

Stanisław CIERPISZ, Joachim PIELOT
Politechnika Śląska

WPLYW ZMIAN PARAMETRÓW NADAWY ORAZ GĘSTOŚCI CIECZY CIĘŻKICH NA ILOŚĆ I JAKOŚĆ PRODUKTÓW WZBOGACANIA

Streszczenie. W artykule przedstawiono prognozy ilościowo-jakościowe trzech produktów uzyskiwanych ze wzbogacalnika zawieszinowego dla 20 zmian roboczych zakładu przerobczego. Analizy wykonano w warunkach zmiennych parametrów nadawy i dla zmierzonych co 1 minutę gęstości cieczy ciężkich.

INFLUENCE OF VARIATIONS OF RAW COAL FEED AND HEAVY MEDIA DENSITIES ON TONNAGE AND QUALITY OF WASHING PRODUCTS

Summary. The evaluation of yields and ash contents of three products for the heavy media washer for twenty working shifts in the coal preparation plant is presented in the paper. Analysis have been performed at varying characteristic of the feed and for varying heavy media densities measured every 1 minute.

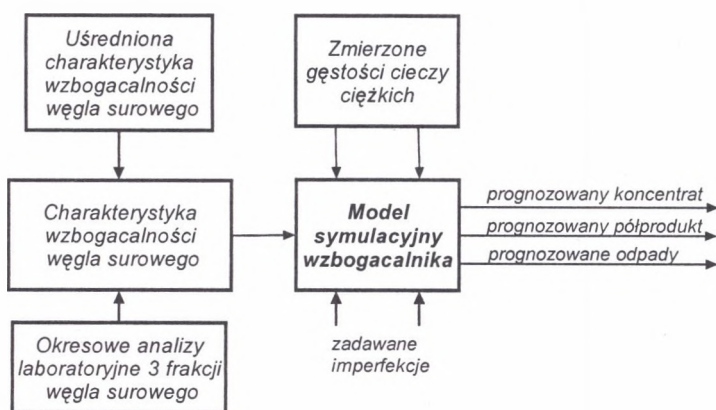
1. Wstęp

Proces wzbogacania węgla surowego ma na celu rozdzielenie nadawy na koncentrat i odpady, bądź koncentrat, półprodukt i odpady. Przebieg tego procesu we wzbogacalnikach z cieczą ciężką podlega różnorodnym zakłóceniom, do których można zaliczyć zmiany charakterystyk wzbogacalności i składu ziarnowego, zmiany natężenia przepływu węgla surowego oraz zmiany gęstości cieczy ciężkich. W celu ograniczenia wpływu zakłóceń na efekty wzbogacania stosowane są układy automatycznej regulacji gęstości cieczy ciężkich [1].

Przebieg procesów przerobczych może być w dogodny sposób analizowany za pomocą komputerowych metod symulacyjnych. W artykule przeanalizowany został wpływ zmian

charakterystyki nadawy oraz zmian gęstości cieczy ciężkich w ciągu 20 zmian roboczych zakładu przerobczego na ilość i jakość uzyskiwanych trzech produktów ze wzbogacalnika zawieszinowego.

W celu określenia zmienności charakterystyki wzbogacalności nadawy wykorzystane zostały analizy laboratoryjne wychodów frakcji koncentratu ($<1,5 \text{ g/cm}^3$), półproduktu ($1,5 \text{ g/cm}^3$ - $1,8 \text{ g/cm}^3$) i odpadów ($>1,8 \text{ g/cm}^3$) w nadawie oraz uśredniona charakterystyka wzbogacalności. Dzięki tym analizom program komputerowy tworzy osobne charakterystyki wzbogacalności dla każdej zmiany roboczej. Z kolei zmierzone co 1 minutę w ciągu 8 godzin pracy 20 zmian roboczych gęstości cieczy ciężkich umożliwiły dokonanie 9600 prognoz symulacyjnych. Idea takiej metody prognozowania przedstawiona jest na rys. 1.



Rys. 1. Idea metody prognozowania efektów wzbogacania wzbogacalnika zawieszinowego, wykorzystująca pomiary gęstości cieczy ciężkich

Fig. 1. Principle of the method of evaluation of the heavy media washer performance on the basis of measurements of heavy media densities

2. Program symulacyjny trójproduktowego wzbogacania w cieczach ciężkich

Program symulacyjny określa bieżącą, dla każdej zmiany roboczej, charakterystykę wzbogacalności. W tym celu wykorzystywana jest uśredniona charakterystyka wzbogacalności, przedstawiona w tabl.1, oraz analizy laboratoryjne wychodów frakcji trzech produktów wzbogacania w nadawie. Przy tworzeniu bieżącej charakterystyki wzbogacalności przyjęte zostały następujące modelowe założenia upraszczające:

- wzajemne proporcje wychodów frakcji gęstościowych w ramach każdego z trzech produktów wzbogacania są stałe,
- chwilowy wychód nadawy jest niezmienny w czasie,
- zawartości popiołu w poszczególnych frakcjach gęstościowych nadawy są stałe (przy takim założeniu średnia zawartość popiołu w nadawie zmienia się tylko przy zmianach wychodów tych frakcji),
- nieuwzględniana jest krzywa składu ziarnowego nadawy.

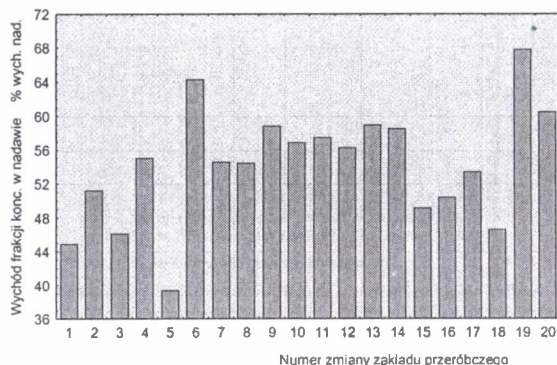
Tablica 1

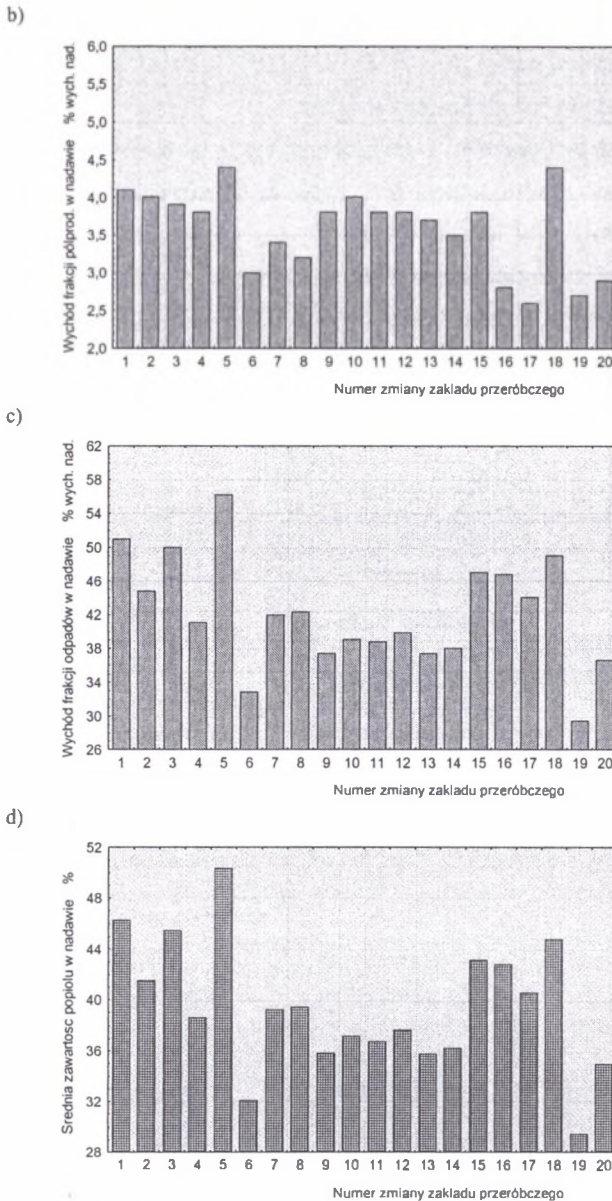
Charakterystyka gęstościowo-jakościowa węgla surowego

Nr frakcji gęst.	Gęstość frakcji g/cm ³	Wychód frakcji %	Zawartość popiołu %
1	<1,3	34,49	4,9
2	1,3-1,4	14,69	8,1
3	1,4-1,5	4,05	12,3
4	1,5-1,6	1,55	19,4
5	1,6-1,7	1,14	25,4
6	1,7-1,8	0,89	44,5
7	1,8-1,9	0,24	46,3
8	1,9-2,0	2,92	62,3
9	2,0-2,1	5,67	72,2
10	>2,1	33,35	86,9

Na rysunku 2 przedstawione są wychody frakcji koncentratu (<1,5 g/cm³), półproduktu (1,5 g/cm³-1,8 g/cm³) i odpadów (>1,8 g/cm³) oraz zawartość popiołu w nadawie, uzyskane w laboratorium analitycznym dla każdej z 20 zmian roboczych zakładu przerobczego.

a)





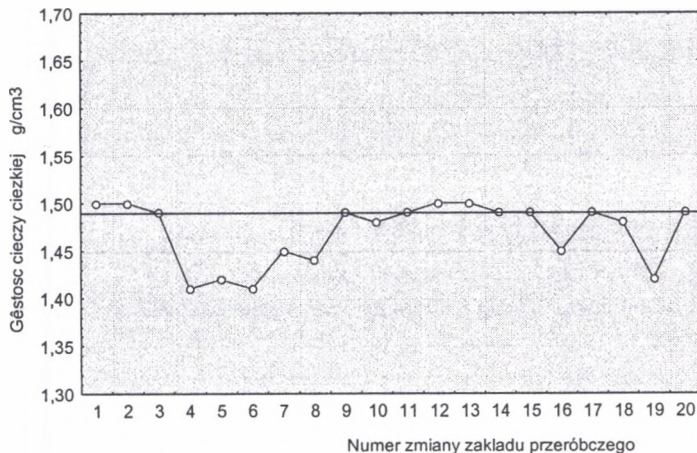
Rys. 2. Wychody frakcji koncentratu (a), półproduktu (b), odpadów (c) oraz średnia zawartość popiołu w nadawie (d) w poszczególnych zmianach roboczych zakładu przerobczego

Fig. 2. Yields of concentrate (a), middlings (b), and refuse (c) fractions and mean ash content in the feed (d) during successive working shift of the plant

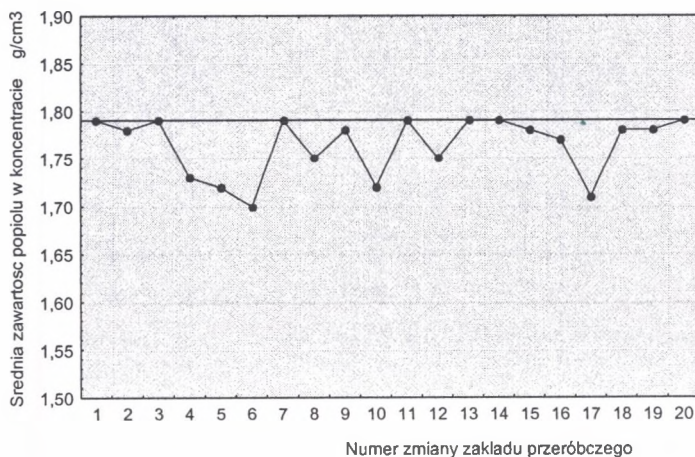
Model symulacyjny trójproduktowego wzbogacalnika zawieszinowego wykorzystuje opisaną wyżej charakterystykę wzbogacalności nadawy oraz model krzywych rozdziału [9], wykorzystującą zależność funkcyjną. Obydwie krzywe rozdziału (przy wydzielaniu odpadów

i wydzielaniu koncentratu) są każdorazowo określone dla zmierzonej co 1 minutę pary gęstości cieczy ciężkich oraz zadanych imperfekcji. Zakłada się tu, że gęstości cieczy ciężkich w czasie 1 minuty są stałe. Rys. 3 ilustruje średnie gęstości cieczy ciężkich we wszystkich analizowanych zmianach roboczych; liniami ciągłymi zaznaczone zostały wartości zadane tych gęstości.

a)



b)



Rys. 3. Średnie gęstości cieczy ciężkich w poszczególnych zmianach roboczych zakładu przerobczego: a) w obiegu 1,48 g/cm³, b) w obiegu 1,78 g/cm³

Fig. 3. Mean heavy media densities during successive working shifts of the plant: a) in the "1,48 g/cm³" circuit and b) in the "1,78 g/cm³" circuit

3. Prognozy ilościowo-jakościowe produktów wzbogacania

Względne zmiany ilości trzech produktów w poszczególnych zmianach roboczych ilustrują rysunki 4-6. Dla każdego produktu łączna ilość w danej zmianie została wyznaczona z jednej z zależności (1-2).

dla rys.4, 5, 6:

$$Q_1'' = \frac{\sum_{i=1}^{480} q_i(\rho_i)}{480 \cdot q_i(\rho = \rho_{zad})}, \quad (1)$$

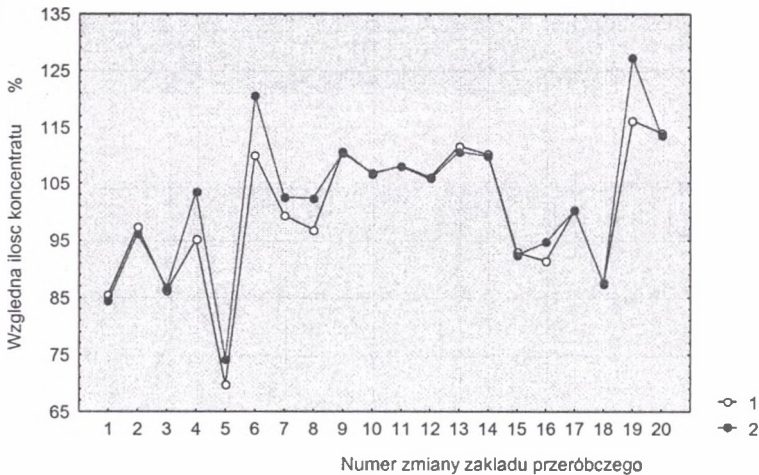
$$Q_2'' = \frac{480 \cdot q_i(\rho = \rho_{sr})}{480 \cdot q_i(\rho = \rho_{zad})}, \quad (2)$$

gdzie:

i – numer zmierzonej pary gęstości cieczy ciężkich,

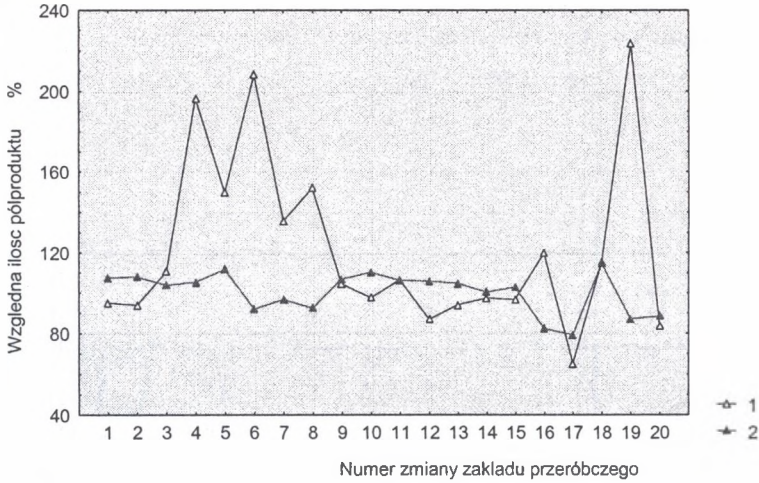
$\rho_i, \rho_{sr}, \rho_{zad}$ – zmierzone, średnie i zadane gęstości cieczy ciężkich,

q, Q^0 – ilość produktu w ciągu 1 minuty oraz względne ilości produktu w ciągu całej zmiany roboczej.



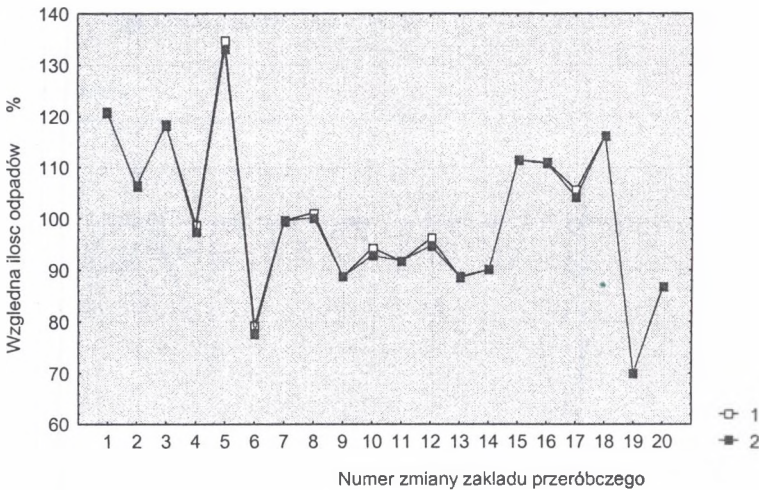
Rys. 4. Względne ilości koncentratu (odniesione do ilości koncentratu przy stałej charakterystyce nadawy i zadanej gęstości cieczy ciężkiej $1,48 \text{ g/cm}^3$): 1 – przy zmierzonych gęstościach cieczy ciężkiej, 2 – przy średnich gęst. cieczy ciężkiej

Fig. 4. Relative yield of concentrate (as percent of the concentrate yield at constant feed characteristic and desired heavy media density $1,48 \text{ g/cm}^3$): 1 – at measured heavy media densities, 2 – at mean heavy media densities



Rys. 5. Względne ilości półproduktu (odniesione do ilości półproduktu przy stałej charakterystyce nadawy i zadanych gęstościach cieczy ciężkich): 1 – przy zmierzonych gęstościach cieczy ciężkich, 2 – przy średnich gęst. cieczy ciężkich

Fig. 5. Relative yield of middlings (as percent of the middlings yield at constant feed characteristic and desired heavy media densities): 1 – at measured heavy media densities, 2 – at mean heavy media densities

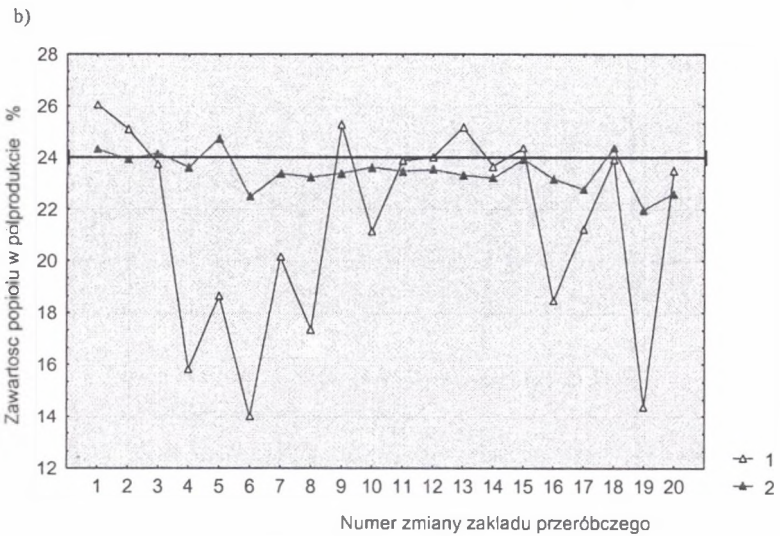
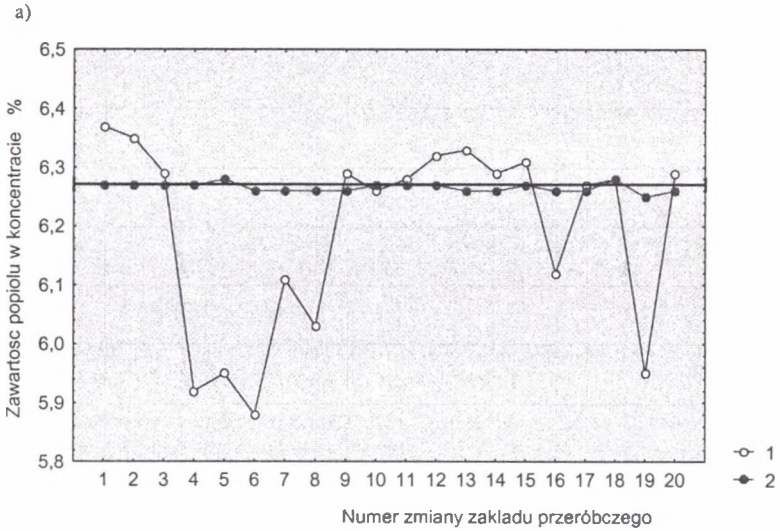


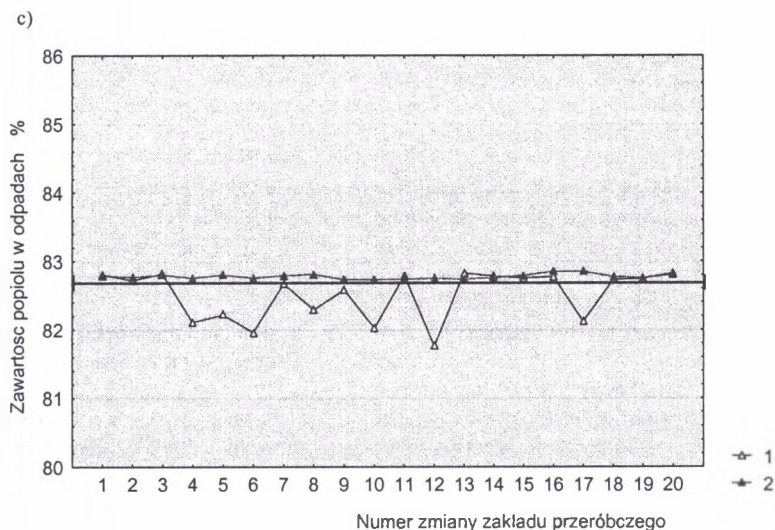
Rys. 6. Względne ilości odpadów (odniesione do ilości odpadów przy stałej charakterystyce nadawy i zadanej gęstości cieczy ciężkiej 1,78 g/cm³): 1 – przy zmierzonych gęst. cieczy ciężkich, 2 – przy średnich gęst. cieczy ciężkich

Fig. 6. Relative yield of refuse (as percent of the refuse yield at constant feed characteristic and desired heavy media density 1,78 g/cm³): 1 – at measured heavy media densities, 2 – at mean heavy media densities

Największe względne zmiany ilości półproduktu wynikają ze stosunkowo niewielkiego udziału półproduktu w nadawie (w granicach 2,5-4,5%). W takim przypadku niewielkie zmiany charakterystyki wzbogacalności oraz gęstości cieczy ciężkich powodują duże

względne zmiany łącznej ilości półproduktu otrzymanego w ciągu całej zmiany. Ten sam efekt jest powodem dużych zmian średnich zawartości popiołu w półprodukcie (w zakresie 14-26%). Zmiany średnich zawartości popiołu w koncentracji i odpadach są niewielkie – rys. 7.





Rys. 7. Średnie zawartości popiołu w poszczególnych zmianach roboczych zakładu przerobczego: a) w koncentracji, b) w półprodukcie, c) w odpadach; 1 – przy zmierzonych gęst. cieczy ciężkich, 2 – przy średnich gęst. cieczy ciężkich

Fig. 7. Mean ash contents during successive working shifts of the plant: in concentrate, b) in middlings, c) in refuse; 1 – at measured heavy media densities, 2 – at mean heavy media densities

4. Podsumowanie

Przedstawiony sposób prognozowania efektów wzbogacania pozwala oszacować ilość i jakość trzech produktów wzbogacania w warunkach zmienności charakterystyki wzbogalności nadawy oraz zmienności gęstości cieczy ciężkich. Pozwala również na dokonywanie innych, bardziej szczegółowych analiz, np. analiz efektów ekonomicznych czy badań wpływu zmian imperfekcji wzbogalnika. Wyniki takich badań przedstawione zostały na ubiegłorocznej konferencji [5, 7]. W referacie [8] przedstawiony jest przykład analizy strat ekonomicznych przy nieprawidłowych wartościach gęstości cieczy ciężkich.

LITERATURA

1. Cierpisz S.: Automatykacja procesów przeróbki mechanicznej węgla. „Śląsk”, Katowice 1980.
2. Cierpisz S.: Automatyczna regulacja w układach zawieszinowych wzbogalników węgla. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.

3. Cierpisz S., Pielot J.: Analiza procesów przeróbki mechanicznej węgla z zastosowaniem symulacji komputerowej. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*, nr 12 (317) str. 24-32., Katowice 1996.
4. Cierpisz S., Pielot J.: Symulacyjne statyczne modele procesów i układów sterowania w zakładach wzbogacania węgla. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Monografia nr 28, Gliwice 2001.
5. Cierpisz S., Pielot J.: Analiza wpływu zmian parametrów nadawy oraz gęstości cieczy ciężkich na uzyskiwane efekty ekonomiczne wzbogacania. Konferencja "Górnictwo zrównoważonego rozwoju 2002", Konferencja III Energooszczędne i niezawodne maszyny górnicze, 22 listopada, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1564, seria Górnictwo z. 255, s. 49-57. Gliwice 2002.
6. Pielot J.: Przegląd modeli matematycznych wzbogacania grawitacyjnego i przesiewania węgla. Materiały VI Konferencji Automatyzacji Procesów Przeróbki Kopalni, 10-13 maja, str. 35-45. Szczyrk 2000.
7. Pielot J.: Wpływ imperfekcji wzbogalnika zawieszinowego na efekty wzbogacania. Konferencja „Górnictwo zrównoważonego rozwoju 2002”, Konferencja III Energooszczędne i niezawodne maszyny górnicze, 22 listopada, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej nr 1564, seria Górnictwo z. 255, s. 235-245, Gliwice 2002.
8. Pielot J.: Przykład analizy strat ekonomicznych wzbogacania w cieczach ciężkich przy nieprawidłowych gęstościach cieczy. Konferencja „Górnictwo zrównoważonego rozwoju 2003”, Konferencja III Energooszczędne i niezawodne maszyny górnicze, 22 listopada, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003 (w druku).
9. Zapala W.: Opracowanie i cyfrowe badania symulacyjne algorytmów sterowania procesu wzbogacania węgla z wykorzystaniem pomiaru rozkładu frakcji densymetrycznych w łóżu osadzarki. Praca doktorska (nie publikowana), Biblioteka Główna Politechniki Śląskiej, Gliwice 1988.

Artykuł opracowano w ramach projektu badawczego KBN 8T12A 036 20.

Recenzent: Dr hab. inż. Kazimierz Jaracz, prof. nadzw. w AP w Krakowie

Abstract

The influence of variations of the feed characteristic and variations of heavy media densities on yields and quality of three products from heavy media washer has been presented. The evaluation of yields and ash contents has been performed for twenty working shifts in the coal preparation plant. Variations of raw coal washability characteristic have been determined on the basis of laboratory tests on samples of concentrate, middlings and refuse, together with mean washability characteristic accepted as a model. Due to these analysis, simulation program produces separate characteristic for each shift. Heavy media densities measured every 1 minute during 20 shifts (8 hours each) produced 9600 simulation evaluations. Analysis of simulation results shows significant variations in the yield and ash

content in middlings which is due to small amount of this product in the feed. Variations of yields and ash contents in concentrate and effuse is much smaller. The above method of prognosis enables to evaluate yield and ash content in three products fro heavy media washer at various feed characteristic and changing heavy media densities. It enables also to perform economic analysis of the technological process operation at various conditions.