ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979

Seria: GÓRNICTWO z. 88 Nr kol. 571

Stanisław BŁASZCZYŃSKI, Anna ŚWIERKOT-KOPAŁA
Barbara BARGIEŁA, Aleksander OLAS

BADANIA ZMIAN PODATNOŚCI WĘGLA NA ROZDRABNIANIE W ZALEŻNOŚCI OD GŁĘBOKOŚCI ZALEGANIA POKŁADU

Streszczenie. Wydobywanie węgli z większych głębokości jest zagadnieniem, któremu poświęca się coraz więcej uwagi. Złoża węgla występujące na mniejszych głębokościach w znacznym stopniu zostały już wyeksploatowane, w związku z czym przewiduje się w najbliższych latach prowadzenie eksploatacji węgla na coraz większych głębokościach.

W pracy badano zmianę własności wytrzymałościowych węgli wraz z głębokością, określając dla nich wskaźnik urabialności metodą Protodiakonowa oraz wytrzymałość w bębnie obrotowym. Materiał do badań stanowiły próby bruzdowe węgli z kopalni "Dymitrow" i "Anna".

Jak wynika z przeprowadzonych badań, nie należy spodziewać się większych różnic w wychodach drobniejszych klas ziarnowych przy przejściu na większe głębokości w porównaniu z obecnie spotykanymi dla danych typów węgli przy tych samych metodach urabiania, transportu, i przeróbki.

1. Wstęp

Dokładna znajomość własności fizycznych i mechanicznych skał i kopaliny użytecznej często ułatwia dobór odpowiednich procesów technologicznych w przeróbce kopalin. Badania i praktyka górnicza wykazały, że własności fizykomechaniczne poszczególnych rodzajów skał zmieniają się w widoczny sposób wraz z głębokością zalegania danej skały. Badania pod tym kątem prowadzone były przez J. Kuhla oraz M. Boreckiego i A. Kidybińskiego [1].

J. Kuhl badał węgle Górnego Śląska określając ich ciężar właściwy, ciężar objętościowy, nasiąkliwość wodą oraz wytrzymałość na ściskanie [2].

W niniejszej pracy badano zmianę własności wytrzymałościowych węgli wraz z głębokością, określając dla nich wskaźnik urabialności metodą Protodiakonowa oraz wytrzymałość w bębnie obrotowym. Badania wytrzymałościowe węgli tzw. wskaźnikiem urabialności były prowadzone na szeroką skalę pod kątem określenia warunków urabiania. Okazało się jednak, że metoda ta nie daje pełnej i jednoznacznej odpowiedzi na pytanie związane z możliwie pełnym określeniem urabialności. Praktyka wykazała, że wskaźnik urabialności oznaczony metodą Protodiakonowa tylko w pewnym przybliżeniu odzwierciedla rzeczywiste warunki urabiania, bowiem szereg czynników nie jest uwzględnionych w tej metodzie.

Węgiel kopalny z mechanicznego punktu widzenia jest ciałem złożonym ze składników anizotropowych o bardzo różnych własnościach. Własności te dla jednego pokładu dają bardzo duży rozrzut wyników prób, przy czym są różne w różnych kierunkach w stosunku do uławicenia i łupliwości oraz zmieniają się ze zmianą wymiarów i kształtu próbek [3]. Anizotropowość węgla wynika zasadniczo z jego warstwowej struktury będącej wynikiem powstawania węgla na drodze sedymentacji. Interesujące nas własności mechaniczne węgla zależą również w pewien sposób od jego składu chemicznego, wilgotności itp. Należy również wspomnieć, że stan gazowości ma duży wpływ na własności mechaniczne węgla, a w szczególności na wskaźnik Protodiakonowa (f_d).

Wiadomo, że własności fizykomechaniczne skał są ściśle zależne od składu petrograficznego. Najbardziej charakterystycznymi składnikami petrograficznymi węgla są duryt i fuzyt, których własności pod względem twardości są skrajne. Duryt jest zwięzły i twardy, natomiast fuzyt jest drobnoziarnisty i łatwo rozcieralny nawet w palcach. Zastrzeżenia co do stosowania metody Protodiakonowa dotyczą przede wszystkim węgli matowych i błyszcząco-matowych, tj. takich, które w procesie kruszenia wykazują stosunkowo małą kruchość, natomiast duże wartości odkształceń niesprężystych [4]. Wyżej wymienione czynniki wpływające na własności fizykomechaniczne nie wchodzą w zakres poniższej pracy, dlatego wspomniano o nich marginesowo.

Metoda Protodiakonowa została zmodyfikowana w GIG-u, mianowicie w celu uściślenia charakterystyk węgli uzupełniono je średnią wytrzymałością na ściskanie danej próbki. Sikora, Kidybiński i Kwiatek [4] podają nową metodę badania urabialności, oznaczając energetyczny wskaźnik urabialności (U). Wskaźnik Protodiakonowa opiera się na zależności między wielkością energii a nowo powstałą powierzchnią ziarn. Zależność ta ma charakter materiałowy, przy czym cechą najbardziej odróżniającą materiały w tym zakresie jest ich kruchość.

Aczkolwiek metoda ta budzi poważne zastrzeżenia określenia urabialności węgla dla zapewnienia właściwego doboru maszyn urabiających, to wydaje się przydatna i celowa dla określenia skutków oddziaływań mechanicznych zachodzących w procesach przeróbki mechanicznej. Ocena podatności węgla na rozdrabianie jest możliwa również inną metodą zaproponowaną w normach radzieckich (GOST 15490-70), która jest analogiczna do znanej powszechnie metody koksu - metody Micum.

Badania tą metodą przeprowadza się w bębnie obrotowym, który działa podobnie jak samokrusząca kruszarka bębnowa, gdzie rozdrabianie następuje wskutek uderzeń dużych kawałków węgla, a częściowo także przez ścieranie materiału podczas ruchu obrotowego. Metoda ta nie jest w Polsce rozpowszechniona.

Autorzy artykułu nie spotkali się z publikacją badań wytrzymałościowych węgli tą metodą.

Materiał do niżej przytoczonych badań stanowiły próby bruzdowe węgli z kopalni "Dymitrow" i "Anna".

2. Cel pracy

Jak już wspomniano na wstępie, celem niniejszej pracy było przebadanie węgli pod względem ich własności wytrzymałościowych wraz ze zmianą głębokości zalegania złoża.

Wydobywanie węgli z większych głębokości jest zagadnieniem,któremu poświęca się coraz więcej uwagi. Wynika to przede wszystkim z faktu, że zapotrzebowanie na surowce energetyczne (między innymi węgiel) jest w Polsce i na świecie coraz większe, a złoża węgla występujące na mniejszych głębokościach w znacznym procencie zostały już wyeksploatowane. Przewiduje się w najbliższych latach prowadzenie eksploatacji węgla na coraz większych głębokościach.

Wycinkowe doświadczenia prowadzone przez różnych autorów wskazują, że wraz ze wzrostem głębokości zalegania pokładów węglowych zmieniają się własności geologiczne, mineralogiczne, petrograficzne i wytrzymałościowe. Dotychczas w literaturze brak kompleksowego rozpoznania i opracowania zmian tych własności z głębokością. Uzyskanie tych danych a w tym przypadku danych wytrzymałościowych, wydaje się być istotne z punktu widzenia prognozowania rozwoju przeróbki węgla.

W procesach przeróbki występuje niezamierzone uboczne oddziaływanie mechaniczne na urobek węglowy powodujące niekorzystne rozdrabianie się węgla. Zastosowane metody badawcze symulują oddziaływanie występujące w różnych momentach transportu i przeróbki, takich jak:

- przesypy w transporcie dołowym i zakładzie przeróbczym,
- skipy, wywroty, zsuwnie,
- przesiewacze,
- magazynowanie węgla w zbiornikach,
- ładowanie węgla do wagonów.

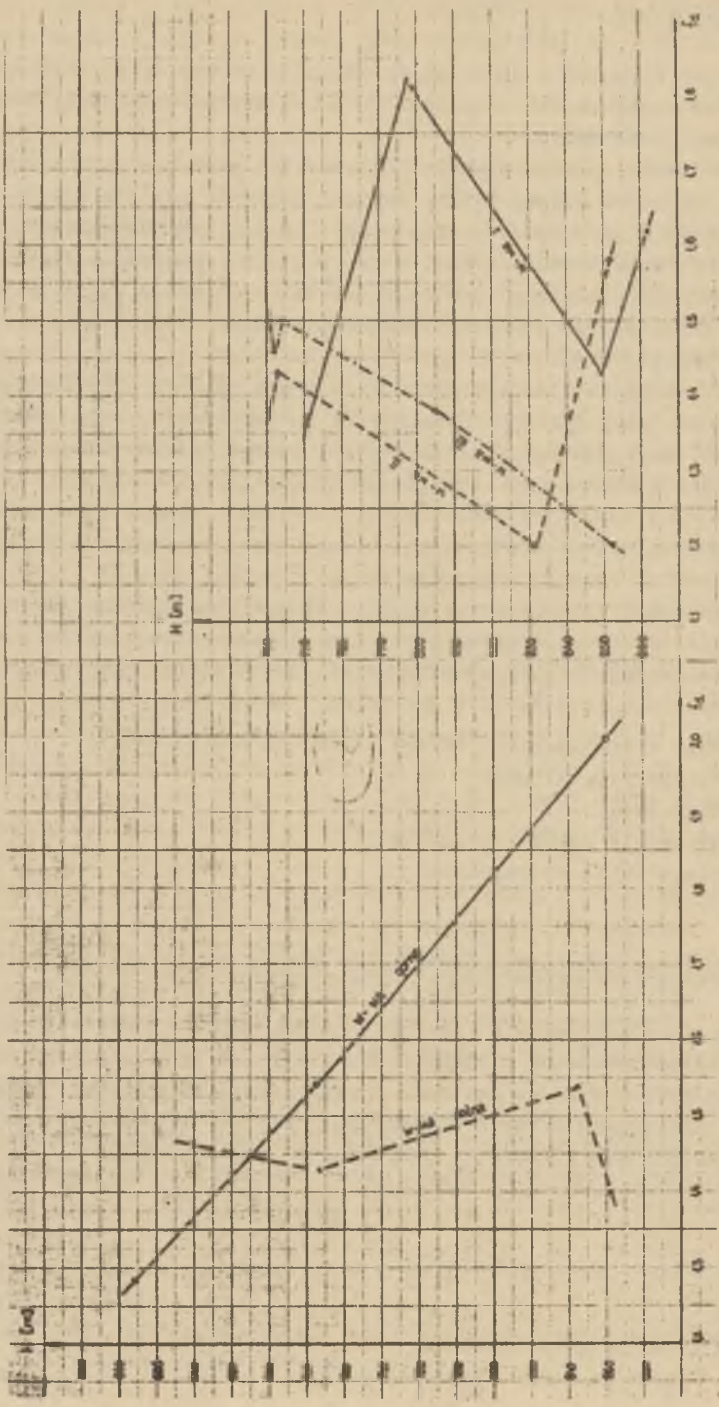
3. Badania wskaźnika urabialności metodą Protodiakonowa

Badania przeprowadzono zgodnie z normą radziecką GOST 15490-70. Badaniom poddano materiał o uziarnieniu 13-25 mm w 5 porcjach po 60 g. W cylindrze próbka została uderzana ciężarkiem o wadze 2,4 kG. Łącznie z 5 porcji wydzielono następnie klasę od 0,5-0 mm, której objętość mierzono objętościomierzem. Wskaźnik obliczono wg znanego wzoru:

$$f_d = \frac{20 \cdot n}{l}$$

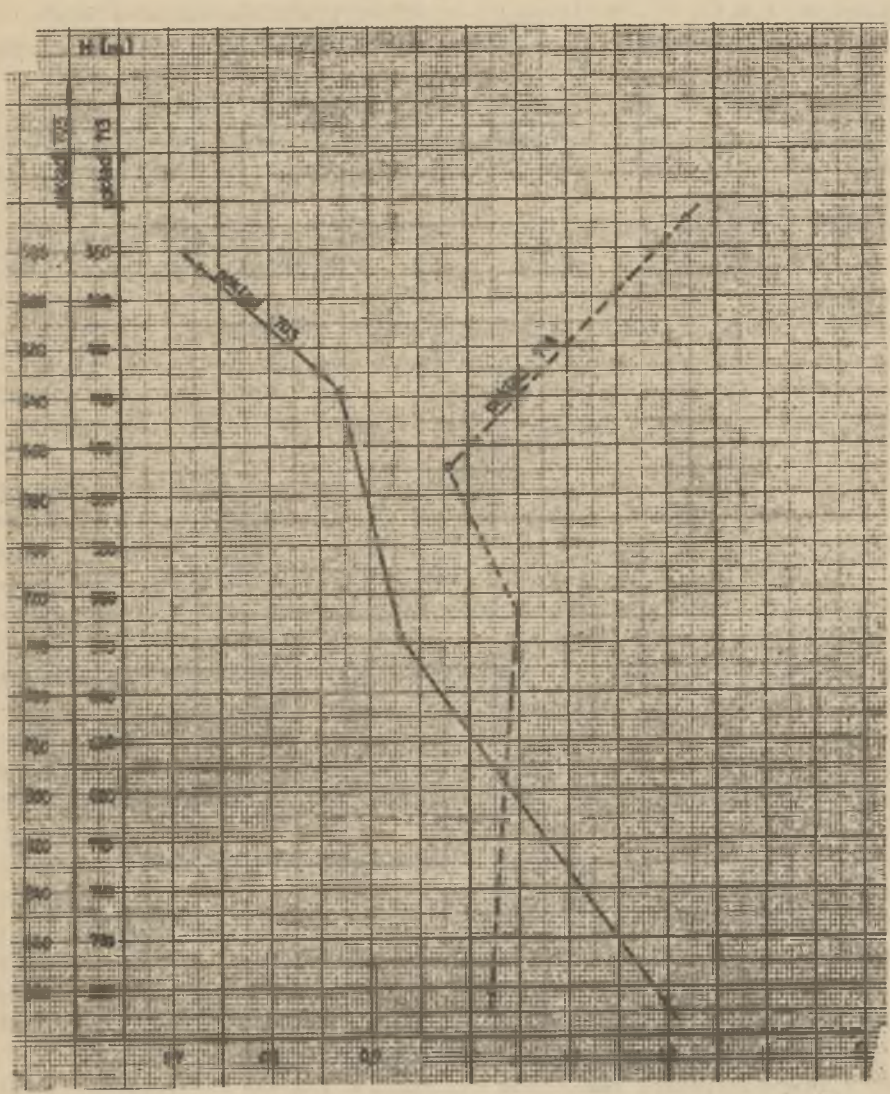
gdzie:

n - ilość zrzutów ciężarka,
l - odczyt na skali objętościomierza.



Rys. 1. Wykres wartości wskaźnika urabialności f_d, w zależności od głębokości zalegania węgla w złożu kopalni "Dymitrow" dla pokładu 507

Rys. 2. Wykres wartości wskaźnika urabialności f_d, w zależności od głębokości zalegania węgla w złożu kopalni "Dymitrow" dla pokładu 510



Rys. 3. Wykres wartości wskaźnika urabialnośdi f_d, w zależności od głębokości zalegania węgla w złożu kopalni "Anna" dla pokładu 703 i 713

Powyższe badania dla poszczególnych próbek przeprowadzono 4-krotnie. W pracy podano średnie wartości wyników. Wyniki badań ujmują wykresy na rys. 1, 2 i 3.

Przebadane węgle z KWK "Dymitrow" zaliczyć można do średnio twardych i twardych węgli kamiennych wg klasyfikacji skał M. Protodiakonowa. Węgle z pokładu 507 badane były w dwóch warstwach eksploatacyjnych warstwie górnej i dolnej (rys. 1).

W warstwie górnej zanotowano wzrost wskaźnika ze wzrostem głębokości. I tak na głębokości 610,3 m wynosił on 1,28, na głębokości 705,8 f_d = 1,54, a na głębokości 859,8 m aż 2,00. Nie zaobserwowano jednak tej zależności w warstwie dolnej, gdzie na głębokości 640,8 m zanotowano f_d = 1,46, a na większych głębokościach wskaźnik ten nieznacznie wzrastał (f_d = 1,43 i f_d = 1,54 dla odpowiednich h = 707,8 m i h = 845,3 m), zaś na największej badanej głębokości 861,6 zmalał do 1,40. Pozwala to jednak zaliczyć węgiel z tej warstwy do węgli twardych.

Pokład 510, jako że jest eksploatowany w trzech warstwach, przebadany został w każdej warstwie oddzielnie (rys. 2). Dla węgla z warstwy I zaobserwowano znaczny skok wskaźnika. Na głębokości 771,3 wynosił on 1,36, a przy nieznacznej zmianie głębokości (797,3) wzrósł on do 1,82. Na głębokości większej (849,2) zanotowano wartość 1,43 i ponownie przy nieznacznej zmianie głębokości, tj. na 861,2, wskaźnik wzrósł do 1,62. Wartość wskaźnika dla warstwy II i III kształtuje się podobnie. Przy nieznacznych różnicach głębokości nie zanotowano skoku wartości wskaźnika, jak to miało miejsce dla warstwy I, z wyjątkiem ostatniego przebadanego punktu warstwy II, dla którego wskaźnik wzrasta o 0,38 przy różnicy głębokości -20m. Wskaźnik dla warstwy II waha się od 1,28 do 1,58, a dla warstwy III od 1,20 do 1,50.

Węgle z kopalni "Anna" opróbowano i przebadano w dwóch pokładach 703 i 713. Na podstawie przeprowadzonych badań można je zaliczyć do miękkich i średnio twardych węgli kamiennych, wgl klasyfikacji skał M.Protodiakonowa.

Węgle z pokładu 703 (rys. 3) na małych głębokościach charakteryzowały się małym wskaźnikiem, który wzrastał ze wzrostem głębokości. I tak dla głębokości 587,0 m wynosił 0,73, dla h = 638 m f_d = 0,87, dla h = 737,0 f_d = 0,93, a dla głębokości 887,0 m wynosił 1,20.

Inną charakterystykę zanotowano dla węgli z pokładu 713 (rys. 3). Największą wartość wskaźnika zanotowano dla najmniejszej głębokości a mianowicie dla h = 333,0 m f_d = 1,22; przy wzroście głębokości o 150 m wskaźnik zmalał do 0,98 i przy kolejnych wzrostach głębokości utrzymywał się w tym samym przedziale.

4. Badania wskaźnika mechanicznej wytrzymałości węgla w bębnie obrotowym

Badania przeprowadzono zgodnie z normą radziecką GOST 15490-70. Metoda oparta jest na badaniu próby węgla o uziarnieniu 25-50 mm w obracającym się bębnie i określeniu masy ziarn o rozmiarach powyżej 25 mm. Badaniu poddano 4 reprezentatywne próbki węgla o masie 1 kg, każda w bębnie obracającym się z prędkością 50 obr/min w ciągu 20 minut. Wskaźnik obliczono wg wzoru:

$$x = \frac{G_1}{G} \cdot 100\%$$

gdzie:

G - masa próbki poddanej badaniu równa 1 kg,

G_1 - masa pozostałości na sicie Ø 25 mm, po bębnowaniu.

W pracy podano średnie wartości wyników. Wyniki badań ujmują wykresy na rys. 4, 5, 6.

Dla węgli z kopalni "Dymitrow" zanotowano dużą rozpiętość wartości wskaźnika mechanicznej wytrzymałości w bębnie obrotowym, od wartości 66,50% do 51,25%. Wartość tego wskaźnika dla węgli z pokładu 507 (rys. 4) warstwy górnej nieznacznie wzrasta z głębokością. I tak dla głębokości 610,3 m x = 88,50% dla h = 705,8 x = 89,75% dla h = 859,8 x = 91,25%.

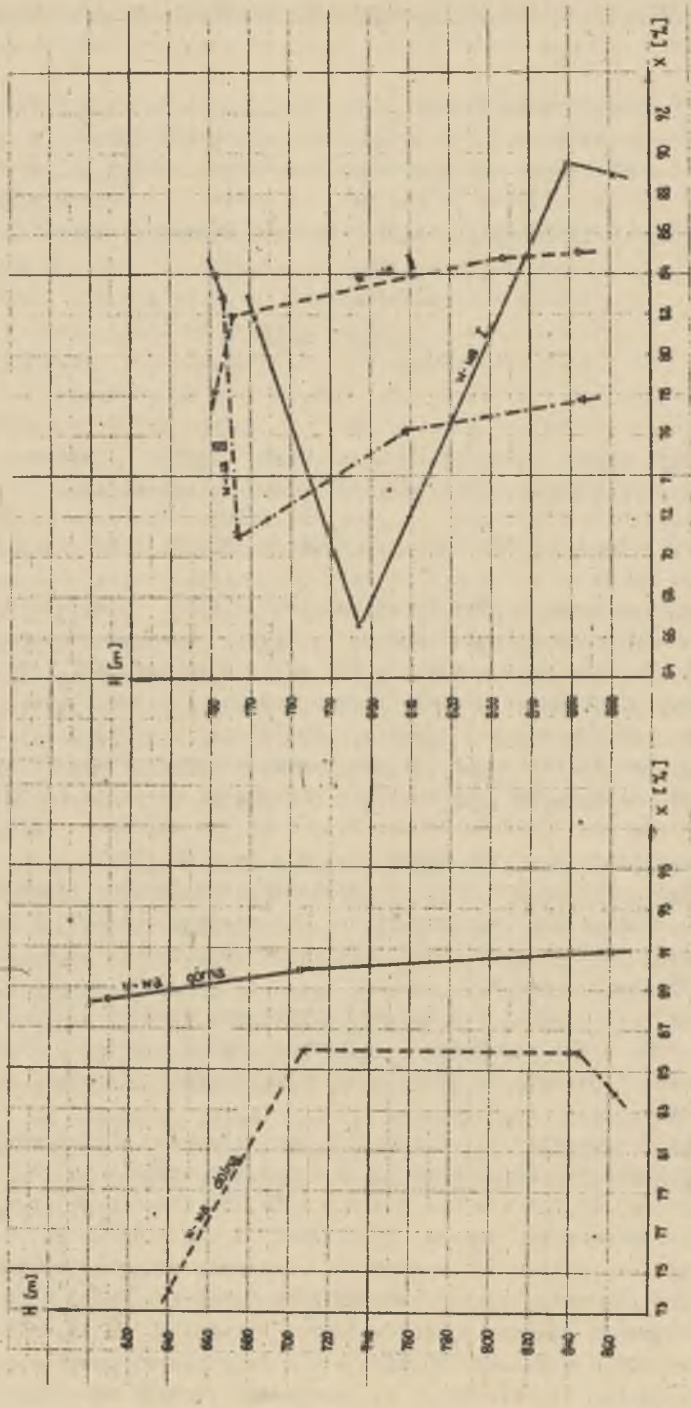
Dla warstwy dolnej tegoż pokładu przebieg wartości wskaźnika x jest nieco inny, mianowicie przy wzroście głębokości od 640,8 do 807,8 wskaźnik x wzrasta od 74,00% do 86,00. Przy kolejnym wzroście głębokości od 845,3 utrzymuje się na tym samym poziomie (x = 86,25%).

Dla węgli pokładu 510 (rys. 5) zaobserwowano znaczny rozrzut wartości wskaźnika mechanicznej wytrzymałości. Dla warstwy I wskaźnik ten przybierał wartości od minimalnej 66,50 dla głębokości h = 797,3 m, do maksymalnej 89,75% dla h = 849,2 m.

Dla węgla z najmniejszej badanej głębokości warstwy I, tj. 771,3 m, wynosił 82,00%, a dla największej głębokości 861,2 m wynosił 89,00%. Wartości minimalne i maksymalne przybierał więc wskaźnik dla węgli z głębokości pośrednich.

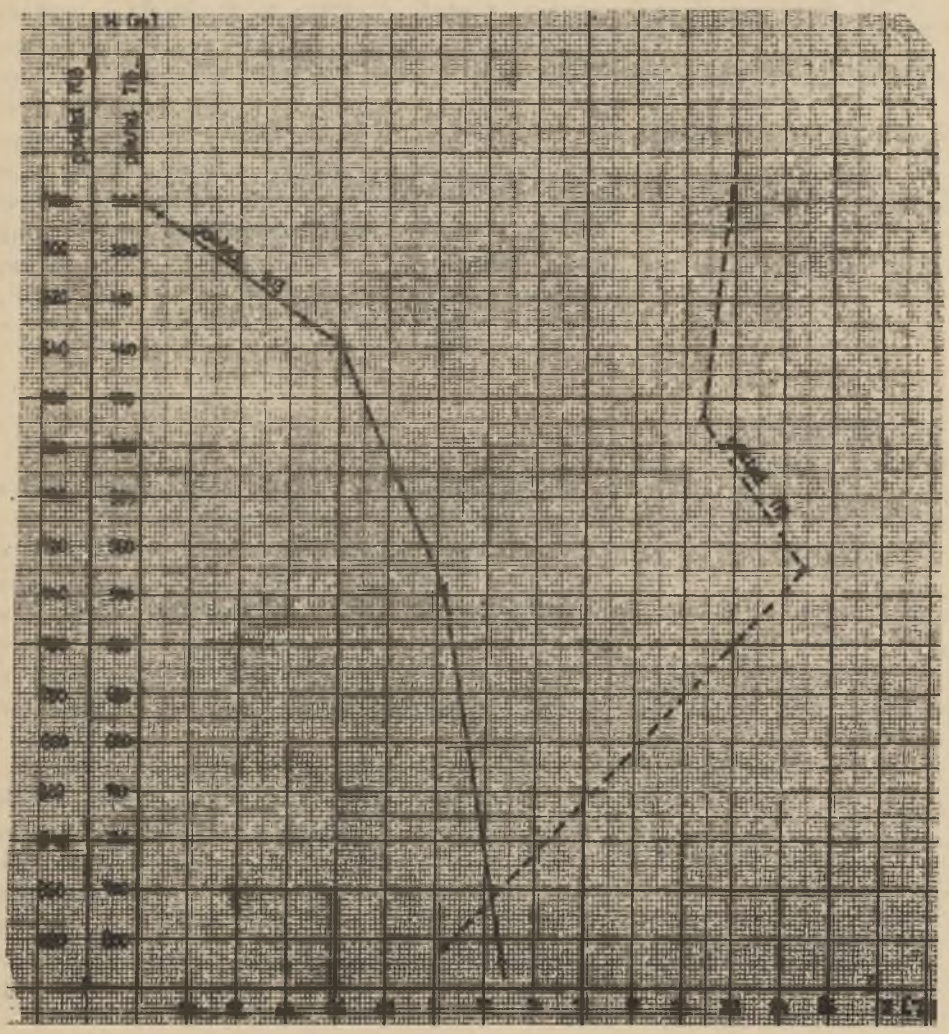
Dla węgli z warstwy II pokładu 510 zaobserwowano wzrost wartości wskaźnika z głębokością. Dla głębokości h = 761,5 m wynosił on 78,25% i poprzez wartości 82,00% dla h = 764,6 m i 84,75% dla h = 833,3 m, wzrósł do 85,25% dla maksymalnej badanej głębokości, tj. h = 851,7 m.

Dla węgli z pokładu 510 warstwy III wskaźnik osiągnął maksymalną wartość 84,25% dla najmniejszej badanej głębokości h = 761,3 m, a jej wzrost o 6 m spowodował znaczny spadek wartości wskaźnika, bo aż o 13,25%. Dla głębokości 808,8 m wynosił 76,25%, a dla największej przebadanej głębokości zalegania, tj. dla 853,9 m, zanotowano wartość wskaźnika 77,75%.



Rys. 4. Wykres wartości wskaźnika mechanicznej wytrzymałości x, w zależności od głębokości zalegania węgla w złożu kopalni "Dymitrow" dla pokładu 507

Rys. 5. Wykres wartości wskaźnika mechanicznej wytrzymałości x, w zależności od głębokości zalegania węgla w złożu kopalni "Dymitrow" dla pokładu 510



Rys. 6. Wykres wartości wskaźnika mechanicznej wytrzymałości x, w zależności od głębokości zalegania węgla, w złożu kopalni "Anna", dla pokładu 703 i 713

Dla przebadanych węgli kopalni "Anna", a zwłaszcza dla węgli z pokładu 703 (rys. 6), zaobserwowano mniejsze wartości wskaźnika mechanicznej wytrzymałości w bębnie obrotowym niż dla węgli z kopalni "Dymitrow". Wartość tego wskaźnika dla węgli z pokładu 703 wzrasta ze wzrostem głębokości zalegania. Dla głębokości najmniejszej h = 587,0 m wskaźnik jest równy 58,75%, dla h = 638,0 m x = 66,00%, dla h = 737,0 x = 70,25%, a dla największej głębokości h = 887,0 m x = 72,75%. Zależności tej nie zanotowano dla węgli z pokładu 713 (rys. 6). Wartość największą x = 85,00% osiągnął wskaźnik dla pośredniej badanej głębokości h = 573,0 m, a najmniejszą 70,35% dla największej głębokości h = 804,0 m. Dla głębokości mniejszych, tj. 333,0 m i 483,0 m, wynosił kolejno 82,00% i 80,75%.

Podsumowanie

Zarówno wzrost wartości wskaźnika urabialności jak i wzrost wskaźnika mechanicznej wytrzymałości węgla w bębnie obrotowym świadczą o zmniejszaniu się podatności węgla na rozdrabianie pod wpływem działania udaru - w przypadku badania metodą Protodiakonowa oraz ścierania (w mniejszym stopniu udaru) - w przypadku badania w bębnie obrotowym. Czynniki niszczące w metodzie Protodiakonowa (uderzanie obcym ciałem) symulują wzajemne uderzenie ziarn o różnych masach, zaś w bębnie obrotowym (ścieranie,w mniejszym stopniu udar) - symulują czynniki działające na urobek podczas ruchu na zsuwniach, sitach przesiewaczy itp.

W zastosowanych metodach określenia podatności węgla na rozdrabianie, inny był dominujący czynnik niszczący strukturę ziarn, co nie pozwala na porównanie wyników pomiędzy poszczególnymi badaniami. Stwierdzone wartości i kierunki zmian tych wartości nie układają się ściśle zgodnie z rosnącą głębokością zalegania. Uzyskane wartości wskaźników nie pozwalają na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków odnośnie wpływu głębokości zalegania pokładów węglowych na własności fizykomechaniczne węgli. Należy wziąć pod uwagę zależności pomiędzy składem petrograficznym a wyżej wymienionymi własnościami.

Jak wynika z przeprowadzonych badań, nie należy spodziewać się większych różnic w wychodach drobniejszych klas ziarnowych przy przejściu na większe głębokości eksploatacji w porównaniu z obecnie spotykanymi dla danych typów węgli przy tych samych metodach urabiania, transportu i przeróbki.

LITERATURA

[1] Chmura K.: Własności fizykotermiczne niektórych polskich zagłębi górniczych, Wydawn. "Śląsk", Katowice 1970.

[2] Kuhl J.: Niektóre własności fizykomechaniczne skał karbońskich Górnego Śląska, Przegląd Geologiczny, nr 10, 1955.

[3] Opolski T.: Urabianie calizny węglowej narzędziami skrawającymi. Wydaw. "Śląsk", Katowice 1965.

[4] Sikora Wł., Kidybiński A., Kwiatek J.: Energetyczny wskaźnik urabialności węgla. Przegląd Górniczy nr 12, 1964.

[5] Wasilewski K.: Krytyczne porównanie metod badania urabialności. Praca Inst. Mechanizacji Górnictwa, Komunikat nr 7, Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze, Katowice 1954.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ИЗМЕЛЬЧАЕМОСТИ УГЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ПЛАСТА

Р е з ю м е

Добычие угля из больших глубин является вопросом, которому посвящают все большое внимание.

Месторождения угля залегающие на меньших глубинах в большей степени выработаны, зачем предусматривают в самых близких годах эксплуатацию угля на все больших глубинах.

В работе испытаны изменения прочностных свойств углей по глубине их залегания и определен, методом Протодяконова, показатель их сопротивляемости разрушения при добывании, как и их прочность в ротационным барабане. Испытыванный материал остановлен в виде бороздовых образцов углей из шахт: Анна и Дымитров.

Как следует из проведенных испытаний не надо ожидать больших разниц в выходах мелких зерн при переходе на большие глубины, по сравнению из до сих пор встретимыми выходами для данных типов углей, при этих самых способах добывания, транспорта и обогащения.

INVESTIGATIONS ON COAL SUSCEPTIBILITY FOR BREAKING Up AS DEPENDENT ON SEAM DEPTH

S u m m a r y

Big depth winning becomes an important problem as shallow resources have been drawn to an extent. This leads to development of deep mines. The work considers strength changes of coal depending on depth and determines its gettability for Protodiakonov's method and its strength the rotation drum. Empirical material has been provided by furrow tests of coal from the 'Dymitrov' and 'Anna' mines. It results that no greater changes are to be expected in finer coal classes at greater depths when compared with present ones with same extraction methods, transport and processing.