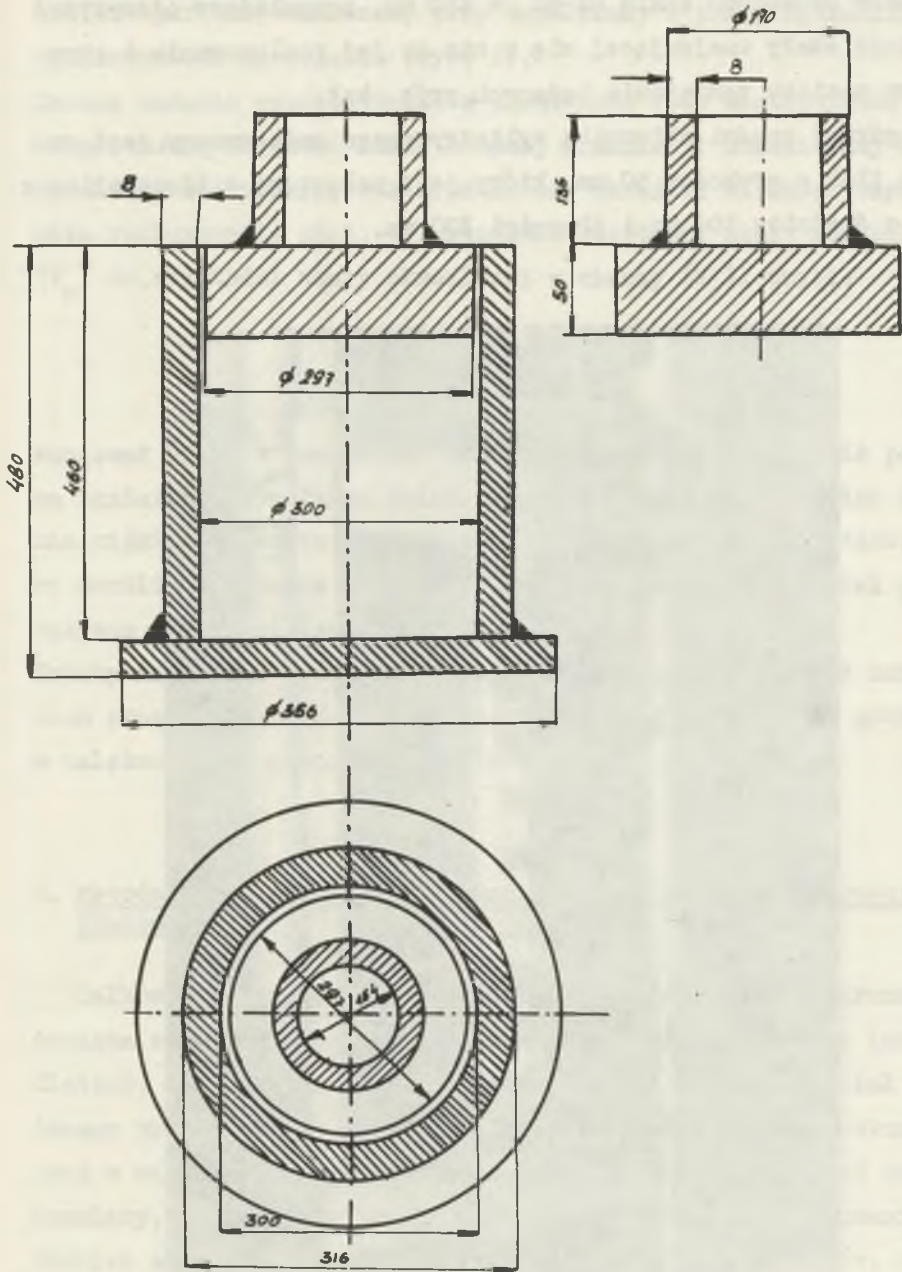
W niniejszym opracowaniu analizuje się przytoczone wyżej zagadnienia ze szczególnym uwzględnieniem laboratoryjnego określenia współczynnika rozluźnienia skał, który ma decydujące znaczenie dla samorzutnie powstającej wysokości zawału nad eksploatowanym pokładem.

## 2. Aparatura własna do określenia współczynnika rozluźnienia skał

Dla określenia wielkości współczynnika rozluźnienia skał konieczne było przeprowadzenie pomiarów laboratoryjnych tego parametru. W tym celu skonstruowano urządzenie, w kształcie zbiornika cylindrycznego (rys. 1).

Urządzenie to składa się z rury cylindrycznej o  $\varnothing 300 \text{ mm}$ , wysokości  $450 \text{ mm}$  i grubości ścianki  $8 \text{ mm}$ .

Cylinder u dołu zamyka dno o grubości  $30 \text{ mm}$ .

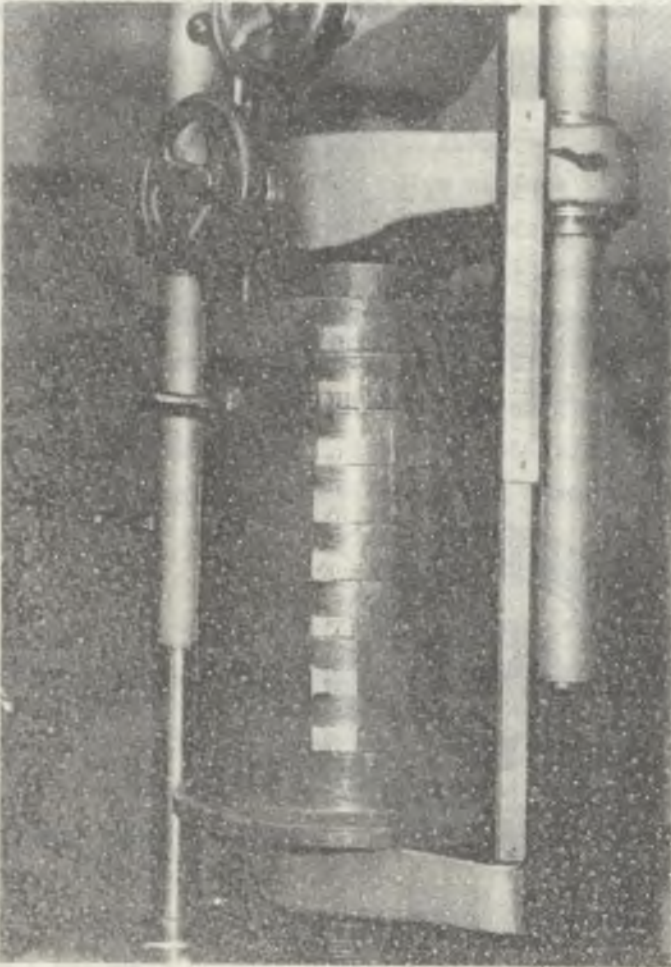


Rys. 1. Urządzenia cylindryczne do pomiaru współczynnika rozluźnienia skał (wg projektu Staronia)



Cylinder oznaczono skalą od 50 do 450 mm, pozwalający odczytywać objętość skały znajdującej się w nim po jej rozluźnieniu i przy różnym nacisku zgniatania badanych prób skał.

W górnej części zbiornika cylindrycznego umieszczony jest ruchomy tłok o grubości 50 mm, który jest połączony z tłoczyskiem z rury o średnicy 100 mm i długości 200 mm.



Rys. 2. Zdjęcie urządzenia cylindrycznego przy współpracy z prasą hydrauliczną - podczas badań

Zestaw aparatury badawczej przy współpracy z prasą hydrauliczną przedstawiono na zdjęciu (rys. 2).

Zasada badania współczynnika w urządzeniu jest następująca: określoną w cieczy objętość skały o danej granulacji umieszczamy w urządzeniu cylindrycznym, w którym możemy określić wielkość współczynnika rozluźniania skał, tj. stosunek objętości skały rozluźnianej ( $V_r$ ) do objętości skały określonej w cieczy ( $V_c$ ), czyli:

$$k_r = \frac{V_r}{V_c} > 1 \quad (1)$$

Ponieważ skała w środowisku zawałowym jest systematycznie poddawana zgniataniu wywołanym działaniem tzw. "tylnego wspornika sklepienia ciśnień", przeto w urządzeniu znajduje się ruchomy tłok, który umożliwia badanie zmian współczynnika rozluźniania skał pod wpływem różnej wielkości siły zgniatania.

Żądany nacisk na próbę skał w cylindrze uzyskuje się pod działaniem prasy hydraulicznej, co odzwierciedlać może nacisk górotworu w zależności od głębokości pokładu.

### 3. Metoda badań współczynnika rozluźniania skał towarzyszących pokładom węgla

Całkowite odwzorowanie w badaniach laboratoryjnych warunków środowiska skał w zawale jest zagadnieniem złożonym (między innymi dlatego, że dla właściwego odzwierciedlenia gruzowiska skał powstającego przy zawale - urządzenie do badań współczynnika rozluźniania skał w warunkach badań laboratoryjnych musiałoby posiadać znaczne rozmiary, co praktycznie nie zawsze jest możliwe do wykonania). Również sam charakter skał i głębokość zalegania pokładów, na której wywołane są zawały, mają duży wpływ na granulacje samorzutnie łamiących się skał w środowisku zawałowym eksploatawanego pokładu

węgla. Na podstawie obserwacji stwierdzono, że skały kruche (np. łupki) piaszczyste łamią się na małe bryły, zaś piaskowce na duże bloki, stąd ich współczynnik rozluzowania będzie różny.

Niemniej jednak istnieje możliwość odzorowania w warunkach badań laboratoryjnych przybliżonego środowiska skał w zawale, co jest wystarczające dla dokładności obliczeń przewidywanych deformacji górotworu za postępowaniem przodka wybierkowego.

Metoda badań laboratoryjnych współczynnika rozluzowania: z pobranych prób skał ze środowiska zawałowego skały jednorodnej (łupki ilaste, łupki piaszczyste, piaskowce) odsiano próby o jednakowej granulacji, po czym badano wielkość rozluzowania skał poszczególnych frakcji.

Ponieważ odsiano kilka granulacji możliwe było zbadanie wpływu wielkości ziaren badanej skały na wielkość współczynnika rozluzowania skał.

Wiadomym jest, że w środowisku zawałowym przestrzeni poeksploatacyjnej pokładu mamy do czynienia ze skałami o różnej granulacji, dlatego na podstawie kilkunastu prób dla poszczególnych rodzajów skał wykonano analizę sitową.

Ze względu na ograniczoną wielkość urządzenia cylindrycznego (objętość  $28260 \text{ cm}^3$ ) odrzucono wypad sortymentów skały powyżej 120 mm, zaś procentowe odpady skały o granulacji 0-20, 20-50, 50-80 oraz 80-120 mm uwzględniono przy badaniach laboratoryjnych współczynnika rozluzowania skał.

Próbki skał zgniatano w urządzeniu pod prasą i określono kolejno wielkość współczynnika rozluzowania skał (danej granulacji) w zależności od wielkości siły zgniatania.

W przygotowaniach prób do badań laboratoryjnych uwzględniono skład petrograficzny badanego rodzaju skał oraz ich wilgotność.



#### 4. Badania laboratoryjne skał towarzyszących pokładom węgla

W badaniach laboratoryjnych dla określenia współczynnika rozluźniania skał uwzględniono trzy rodzaje skał:

- łupki ilaste,
- łupki piaszczyste,
- piaskowce.

##### 4.1. Pobieranie i przygotowanie prób do badań laboratoryjnych

Przebadane laboratoryjnie skały pochodziły z kop. "Nowy Wirek":

- łupki ilaste ze stropu pokładu 506 poz. 636 m,
- łupki piaszczyste ze spagu pokładu 507 poz. 711 m,
- piaskowce z warstw stropowych pokładu 610 poz. 711 m.

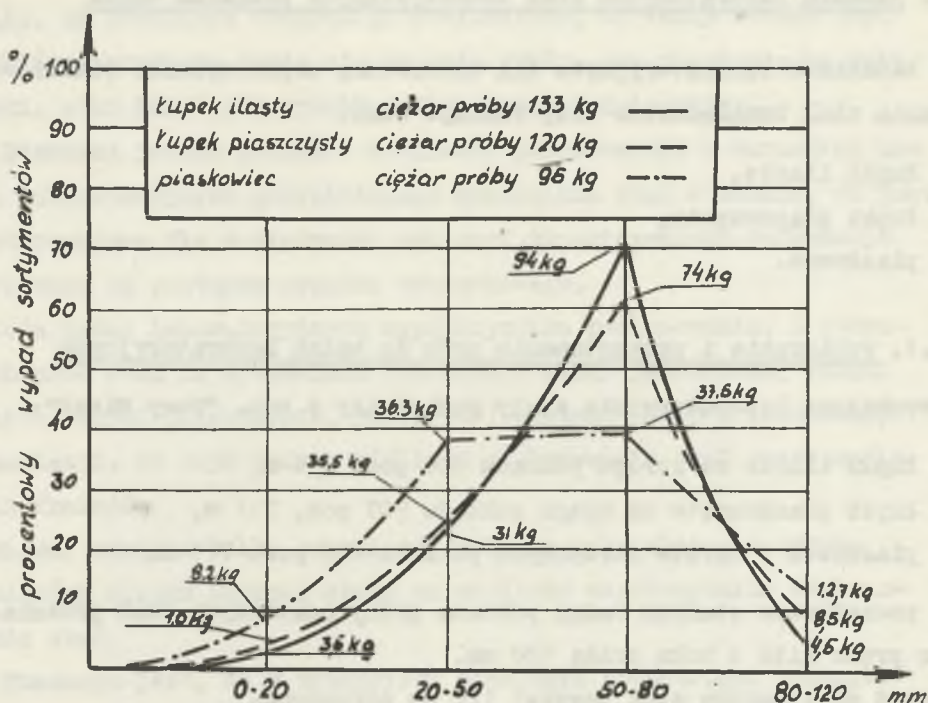
W początkowym stadium badań pobrane próby omawianych skał przesiano przez sito o boku oczka 120 mm.

Wypad sortymentów skał powyżej 120 mm odrzucono.

Z kolei z prób o granulacji do 120 mm wykonano analizę sitową. Wypad odsianych frakcji o granulacji 0 do 20, 20-50, 50-80, 80-120 z poszczególnych badanych prób skał, przedstawiono na wykresach (rys. 3).

Wagowy procentowy wypad omawianych frakcji z uwzględnieniem rodzaju skał przedstawiono w tablicy 1. Ten procentowy wypad sortymentów poszczególnych rodzajów skał (tablica 1, rys. 3) będzie uwzględniony przy dalszych badaniach laboratoryjnych współczynnika rozluźniania skał.

Jak widać z przedstawionych wykresów (rys. 3 i tablicy 1) procentowy wypad sortymentów pobranych prób skał z przestrzeni ścian zawałowych, jak łupków ilastych i łupków piaszczystych jest bardzo zbliżony. Piaskowce natomiast posiadają większy procentowy udział sortymentów o granulacji od 20-50 mm i powyżej 120 mm, zaś udział mniejszy o granulacji od 50-80 mm w porównaniu z łupkami.



Rys. 3. Wykres analizy sitowej pobranych skał z zawału do badań laboratoryjnych

Wiadomym z praktyki, że właściwości fizyczne i chemiczne skał a szczególnie skład mineralny mają duży wpływ na wartość współczynnika rozluźowania.

W tym celu dla uzyskania dokładnego obrazu właściwości chemicznych skał przeprowadzono analizę chemiczną pobranych próbek z każdego rodzaju skał. Uzyskane wyniki z przeprowadzonych analiz chemicznych badanych rodzajów skał, tj. łupków ilastych, łupków piaszczystych i piaskowców przedstawiono w załączonej tablicy 2.



Tablica 1

Tabelaryczne zestawienie otrzymanych parametrów analizy sitowej dla łupków ilastych, łupków piaszczystych i piaskowców

Rodzaj skał Fracja mm	Łupki ilaste		Łupki piaszczyste		Piaskowce	
	kg	%	kg	%	kg	%
0-20	3,5	2,5	4,0	3,2	8,2	8,6
12-50	31,0	23,3	33,5	26,2	36,3	38,2
50-80m	94,0	70,7	74,0	61,6	47,8	39,5
80-120	4,5	3,5	8,5	9,6	12,7	13,7
Razem:	133,0	100,0	120,0	100,0	95,0	100,0

Tablica 2

Analiza chemiczna badanych skał

	Łupki ilaste	Łupki piaszczyste	Piaskowce
Krzemiona $\text{SiO}_2$ %	50,11	59,20	81,91
Tlenek glinu $\text{Al}_2\text{O}_3$ %	32,16	22,63	6,21
Tlenek żelaza $\text{Fe}_2\text{O}_3$ %	1,27	3,62	3,95
Tlenek wapnia $\text{CaO}$ %	0,96	1,81	1,11
Tlenek magnezu $\text{MgO}$ %	1,03	1,52	1,14
Tlenek potasu $\text{K}_2\text{O}$ %	0,90	2,63	0,61
Pozostałe części %	13,57	8,59	6,07
Razem:	100,00	100,00	100,00

Analizy chemiczne badanych skał wykonano w laboratorium kopalni "Nowy Wirek".

Przy określaniu składników chemicznych skał posłużono się metodą wagową.

Jak widać z tabelarycznego zestawienia (tablica 2) procentowy udział krzemionki w składzie chemicznym w określonym analizie chemiczną badanych skał tj. łupków ilastych, piaszczystych oraz piaszczystych wzrasta i tak według kolejności od 50,11–81,91%.

Również wzrasta udział  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a maleje  $\text{Al}_2\text{O}_3$  badanych skał wraz z ich zwięzłością.

#### 4.2. Współczynnik rozluźniania skał nie poddawanych zgniataniu

W następnej kolejności dokonano pomiarów laboratoryjnych współczynnika rozluźniania skał nie poddawanej zgniataniu próbek danej frakcji z poszczególnych rodzajów skał towarzyszących pokładom węgla.

Odsianą frakcję umieszczano w urządzeniu w kształcie walca o objętości  $28,260 \text{ cm}^3$ . Skała zajmowała objętość walca do 40 cm jego wysokości. Z kolei skała została przykryta w urządzeniu tłokiem z tłoczyskiem, określając dokładne miejsce położenia tłoka.

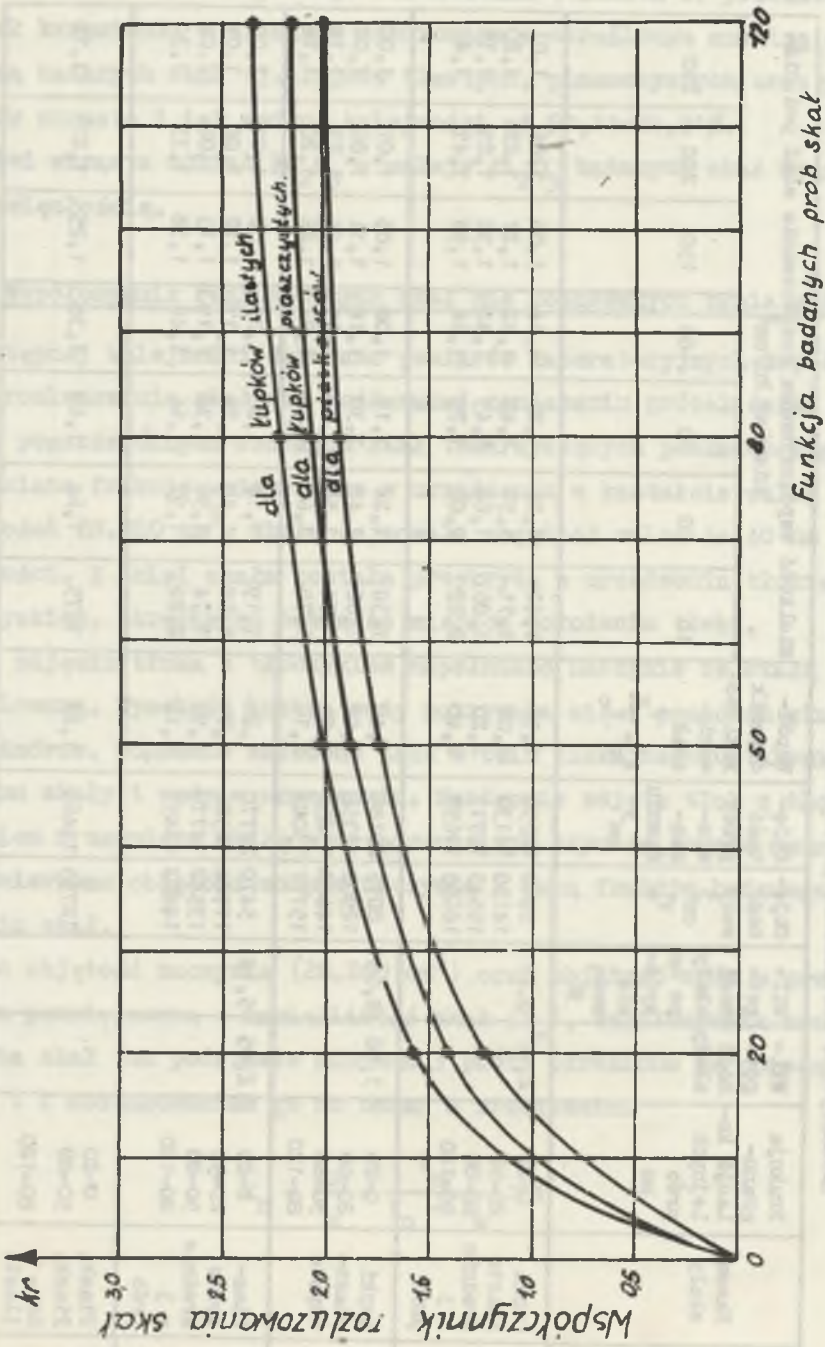
Po zdjęciu tłoka z tłoczyskiem napełniano naczynie ze skałą wodą destylowaną. Wysokość lustra wody pokrywała się z poziomem skały w cylindrze. Ponownie założono tłok w celu dokładnego ustalenia poziomu skały i wody w urządzeniu. Następnie zdjęto tłok z tłoczyskiem i usunięto skałę z urządzenia, po czym za pomocą menzurki pomierzono objętość wody w naczyniu z daną frakcją badanego rodzaju skał.

Znając objętość naczynia ( $28,260 \text{ cm}^3$ ) oraz objętość wody w urządzeniu pomniejszoną o nasiąkliwość skał ( $V_w$ ), współczynnik rozluźniania skał (na podstawie minimum 3 prób) określono za pomocą wzoru 1 z dostosowaniem go do badań w urządzeniu.

$$k_r = \frac{V_r}{V_c} = \frac{V_n}{V_n - V_w} > 1 \quad (2)$$







Rys. 4. Wykres zależności współczynnika rozluźnienia niezgniatanych skał od ich granulacji

gdzie:

$V_n$  - objętość naczynia (ze skałą wraz z zaabsorbowaną wodą),

$V_w$  - objętość wody w naczyniu,

$V_r - V_c$  - jak we wzorze 1.

W ten sposób powtarzano czynności z każdą frakcją, a otrzymane wyniki (średnie z 3 pomiarów) dla każdej frakcji zestawiono w tabeli 3.

Uzyskane wyniki z badań laboratoryjnych (rys. 4, tablica 3) współczynniki rozluźnienia skał nie poddawanych zgniataniu pozwalają na stwierdzenie, że:

- przebieg zależności i współczynnika rozluźnienia skał od wypadu frakcji badanych próbek przebiega według krzywej zbliżonej do paraboli,
- przy wypadzie frakcji badanych próbek skał od 0-20 mm, daje się zauważyć gwałtowny wzrost współczynnika rozluźnienia skał; w przedziale wypadku frakcji od 20-50 mm badanych próbek skał, wzrost współczynnika rozluźnienia jest nieznaczny, natomiast przy granulacjach powyżej 80 mm wzrost współczynnika rozluźnienia skał jest minimalny (zbliża się asymptotycznie do półosi dłuższej paraboli),
- ze wzrostem więźności skał maleje ich współczynnik rozluźnienia (rys. 4).

Ponieważ w środowisku strefy zawału mamy do czynienia z oddziaływaniem ciśnienia związanego z tylnym wspornikiem sklepienia ciśnien [3] stąd gruzowisko skał w zawale jest pod wpływem jego zgniatania, a tym samym wielkość współczynnika rozluźnienia skał musi maleć.

#### 4.3. Współczynnik rozluźnienia skał poddawanych stopniowemu zgniataniu

W tym celu frakcje badanych próbek poszczególnych skał już uprzednio przebadanych, ponownie umieszczano w urządzeniu cylindrycznym i poddawano je pod nacisk prasy hydraulicznej, a następnie dokonywano pomiarów między wyjściową (bez nacisku) wielkością współczynnika rozluźnienia skał, a siłą nacisku prasy hydraulicznej.

Badania te przeprowadzono w laboratorium GIG w Katowicach i w Katedrze Budownictwa Podziemnego Kopalń Wydziału Górniczego Politechniki Śl. Ściskanie prób skał przeprowadzono przy pomocy prasy hydraulicznej "Amsler". Maksymalny nacisk prasy wynosił 500 t. Same badania przeprowadzono w zakresie od 0-250 t. Przed przystąpieniem do badań określono wielkość zmniejszenia objętości zajmowanej przez skały w cylindrze urządzenia w momencie osiągnięcia współczynnika rozluźnienia skały  $k_p = 1$ .

W ten sposób po przebadaniu pierwszej próby skał można było określić zakres stosowanych nacisków.

Przebieg badań był następujący:

Do opisanego wyżej cylindra wsypywano najpierw próbę skał o granulacji od 0-20 mm (żupek ilasty) do wysokości 40 cm cylindra. Następnie w urządzeniu cylindrycznym umieszczono tłok z tłoczyskiem, ustawiono pod prasą i rozpoczęto zciskanie, w miarę możliwości ze stałą szybkością.

W momencie osiągnięcia objętości przy której  $k_p = 1$  badanie próby przerwano. Po wyjęciu tłoka z urządzenia można było zauważyć skruszenie skały i szczelne wypełnienie pustek w cylindrze, że z trudnością można było opróżnić urządzenie cylindryczne z okruszków skał. Jako następnej próby użyto żupku piaszczystego o granulacji frakcji 80-120 mm. Przy nacisku 193,5 t ( $273 \text{ kg/cm}^2$ ) zauważono plastyczne odkształcenie się dolnych partii cylindra w formie wydeścia.



Na tym próbie przerwano i przy następnych próbach starano się nie przekraczać nacisku 190 t.

Pozostałe próby poddawano naciskowi wg kolejności podanej w tabelicy 3.

Do ostatniej próby użyto konglomeratu skał o różnej granulacji i następującym składzie:

- piaskowiec o granulacji od 0-120 mm - 10 cm wys. cylindra
- piaskowiec o granulacji od 50-80 mm - 120 cm wys. cylindra
- łupek ilasty o granulacji od 80-120 mm - 10 cm wys. cylindra

Wielkość nacisku i obniżenie tłoka była rejestrowana przez rejestrator walcowy.

Z dokonanych pomiarów obliczono dla każdej próby wartość współczynnika rozluźnienia dla ciśnienia jak na wykresach (rys. 5, 6, 7, 8) - obliczonych wg wzoru

$$k_r = \frac{V_r}{V_c} = \frac{V_u - P \cdot h}{V_s} > 1 \quad (3)$$

gdzie:

F - powierzchnia tłoka,

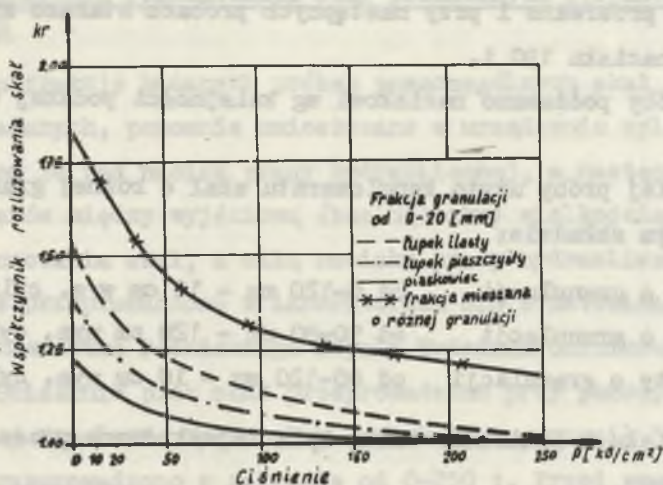
h - skok tłoka przy danym ciśnieniu -  $h \cdot f(P)$ ,

P - nacisk prasy hydraulicznej

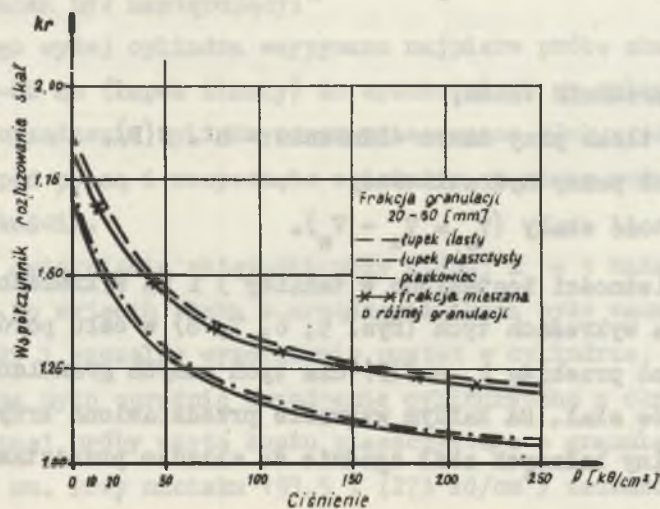
$V_s$  - objętość skały ( $V_s = V_u - V_w$ ).

Uzyskane zależności zestawiono w tabelicy 3 i na wykresach (rys. 5, 6, 7 i 8). Na wykresach tych (rys. 5, 6, 7, 8) w celu porównania przedstawiono przebieg  $k_r = f(P)$  dla tych samych granulacji różnych rodzajów skał. Na każdym wykresie przedstawiono krzywą funkcji mieszaniny badanych skał zgodnie ze składem przedstawionym w tabelicy 3.

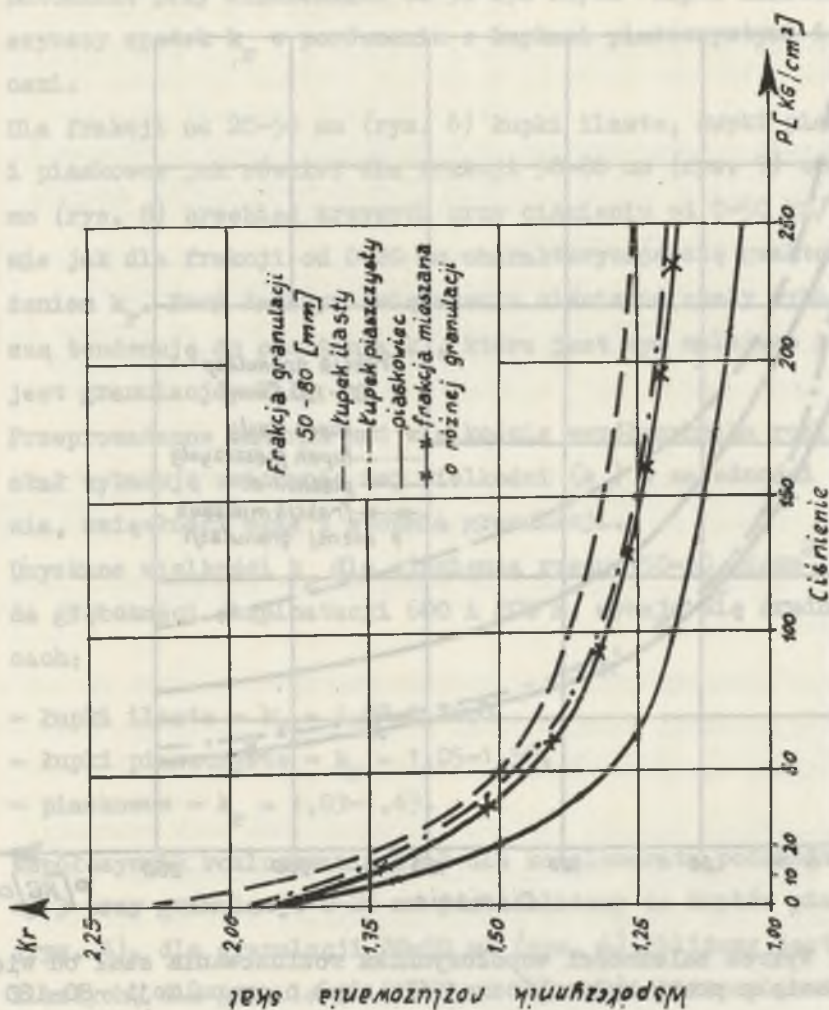
Przebieg krzywych scharakteryzowanych na wykresach (rys. 5, 6, 7, 8) jest hiperbolicznie malejący do asymptoty, którą jest oś ciśnienia (P). Dla frakcji od 0-20 mm (rys. 5) łupki ilaste, łupki



Rys. 5. Wykres zależności współczynnika rozluźnienia skał od wielkości nacisku prasy hydraulicznej dla skał o granulacji 0-20 mm

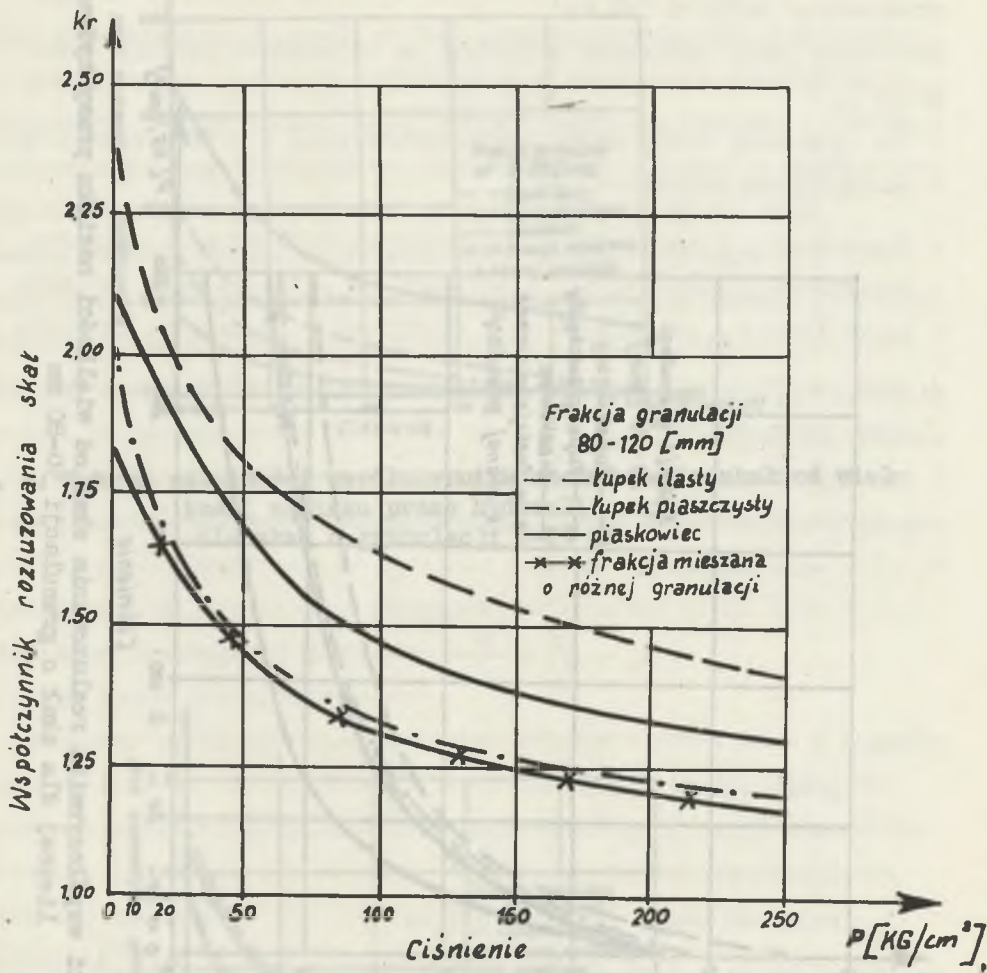


Rys. 6. Wykres zależności współczynnika rozluźnienia skał od wielkości nacisku prasy hydraulicznej dla skał o granulacji 20-50 mm



Rys. 7. Wykres zależności współczynnika rozluźnienia skał od wielkości nacisku prasy hydraulicznej dla skał o granulacji 50-80 mm





Rys. 8. Wykres zależności współczynnika rozluźnienia skał od wielkości nacisku prasy hydraulicznej dla skał o granulacji 80-120 mm

piaszczyste i piaskowce przy ciśnieniu od 0-50  $\text{kg/cm}^2$  charakteryzują się gwałtownym obniżeniem współczynnika rozluźnienia skał, natomiast przy ciśnieniach od 50-250  $\text{kg/cm}^2$  łupki ilaste wykazują szybszy spadek  $k_r$  w porównaniu z łupkami piaszczystymi i piaskowcami.

Dla frakcji od 20-50 mm (rys. 6) łupki ilaste, łupki piaszczyste i piaskowce jak również dla frakcji 50-80 mm (rys. 7) oraz 80-120 mm (rys. 8) przebieg krzywych przy ciśnieniu od 0-50  $\text{kg/cm}^2$  podobnie jak dla frakcji od 0-20 mm charakteryzują się gwałtownym obniżeniem  $k_r$ . Przy dalszym zwiększeniu ciśnienia skały wykazują mniejszą tendencję do obniżenia  $k_r$ , które jest tym mniejsze im większa jest granulacja skał.

Przeprowadzone badania nad wielkością współczynnika rozluźnienia skał wykazują zmienność tej wielkości ( $k_r$ ) w zależności od ciśnienia, zwięzłości skał i stopnia granulacji.

Uzyskane wielkości  $k_r$  dla ciśnienia rzędu 150-50  $\text{kg/cm}^2$  co odpowiada głębokości eksploatacji 600 i 200 m, wyhają się średnio w granicach:

- łupki ilaste -  $k_r = 1,08-1,70$ ,
- łupki piaszczyste -  $k_r = 1,05-1,50$ ,
- piaskowce -  $k_r = 1,03-1,45$ .

Współczynnik rozluźnienia skał dla konglomeratu podanego w tabelicy 3 przy granulacji 0-20 mm jest zbliżony do łupków piaszczystych (rys. 5), dla granulacji 20-50 mm (rys. 6) zbliżony jest do łupków ilastych, dla granulacji 50-80 mm (rys. 7) zbliżony jest do łupków piaszczystych - tak samo dla granulacji 80-120 mm.

Zakres zmienności  $k_r$  mieszaniny frakcji skał zgodnie z tabelicą 3 przebiega od 1,25-1,45.

Porównując uzyskane wyniki z badań laboratoryjnych z podanymi przez S.T. Kuźniecowa [2], J. Znańskiego [4] i A. Lisowskiego [1]

- (dolna granica) współczynników rozluźniania skał można stwierdzić, że mieszczą się one w granicach uzyskanych z badań przez autorów.

## 5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów laboratoryjnych współczynnika rozluźniania skał i przeprowadzonej analizy otrzymanych wyników można wysunąć następujące wnioski:

1. Na wielkość współczynnika rozluźniania skał mają wpływ:

- fizykomechaniczne i chemiczne własności skał,
- stopień rozdrobnienia skał, co wiąże się z ich fizycznymi własnościami,
- głębokość eksploatowanego pokładu z zaważem stropu co odzwierciedlano naciskami prasy hydraulicznej.

2. Wraz ze wzrostem rozdrobnienia skał, maleje współczynnik rozluźniania skał.

3. Wielkość współczynnika rozluźniania skał jest zależna od głębokości eksploatacji pokładu, wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji pokładu maleje współczynnik rozluźniania skał.

4. Przeprowadzone badania pod prasą hydrauliczną prób wykazały, że wielkość współczynnika rozluźniania skał jest zależna nie tylko od ciśnienia, ale również od czasu zgniatania, wraz ze wzrostem czasu może on uzyskać wartość  $k_x = 1$ .

5. Występowanie tylnego wspornika sklepienia ciśnień w przestrzeni zaważowej eksploatowanego pokładu powoduje osiągnięcie  $k_x = 1$ , aniżeli w przypadku występowania stałego ciśnienia pierwotnego  $p_z$ .

6. Przy rozważaniu nad wysokością strefy zaważu wysokiego w zależności od rodzaju skał dla średniej eksploatacji pokładów w Zagłębiu Górnośląskim (600 m) zaleca się przyjmować wartość  $k_x = 1,20-1,50$ .



## LITERATURA

- [1] LISOWSKI A. - Kierunek eksploatacji ścian zawałowych, Komunikat GIG nr 201, Katowice 1958 r.
- [2] KUŹNIECOW S.T. - K woprosu o analiticheskom opriedeleniu smieszczenijs krowli i dawlenija na kriep wyrobotek potogigich ugolnych płastow. Ugol XI - 1959 r.
- [3] STAROŃ T. - Wpływ eksploatacji pokładów węgla z zawałem stropu na wyżej leżące pola pożarowe. Praca doktorska (maszynopis), Politechnika Śląska, Gliwice czerwiec 1966 r.
- [4] ZNAŃSKI J. - Strefa Trompetera i jej oddziaływanie na wyrobisko w kopalni. Przegląd Górniczo-Hutniczy nr 3, 1933 r.
- [5] BORECKI M., CHUDEK M. - Mechanika górotworu, Skrypt Uczelniany Politechniki Śl., Gliwice 1968 r.

КОЭФФИЦИЕНТ РАЗРЫХЛЕНИЯ ПОРОД СОПРОВОЖДАЮЩИХ ПЛАСТЫ УГЛЯ  
В СВЕТЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## Р е з ю м е

В работе описана обору́дование, а также метод исследования коэффициента разрыхления пород, сопровождающих пласты угля. Приведено также результаты лабораторных измерений коэффициента разрыхления пород.

LA TENEUR D'ELABORATION

Resumé

On a décrit le dispositif et la méthode des étude du coefficient de relachement des roches accompagnants les gisements du houille. On a présenté les résultats des mesure du coefficient de relachement des roches.

1. On a décrit le dispositif et la méthode des études du coefficient de relachement des roches accompagnants les gisements du houille. On a présenté les résultats des mesures du coefficient de relachement des roches.

2. On a décrit le dispositif et la méthode des études du coefficient de relachement des roches accompagnants les gisements du houille. On a présenté les résultats des mesures du coefficient de relachement des roches.

3. On a décrit le dispositif et la méthode des études du coefficient de relachement des roches accompagnants les gisements du houille. On a présenté les résultats des mesures du coefficient de relachement des roches.

4. On a décrit le dispositif et la méthode des études du coefficient de relachement des roches accompagnants les gisements du houille. On a présenté les résultats des mesures du coefficient de relachement des roches.

5. On a décrit le dispositif et la méthode des études du coefficient de relachement des roches accompagnants les gisements du houille. On a présenté les résultats des mesures du coefficient de relachement des roches.

6. On a décrit le dispositif et la méthode des études du coefficient de relachement des roches accompagnants les gisements du houille. On a présenté les résultats des mesures du coefficient de relachement des roches.