

Antoni Motyozka

BADANIA LABORATORYJNE NAD OKREŚLENIEM NATURALNEJ SKŁONNOŚCI DO TĄPAŃ
WYBRANYCH POKŁADÓW GRUPY 500

Streszczenie. W artykule podano sposób określenia naturalnej skłonności węgla pokładów do tąpań na podstawie badań laboratoryjnych. Wyprowadzony wskaźnik naturalnej skłonności do tąpań pozwala na określenie stopnia zagrożenia pokładów zarówno będących w eksploatacji jak również na określenie skłonności pokładów, w których jest projektowana eksploatacja. Określenie właściwego stopnia zagrożenia pokładów tapaniami pozwala na prowadzenie właściwej eksploatacji oraz na prawidłowy dobór systemu wybierania. Ponadto w artykule podano wstępną klasyfikację węgla pokładów według ich stopnia zagrożenia tapaniami w zależności od wielkości sprawności tąpnięcia, która to wielkość jest stosunkiem wielkości energii kinetycznej do wielkości energii odkształcenia.

1. Wstęp

Zagrożenie tapaniami, mimo prowadzonej usilnie akcji profilaktycznej, jest w dalszym ciągu zagrożeniem, którego nie można ostatecznie opanować.

Dotychczasowe metody zwalczania lub zapobiegania tapaniom polegają głównie na niedopuszczeniu do nadmiernej koncentracji naprężeń w pobliżu otworów wyrobisk.

Znane są w Polsce metody określające przyrost naprężeń w otworze wyrobiska jak np. metoda określania ilości zwiercin opracowana przez Zakład Tąpań Głównego Instytutu Górnictwa.

Istnieją jednak metody zmierzające do zmiany tych własności fizycznych węgla lub skał otaczających, które decydują o przebiegu i skali zjawiska tąpnięcia.

Warunkiem rozwoju tych metod jest jednak bliższe poznanie zespołu własności fizycznych i petrograficznych skał oraz związków zachodzących między nimi, a tak zwaną tąpliwością pokładów. Jakościowo związki te zostały już w zasadzie poznane, prawie wcale nie są natomiast znane związki ilościowe pomiędzy własnościami fizycznymi i petrograficznymi pokładów, a ich skłonnością do tąpań.

Potrzeba opracowania takich związków, wynika z konieczności właściwego zaklasyfikowania pokładu pod względem tąpliwości jeszcze przed przystąpieniem do jego eksploatacji, a nie dopiero na podstawie zaistniałych tąpnięć.

Z prawidłowym zaklasyfikowaniem pokładu wiąże się bowiem między innymi możliwość właściwego zaprojektowania jego wybierania.

2. Parametry wytrzymałościowe badanych pokładów

2.1. Sposób pobierania prób oraz laboratoryjne przygotowanie prób do badań

Materiałem doświadczalnym dla przeprowadzenia badań były węgle z pokładów 504 i 507 kopalni "Miechowice" i "Szombierki" oraz węgiel z pokładu 711 kopalni "Rymer".

Wybór tych pokładów umożliwiła analiza rejestrowanych tępań, jaką prowadzi Główny Instytut Górnictwa.

Wybrane pokłady opróbowano metodą bruzdową. Opróbowane pokłady podzielono na warstwy, których łączna grubość jest równa grubości pokładu.

Bryły węgla na próbki wycinano z ozoła ściany w odległości 20 - 25 m od odhodników przyscianowych i około 10 - 15 [m] od wnętrza kombajnowych, odspajając uprzednio węgiel o strukturze naruszonej robotami strzelniczymi lub pracą kombajnu.

Pobrane próby poddano wstępnej selekcji, a wyselekcjonowany materiał badawczy poddano obróbce wycinając kostki sześciennie o boku 50 [mm].

Przygotowane do badań próbki węglowe były zgodne z wytycznymi III Grupy Robotniczej IBG [4].

Przydatność prób do badań oceniono według rys stwierdzonych na ściankach bocznych. Dopuszczono jedynie te próby, które miały rysy prostopadłe do kierunku działającej siły. Taka procedura pozwoliła na wyeliminowanie prób uszkodzonych w czasie transportu i obróbki.

Przy obróbce zwrócono szczególną uwagę, aby próby były wycinane prostopadłe do uławicenia pokładu.

2.2. Ustalenie minimalnego przyrostu prędkości obciążenia, przy której próbki węgla ulegają gwałtownemu rozpadowi

Dla ustalenia minimalnego przyrostu prędkości obciążenia wydzielono 38 próbek zarówno z pokładów tąpniących, jak i nietąpniącego pokładu 711 kopalni "Rymer".

Badania te miały na celu ustalenie takiej prędkości przyrostu obciążenia, przy której wszystkie próbki węgla poddanych badaniom tępały, a tym samym, aby móc ewentualnie stworzyć dość szeroką skalę porównawczą dla badania zarówno pokładów tąpniących jak i większości pokładów nietąpniących.

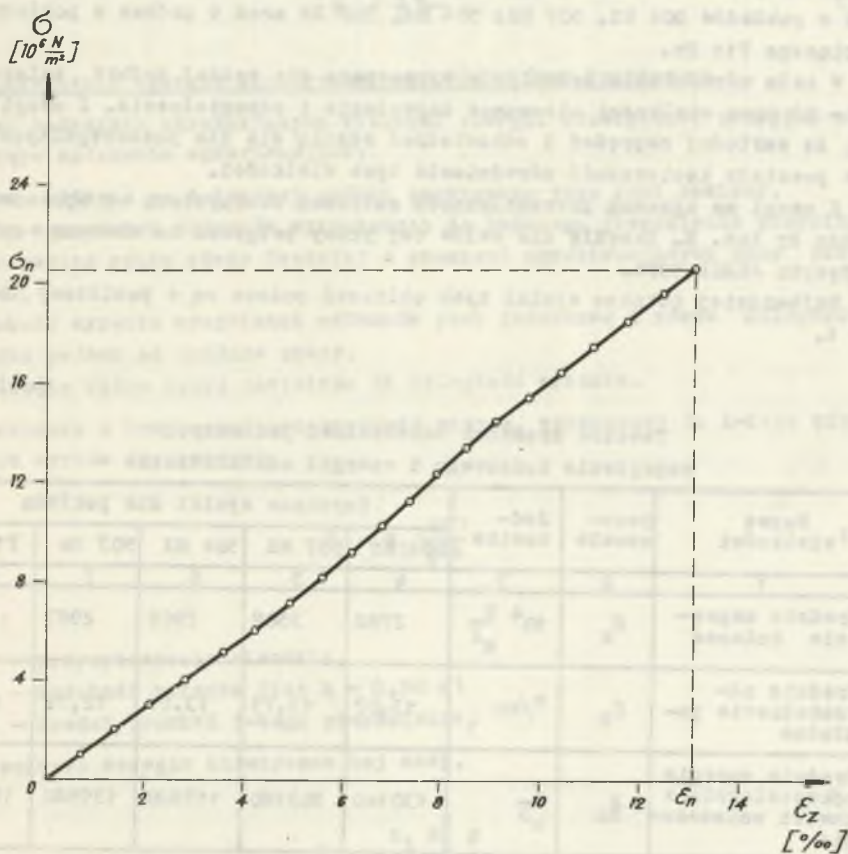
W trakcie przeprowadzonych badań ustalono, że aby próbkę węgla doprowadzić do tąpnięcia należy ją obciążać z prędkością przyrostu obciążenia $97000 \text{C} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2 \text{s}} \right]$.

Tak ustaloną prędkość przyrostu obciążenia przyjęto do dalszych badań traktując ją jako wielkość niezmienną.

2.3. Określenie energii odkształcenia próbek węgla w chwili ich zniszczenia

Badanie energii odkształcenia próbek węgla polegało na pomiarze naprężeń i odkształceń podłużnych próbek w trakcie jej obciążenia.

Wielkość energii odkształcenia czyli pracy wykonanej na próbce przez siły zewnętrzne jest polem zawartym pod krzywą obrazującą zależność naprężenia od odkształcenia podłużnego (rys. 1).



Rys. 1. Uśredniona zależność między naprężeniem σ a odkształceniem podłużnym ϵ_z dla 31 próbek z pokładu 504 M1

Wielkość pracy wykonanej przez siły zewnętrzne na próbce do chwili jej zniszczenia można w przybliżeniu wyrazić wzorem:

$$\Phi_0 = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{i-1} + \sigma_i}{2} (\epsilon_i - \epsilon_{i-1}) \quad (1)$$

gdzie:

- δ_i ; ε_i – kolejne odczyty naprężenia i odkształcenia podłużnego.
 n – ilość odczytów do chwili zniszczenia próbki.

$$\delta_0 = \varepsilon_0 = 0.$$

Dla uzyskania miarodajnych średnich wyników badania objęły po 31 próbek z pokładów 504 Mi, 507 Mi; 504 Sz, 507 Sz oraz 9 próbek z pokładu nieciągłego 711 Rm.

W celu uśrednienia przebiegów wyznaczono dla każdej próbki zależności ($\delta - \varepsilon$) oraz wielkości niszczące naprężenia i odkształcenia. Z uwagi na to, że wartości naprężeń i odkształceń różnią się dla poszczególnych próbek powstała konieczność uśredniania tych wielkości.

Z uwagi na ogromną pracochłonność obliczeń skorzystano z opracowanego przez dr inż. B. Drzęźłę dla celów tej pracy programu na maszynę cyfrową w języku ALGOL-1204.

Najbardziej istotne wyniki tych obliczeń podane są w poniższej tabeli 1.

Tablica 1

Tablica średnich odkształceń podłużnych
 naprężenia końcowego i energii odkształcenia

Nazwa wielkości	Oznaczenie	Jednostka	Uzyskane wyniki dla pokładu				
			504 Mi	507 Mi	504 Sz	507 Sz	711 Rm
1	2	3	4	5	6	7	8
Średnie naprężenie końcowe	δ_k	$10^4 \frac{N}{m^2}$	2782	3509	2966	2987	2050
Średnie odkształcenie podłużne	ε_k	‰	13,07	13,75	13,27	12,72	15,82
Średnia energia odkształcenia w chwili zniszczenia	Φ_0	$\frac{J}{m^3}$	130140	203180	115820	139980	154060

Wykreślona postać zależności ($\delta - \varepsilon$) wskazuje, że można jej nadać postać liniową:

$$\delta = E \cdot \varepsilon_z \quad (2)$$

Tym samym energia odkształcenia wyrażałaby się wzorem:

$$\varphi_0 = \frac{1}{2} \delta \cdot \varepsilon_z \quad (3)$$

czyli:

$$\varphi_0 = \frac{1}{2} E \cdot \varepsilon^2 \quad (4)$$

lub:

$$\varphi_0 = \frac{1}{2} \frac{6^2}{E} \quad (5)$$

2.4. Określenie energii kinetycznej rozpadu próbek kostkowych

Przy badaniach określających wielkość energii kinetycznej przyjęto następujące założenia upraszczające:

- wyrzut odłamka ze skośkanej próbki traktowano jako rzut poziomy,
- masie wszystkich odłamków wyrzucanych do badanego pierścienia przypisywano zasięg rzutu równy średniej z promieni ograniczających dany pierścień,
- wysokość wyrzutu wszystkich odłamków jest jednakowa i równa odległości środka próbek od podłoża prasy,
- pominięto wpływ oporu powietrza na odległość wyrzutu.

W związku z tym początkowa prędkość masy m_1 wyrzuconej do i-tego pierścienia wyraża się wzorem:

$$v_1 = R_1 \sqrt{\frac{g}{2h}} \quad (6)$$

gdzie:

- g - przyspieszenie ziemskie,
- h - wysokość wyrzutu (tu: $h = 0,58$ m)
- R_1 - średni promień i-tego pierścienia,

a początkowa energia kinetyczna tej masy,

$$\varphi_{k_1} = \frac{m_1 R_1^2 g}{4h} \quad (7)$$

Ze względu na dużą ilość koniecznych przeliczeń związanych z obliczeniem energii odłamków skalnych wpadających do poszczególnych pierścieni oraz obliczeniem wielkości średnich i odchyłań standardowych również opracowano do tego celu program na maszynę cyfrową.

Natomiast najbardziej istotne wyniki obliczeń zawarte są w tablicy nr 2.

Tablica 2

Średnie wyniki z badań nad energią kinetyczną próbek kostkowych

Wielkość	Jednostka	P o k ł a d				
		504 M1	507 M1	504 Sz	507 Sz	711 Rm
1	2	3	4	5	6	7
energia kinetyczna	$10 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$	5101	9880	6417	6306	5301
napężenie niszczące	$10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	2782	3505	2966	2987	2408
stosunek wyrzuconej masy do masy próbki	%	62,8	93,0	83,6	82,6	78,0

Rozkład energii może być w przybliżeniu opisany równaniem typu:

$$\varphi_k(R) = C(1 - e^{-aR^2}) \quad (8)$$

Parametry a i C tego rozkładu podlegały wyznaczeniu metodą najmniejszych kwadratów, jednak nie bezpośrednio, bo nastręczyłoby to dużych trudności rachunkowych, lecz na podstawie danych odnośnie rozkładu odłamków skalnych wpadających do poszczególnych pierścieni.

Zmiana energii w zależności od promienia R wyraża się pochodną:

$$\varphi_k(R) = \frac{d}{dR} \Psi_k(R) \quad (9)$$

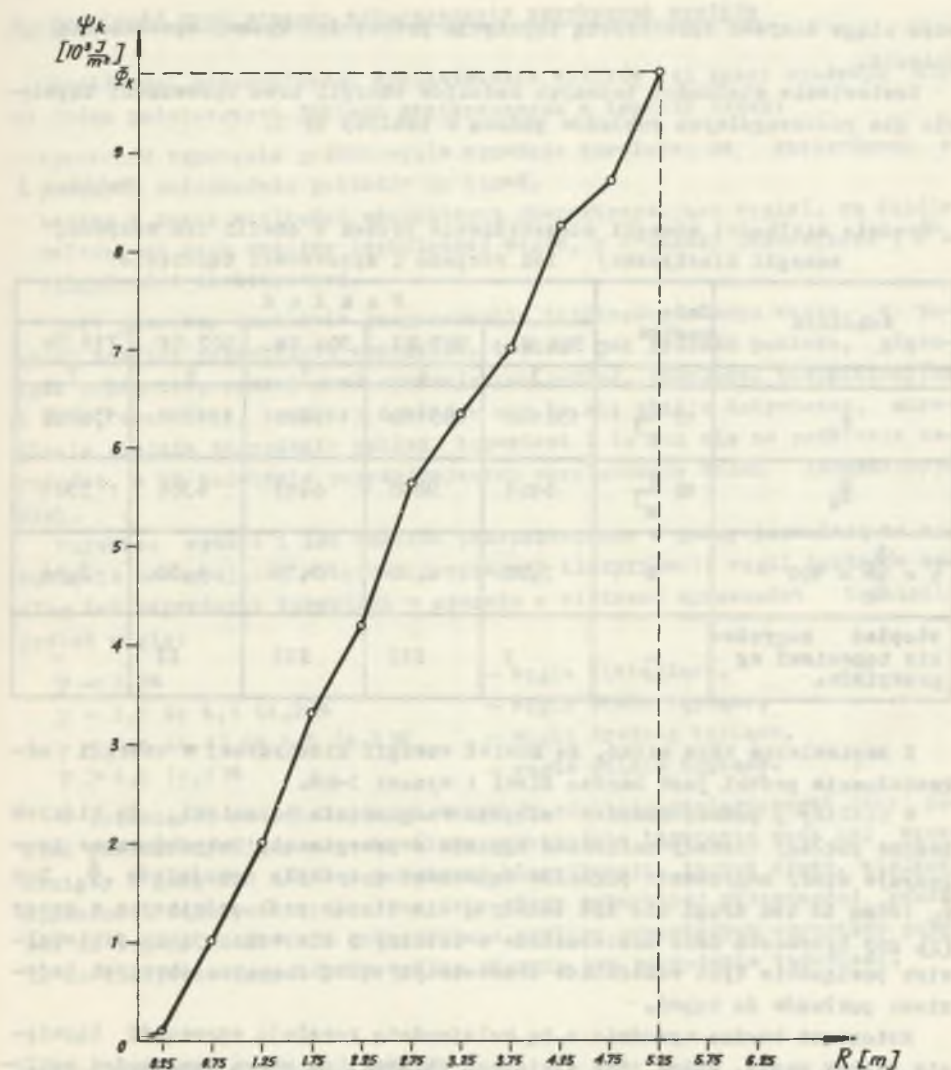
czyli:

$$\varphi_k(R) = 2aC R e^{-aR^2} \quad (10)$$

Jeżeli równania te obustronnie zlogarytmujemy to otrzymamy postać dogodną do szukania parametrów a i C metodą najmniejszej sumy kwadratów.

3. Bilans energetyczny. Sprawność tapnięcia i jej analiza

Porównanie przebadanych rodzajów energii, to jest średniej energii odkształcenia próbek kostkowych w chwili ich rozpadu i średniej energii kinetycznej ich rozpadu jest szczególnie interesujące ze względu na dotychczasowy brak szerszych badań w tym zakresie, czy brak nawet szacunkowego określenia udziału energii kinetycznej w energii odkształcenia. Udział ten przez analogię do fizycznego pojęcia sprawności urządzeń będziemy w dal-



Rys. 2. Uśredniony, skumulowany rozkład energii kinetycznej Ψ_k w poszczególnych pierścieniach dla 31 próbek kostkowych z pokładu 507 M1

szym oiągu nazywać sprawnością tąpnięcia próbki lub krócej sprawnością tąpnięcia.

Zestawienie wielkości badanych rodzajów energii oraz sprawności tąpnięcia dla poszczególnych pokładów podano w tablicy nr 3.

Tablica 3

Średnie wielkości energii odkształcenia próbek w chwili ich rozpadu,
energii kinetycznej ich rozpadu i sprawności tąpnięcia

Wskaźnik	Jednostka	P o k ł a d				
		504 M1	507 M1	504 Sz	507 Sz	711 Rm
1	2	3	4	5	6	7
Φ_0	10 $\frac{J}{m^3}$	130140	203180	115820	139980	154060
Φ_k	10 $\frac{H}{m^3}$	5101	9880	6417	6306	5301
$n = \frac{\Phi_0}{\Phi_k} - 100$	%	3,92	4,86	5,54	4,50	3,44
stopień zagrożenia tąpnięciami wg przepisów.	-	I	III	III	II	-

Z zestawienia tego widać, że udział energii kinetycznej w energii odkształcenia próbki jest bardzo niski i wynosi 3-6%.

W tablicy 3 podano również stopnie zagrożenia tąpnięciami, do których badane pokłady zostały zaliczone zgodnie z przepisami. Dotychczasowe propozycje miary zagrożenia pokładów tąpnięciami dotyczyły wskaźników Φ_0 lub Φ_k (mimo iż ten drugi nie był badany), nie licząc prób omówionych w pracy [2], gdy tymczasem dane zamieszczone w tablicy 3 nie wskazują na jakiegokolwiek powiązanie tych wskaźników z ustaloną wyżej stopniem obranych badaniami pokładów do tąpnięć.

Natomiast bardzo wyraźnie z tą kolejnością koreluje sprawność tąpnięcia próbek węgla. Można stąd wyciągnąć wniosek, że miarą tąpliwości pokładów może być wskaźnik sprawności tąpnięcia próbek kostkowych, tym bardziej że różnice zagrożenia tąpnięciami między pierwszymi czterema pokładami muszą wynikać głównie z różnicy tąpliwości samego węgla, ponieważ inne czynniki wpływające na zagrożenie tąpnięciami dla tych pokładów są zbliżone (grubość pokładu, głębokość zalegania i rodzaj skał otaczających itp.).

4. Możliwość praktycznego wykorzystania uzyskanych wyników

Możliwości przemysłowego wykorzystania wyników tej pracy opierają się na dwóch podstawowych faktach stwierdzonych w trakcie badań:

- sprawność tąpnięcia próbek węgla wyraźnie koreluje, ze stwierdzoną w praktyce skłonnością pokładów do tępań,
- badane w pracy wielkości mechaniczne charakteryzujące węgiel, są ściśle zależne od cech analizy technicznej węgla, p - liczby porowatości i W^a - wilgotności analitycznej.

Fakt pierwszy umożliwia prognozowanie tąpliwości samego węgla, a poprzez analizę pozostałych czynników, takich jak grubość pokładu, głębokość zalegania, rodzaj skał otaczających pokład, zaszczości eksploatacyjne i inne, umożliwia, bardziej dokładne niż to się dzieje dotychczas, określenie stopnia zagrożenia pokładu tąpnięciami i to już nie na podstawie zaszczości, a na podstawie poprzedzających eksploatację badań laboratoryjnych.

Uzyskane wyniki i ich analiza przeprowadzona w pracy pozwalają na wysunięcie następującej wstępnej propozycji klasyfikacji węgla pokładów według ich zagrożenia tąpnięciami w oparciu o wielkość sprawności tąpnięcia próbek węgla:

$\eta < 3,5\%$	- węgle nietąpjące,
$\eta = 3,5$ do $4,1$ (4,2)%	- węgle słabo tąpjące,
$\eta = 4,1$ (4,2) do $4,6$ (4,7)%	- węgle średnio tąpjące,
$\eta > 4,6$ (4,7)%	- węgle silnie tąpjące.

W zależności od istniejących warunków górnio-geologicznych dany pokład charakteryzujący się określoną sprawnością tąpnięcia może być przesunięty w górę lub w dół w powyższej klasyfikacji. Innymi słowy, wielkość sprawności tąpnięcia traktujemy jako miarę naturalnej skłonności pokładów do tępań. Miara ta w połączeniu z analizą pozostałych czynników pozwala na klasyfikację pokładów według stopnia ich zagrożenia tąpnięciami.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

1. Przeprowadzone badania objęły określenie średnich wielkości mechanicznych - takich jak naprężenia i odkształcenia niszczące próbki węgla, energię odkształcenia próbek w chwili ich rozpadu i energię kinetyczną rozpadu - decydujących o skłonności pokładów do tępań oraz określenie średnich wielkości cech analizy technicznej i petrograficznej węgla pokładów 504 i 507 kopalń "Miechowice" i "Szombierki".

2. W oparciu o zestawienie średnich wielkości naprężenia i odkształcenia niszczonego próbki węgla, energii ich odkształcenia w chwili rozpadu oraz energii kinetycznej rozpadu badanych, pokładów 504 - 507 kopalń

"Miechowie: i "Szombierki" oraz pokładu 711 kopalni "Rymer", wyeliminowano te odczyty mechaniczne jako możliwe miary naturalnej skłonności pokładów do tępań.

3. Jako miarę naturalnej skłonności pokładów do tępań można natomiast przyjąć wielkość stosunku energii kinetycznej do energii odkształcenia nazywanego sprawnością tępnięcia próbek węgla, która wyraźnie koreluje z uszeregowaniem badanych pokładów według stopnia zagrożenia tępianiami.

4. Proponuje się następującą wstępną klasyfikację węgla pokładów według stopnia zagrożenia tępianiami w zależności od wielkości sprawności tępnięcia próbek węgla:

$\eta < 3,5\%$	- węgle nietępiające,
$\eta = 3,5$ do $4,1$ ($4,2$)%	- węgle słabo tępiające,
$\eta = 4,1$ ($4,2$) do $4,6$ ($4,7$)%	- węgle średnio tępiające,
$\eta > 4,6$ ($4,7$)%	- węgle silnie tępiające.

Ostateczne zakwalifikowanie pokładu może się odbyć po przeprowadzeniu szczegółowej analizy warunków górniozo-geologicznych, w wyniku której dany pokład może być przesunięty w górę lub w dół powyższej klasyfikacji wstępnej.

LITERATURA

- [1] Borecki M., Chudek M.: Mechanika górotworu. Skrypt nr 208 Politechniki Śląskiej, Gliwice 1968 r.
- [2] Drzewiecki K.: Wyładowanie energii mechanicznej przy gwałtownym rozpadzie materiału kruchego. PAN 1967 r.
- [3] Huber M.T.: Teoria sprężystości. Kraków 1950 r.
- [4] Kidybiński A.: Prace Międzynarodowego Biura Mechaniki Górotworu (IBG)
- [5] Motyczka A.: Badania laboratoryjne nad określeniem wskaźnika naturalnej skłonności do tępań wybranych pokładów grupy 500. Praca doktorska 1972 r.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СКЛОННОСТИ
К ГОРНЫМ УДАРАМ ВЫБРАННЫХ ПЛАСТОВ ГРУППЫ 500

Резюме

В статье подано способ определения природной склонности углей пластов к горным ударам на базе лабораторных исследований. Выведенный показатель природной склонности к горным ударам позволяет определить степень опасности пластов, как эксплуатируемых, так и тех, в которых проектируется эксплуатация.

Определение свойственной степени возможной опасности горных ударов пластов позволяет вести правильную эксплуатацию и выбирать соответствующие системы разработки. Кроме того в статье подано предварительную классификацию углей пластов по степени их опасности горных ударов в зависимости от эффективности горного удара, величина которого является отношением величины кинетической энергии к величине энергии деформации.

LABORATORY INVESTIGATIONS ON THE DETERMINATION OF NATURAL SEAM'S INCLINATION TO BUMPS OF SELECTED GROUP 500 SEAMS

S u m m a r y

In the paper a way of determining natural seam's inclination to bumps on the ground of laboratory investigations has been given. The introduced indicator of natural inclination to bumps gives a possibility to determine state of seams emergency, both of those being mined and those which are to be mined in the future.

The determination of an adequate state of bump emergency allows to conduct adequate mining and the regular system of mining. In the paper there has been given moreover a preliminary classification of coal seams according to their state of bumps emergency, depending on the bumps efficiency quantity. It is a quantity, which is a ratio of kinetic energy quantity to the deformation energy quantity.