

Anna ŚWIERKOT-KOPAŁA

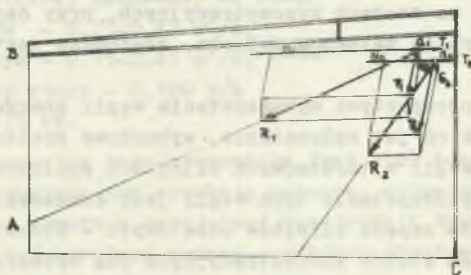
BADANIA PRZYDATNOŚCI STOŁÓW KONCENTRACYJNYCH
DO WYDZIELANIA KONCENTRATÓW WĘGLOWYCH
PRZEZNACZONYCH DO CELÓW SPECJALNYCH, W OPARCIU
O PRÓBY MODELOWE I TECHNOLOGICZNE

Streszczenie. W ramach badań, których wyniki przedstawiono w artykule, dokonano próby określenia wpływu niektórych parametrów pracy stołu koncentracyjnego na dokładność i wyniki procesu rozdziału materiału modelowego, wielofrakcyjnego. Na podstawie tych badań przeprowadzono wzbogacanie węgla z 4 kopalń, uzyskując koncentraty węglowe odpowiadające wymogom specjalnych procesów przetwórczych.

1. WSTĘP

Stół koncentracyjny jest wzbogacalnikiem, charakteryzującym się dużą sprawnością rozdziału ziarn o różnej gęstości. Rozdział minerałów na stole koncentracyjnym przebiega w płytkiej laminarnej strudze wody - spływającej po lekko-nachylonej płaszczyźnie stołu - poddawanej ruchowi posuwisto-zwrotnemu za pomocą napędu o specjalnej konstrukcji.

Ziarna w zależności od ich gęstości i wielkości, poruszają się po płycie stołu z różnymi prędkościami, w różnych kierunkach (rys. 1) następujące rozwarstwianie ziarn i kształtuje się wachlarz produktów. Każde ziarno, znajdujące się na płycie stołu koncentracyjnego, będzie podlegało działaniu czterech podstawowych wzajemnie prostopadłych sił [3]:



Rys. 1. Schemat ruchu ziarn - ciężkich (d_1) i lekkich (d_2) - po nachylonej płaszczyźnie stołu koncentracyjnego

- 1) siły ciężkości G , skierowanej pionowo w dół,
- 2) siły hydrodynamicznego działania poprzecznego strumienia wody i zawiesiny P , skierowanej w poprzek nachylonej płyty,
- 3) siły N , wywołanej asymetrycznymi postępowo-zwrotnymi ruchami płyty; siła ta skierowana jest wzdłuż płyty stołu,
- 4) siły tarcia T .

Pod działaniem tych sił każde ziarno, w zależności od jego gęstości i wielkości, będzie przemieszczać się zgodnie ze swoją wypadkową siłą R . Ziarna frakcji ciężkiej, przenikając do dolnych warstw, poruszają się wzdłuż płyty, pod działaniem asymetrycznych, postępowo-zwrotnych ruchów płyty (kierunek ich ruchu niewiele odchyła się od kierunku wzdłużnego, pod działaniem poprzecznego strumienia zawiesiny i wody zmywającej). Ogólny kierunek ruchu ziarn ciężkich - ziarno d_1 - będzie od punktu podania zawiesiny do brzegu stołu AB . Ziarna frakcji lekkiej poruszają się zasadniczo w poprzek płyty pod działaniem poprzecznego strumienia zawiesiny i wody zmywającej, a jednocześnie poruszają się do przodu pod działaniem asymetrycznych postępowo-zwrotnych ruchów płyty. Ogólny kierunek ruchu lekkich ziarn - ziarno d_2 - będzie od punktu podania na stół do brzegu stołu AC . Proces rozdziału ziarn wg gęstości na stole koncentracyjnym zachodzi w trzech nieprzerwanie biegnących fazach [3]:

- rozluźnienie całej masy ziarn,
- rozwarstwienie ziarn wg gęstości i wielkości,
- selektywny transport rozwarstwiających się ziarn po nachylonej płycie, w różnych kierunkach i z różnymi prędkościami.

Stoły koncentracyjne mają zastosowanie do wzbogacania węgla o uziarnieniu poniżej 5 mm, jakkolwiek można na nich wzbogacać węgiel o uziarnieniu do 16 mm [2].

Uważana za wadę stołów niska wydajność jednostkowa, która ogranicza ich stosowanie, została znacznie zwiększona w nowoczesnych rozwiązaniach, poprzez zastosowanie podwieszonych na linach stołów wielopokładowych o wspólnym napędzie [4]. W Polsce stoły koncentracyjne, jak dotychczas, nie znalazły szerszego zastosowania do wzbogacania węgla. W innych krajach, takich jak Stany Zjednoczone i Australia, powszechnie wzbogaca się drobno-uziarnione węgle na stołach koncentracyjnych, przy czym sumaryczna ilość węgla wzbogacanych tą metodą w świecie, szacowana jest na około 140 mln ton rocznie [1].

Rysująca się perspektywa wykorzystania węgla energetycznych do celów specjalnych - takich jak upłynnianie, wybuchowe spalanie ultraczystych mikronizowanych węgla w turbinowych silnikach spalinowych napędzających samochody oraz wykorzystanie tych węgla jako domieszki do oleju napędowego, stosowanego do napędu silników okrętowych - skłania do podjęcia badań nad wykorzystaniem stołów koncentracyjnych dla wytwarzania odpowiednich koncentratów. Wymogi jakościowe koncentratów węglowych do tych celów od-

biegają znacznie od wymogów dla koncentratów stosowanych w energetyce i koksownictwie.

W przypadku upłynniania węgla kamiennych metodą ekstrakcji węgla a następnie uwodorniania ekstraktu, zachodzi konieczność uciążliwego procesu filtracji - którego można by uniknąć, gdyby surowiec zawierał minimalną ilość części mineralnych, a maksymalną składników witrynitowych i egzynitowych, najbardziej podatnych na ekstrakcję.

Również w przypadku wykorzystania węgla energetycznego jako paliwa w turbinowych silnikach spalinowych oraz okrętowych, ze względu na erozyjne oddziaływanie nie spalonych cząstek mineralnych na elementy silników - konieczne jest, by surowiec zawierał możliwie śladowe ilości substancji mineralnej.

Wyżej wymienione potrzeby w zakresie jakości surowca dla metod przetwórstwa węgla, skłoniły do przeprowadzenia badań ukierunkowanych na uzyskanie koncentratów niskopopiołowych, na drodze wzbogacania na stole koncentracyjnym.

2. OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO, MATERIAŁU UŻYTEGO DO BADAŃ ORAZ SPOSOBU OPRACOWANIA WYNIKÓW

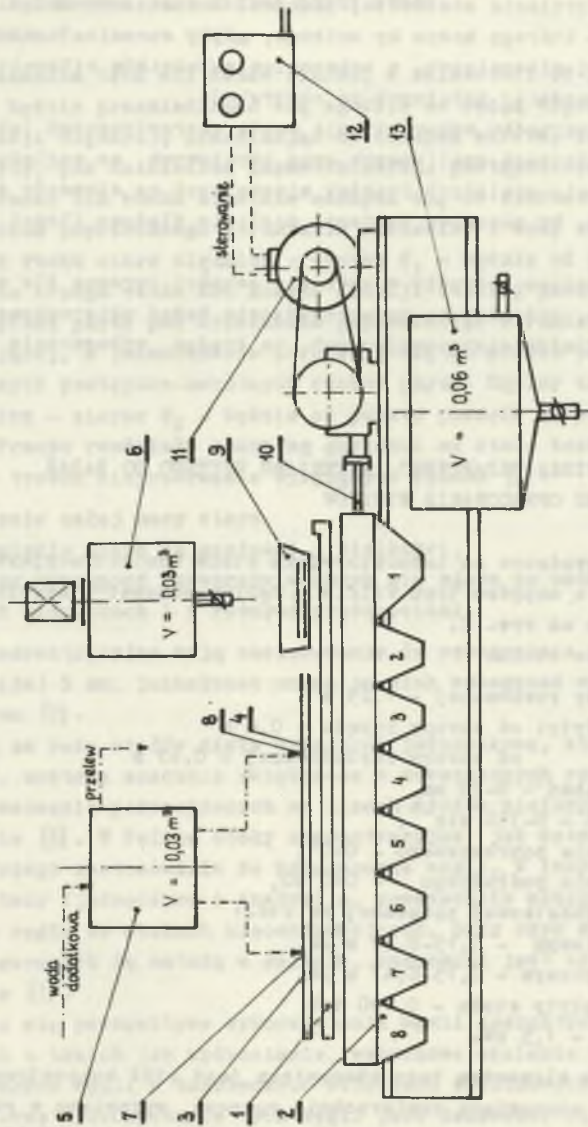
Badania prowadzono na laboratoryjnym stole koncentracyjnym - podpartym wstrząsanym - z napędem typu Wilfle'y. Ogólny schemat stanowiska badawczego zobrazowano na rys. 2.

Dane techniczne stołu:

- długość płyty rowkowanej - 1,25 m
- szerokość płyty: od strony napędu - 0,6 m
od strony rozładowniczej - 0,43 m
- amplituda wahań - 8-20 mm,
- liczba wahań - 0-350 min⁻¹,
- kąt nachylenia poprzecznego - 0-7°,
- kąt nachylenia podłużnego - 0-0°30'
- ilość wody dodatkowej podawanej na stół:
natryskiem lewym - 0,15-0,47 m³/h,
natryskiem prawym - 0,15-0,47 m³/h,
- obciążenie płyty stołu - 0,100 t/h
- moc silnika - 1,5 kW.

Podstawowym elementem tego stanowiska jest stół koncentracyjny z wymienną płytą, stanowiącą powierzchnię roboczą, wprawioną w ruch posuwisto-zwrotny za pomocą napędu o specjalnej konstrukcji typu Wilfle'y, ze zmienną liczbą wahań wywołaną zmianą prędkości obrotowej silnika prądu stałego.

Badania procesu rozdziału na stole koncentracyjnym pod kątem możliwości wydzielenia koncentratów do celów specjalnych z drobnouziarnionych



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego

1 - płyta robocza, 2 - rżyna odbiorcza z osioma odbiernikami produktów rozdzielu, 3, 4 - natryski, 5 - zbiornik wyrównawczy, 6 - mieszalnik nadawy, 7 - podawanie wody dodatkowej przez natrysk lewy, 8 - podawanie wody dodatkowej przez natrysk prawy, 9 - skrzyżka nadawcza, 10 - łącznik, 11 - napęd, 12 - prostownik, 13 - zbiornik

węgli, prowadzono między innymi na próbie modelowej wielofrakcyjnej oraz na naturalnych próbach węglowych. Model wielofrakcyjny o uziarnieniu 1-0,2 mm sporządzono z pięciu frakcji wybranych z próby węgla surowego kop. "Janina", którego skład densymetryczny wraz z zawartością popiołu przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyka materiału modelowego w klasie ziarnowej 1-0,2 mm sporządzonego z węgla KWK "Janina"

Frakcja δ	Wychód frakcji	Zawartość popiołu we frak- cji	n $\sum \delta$ 1	ϕ	β	ϵ	ϵ'
10^{-3} kg/m ³	δ (%)	λ (%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1,2-1,3	12,20	3,42	12,20	3,42	31,47	17,19	100,00
1,3-1,5	41,60	4,88	53,80	4,55	35,37	74,93	98,68
1,5-1,6	4,29	19,56	58,09	5,66	62,83	79,97	92,24
1,6-1,8	4,89	36,57	62,98	8,06	67,26	84,49	89,57
+1,8	37,02	71,32	100,00	31,47= ∞	71,32	100,00	83,89

Materiał do badań technologicznych w zakresie upłynniania węgla stanowiły próby węgla z kop. "Chwałowice" i kop. "Janina" (tabela 2), a w zakresie wykorzystania węgla jako paliwo do spalania wybuchowego oraz w mieszaninie z olejem napędowym - próby węgla z kop. "Dymitrow" i kop. "Szombierki" (tabela 3).

Badania dla wymienionych prób prowadzono zmieniając następujące parametry technologiczne: kąt nachylenia poprzecznego płyty (α), liczbę wahań płyty (n), amplitudę wahań płyty (s) i ilość podawanej wody dodatkowej na płytę stołu (q).

Do interpretacji wyników przyjęto, że z 5 kolejnych odbieralników - licząc od skrzynki nadawczej - odbierany jest koncentrat, z odbieralników 6 i 7 półprodukt, a z pozostałych - odpady.

Dla prób prowadzonych na modelu, obliczono współczynnik efektywności wzbogacania wg wzoru:

$$E = \frac{W_K(B_K - B_N)}{B_N(100 - B_N)},$$

gdzie:

$W_K = f_K$ = ilość koncentratu (%),

B_K - zawartość frakcji użytecznej w koncentracie (%),
(frakcji o gęstości $< 1,5 \cdot 10^{-3}$ kg/m³),

B_N - zawartość frakcji użytecznej w nadawie (%).

Tabela 2

Charakterystyka próby urobkowo-pokładowej (pokład 400) z KWK "Chwałowice" i próby urobkowej z KWK "Janina", w klasie ziarnowej 1-0,2 mm

Frakcja δ 10^{-3} kg/m^3	Wychód frakcji δ (%)	Zawartość popiołu we frakcji ρ (%)	$\sum_{i=1}^n \delta$ (%)	ψ (%)	β (%)	ε (%)	ε' (%)
KWK "Chwałowice"							
1,25	0,93	1,13	0,93	1,13	2,86	0,95	100,00
1,25-1,28	0,73	1,19	1,66	1,16	2,88	1,69	99,76
1,28-1,30	37,22	1,38	38,88	1,37	2,89	39,48	99,37
1,30-1,35	51,55	2,12	90,43	1,80	3,81	91,42	81,42
1,35-1,40	6,38	6,74	96,81	1,91	12,89	97,76	43,13
1,40-1,50	1,46	13,47	98,27	2,09	31,52	99,05	35,16
+1,50	1,73	46,75	100,00	2,86= α	46,75	100,00	28,28
KWK "Janina"							
-1,3	54,77	2,22	54,77	2,22	9,18	58,97	100,00
1,3-1,4	23,18	3,91	77,95	2,72	17,62	83,49	86,81
1,4-1,5	6,52	8,32	84,47	3,15	32,02	90,08	76,91
1,5-1,6	4,75	17,80	89,22	3,93	41,97	94,38	71,00
1,6-1,8	2,65	26,84	91,87	4,59	52,62	96,51	61,79
+1,8	8,13	61,03	100,00	9,18= α	61,03	100,00	54,05

Uwaga: Próbe z KWK "Chwałowice" wzbogacono wstępnie w dwuchlorku cynku o gęstości $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ po czym skruszono do $< 2 \text{ mm}$. Odsiana i odmulona klasa ziarnowa 1-0,2 mm stanowiła materiał do badań. Próbe z KWK "Janina" skruszono do $< 2 \text{ mm}$, po czym wydzielono klasę ziarnową 1-0,2 mm.

Na podstawie analiz densymetrycznych koncentratu, półproduktu i odpadów, wyliczono współrzędne krzywej rozdziału. Krzywą rozdziału wykreślono w siatce prawdopodobieństwa, a więc takiej, w której oś rzędnych wyznaczono w skali funkcji Gaussa, a z niej odczytywano gęstość rozdziału i wartość rozproszenia prawdopodobnego.

Tabela 3

Charakterystyka próby urobkowo-pokładowej (pokład 507) z KWK "Dymitrow" i próby urobkowej z KWK "Szombierki", w klasie ziarnowej 1-0,2 mm

Fracja δ 10^{-3} kg/m^3	Wychód frakcji δ (%)	Zawartość popiołu we frak- cji λ (%)	n $\sum \delta$ 1 (%)	ψ (%)	β (%)	ε (%)	ε' (%)
KWK "Dymitrow"							
-1,25	3,48	1,01	3,48	1,01	6,43	3,68	100,00
1,25-1,28	43,82	1,18	47,30	1,17	6,63	49,96	99,52
1,28-1,30	14,91	1,23	62,21	1,18	11,16	65,70	91,47
1,30-1,35	20,45	4,12	82,66	1,91	15,08	86,65	88,63
1,35-1,40	5,51	9,72	88,17	2,40	28,01	91,97	75,54
1,40-1,50	2,87	13,16	91,04	2,74	36,52	94,93	67,19
+1,50	8,96	44,01	100,00	6,43	44,01	100,00	61,33
KWK "Szombierki"							
-1,25	2,68	1,64	2,68	1,64	4,96	2,77	100,00
1,25-1,30	64,76	1,06	67,44	1,08	5,05	70,19	99,08
1,30-1,35	16,37	2,30	83,81	1,32	12,99	87,02	85,27
1,35-1,40	7,49	7,52	91,30	1,83	23,80	94,31	77,68
1,40-1,50	2,87	13,95	94,17	2,20	37,81	96,90	66,32
1,50-1,60	1,20	21,10	95,37	2,44	49,55	97,90	58,24
1,60-1,80	1,30	30,33	96,67	2,81	56,93	98,86	53,14
+1,80	3,33	67,31	100,00	4,96	67,31	100,00	45,19

Uwaga: Próbę z KWK "Dymitrow" skruszono do < 2 mm, po czym wydzielono klasę ziarnową 1-0,2 mm.

Próbę z KWK "Szombierki" skruszono do < 1 mm i odmulono na sicie ϕ 0,2 mm.

3. WYNIKI BADAŃ ORAZ ICH PODSUMOWANIE

Wyniki badań dla modelu wielofrakcyjnego przedstawiono w tabeli 4, w której kolumnach podano:

- procentowe wychody koncentratu w stosunku do 100% nadawy (δ_K),
- procentowe zawartości popiołu w koncentracie, wyliczone na podstawie wyników analizy densymetrycznej koncentratu oraz procentowych zawartości popiołu we frakcjach z charakterystyki modelu (ψ),
- procentowe wychody frakcji lekkiej (o gęstości < $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$) w koncentracie, w stosunku do 100% frakcji w nadawie (U_K),
- współczynnik efektywności wzbogacania (ε)

Tabela 4

Zestawienie wyników rozdziału modelu wielofrakcyjnego
na rowkowanej płycie stołu koncentracyjnego

Parametry pracy stołu						δ_K	ψ	U_K	E
n	s	α	Ilość podawanej wody dodatkowej						
			q_L	q_P	Σq				
(min^{-1})	(mm)	($^\circ$)	(m^3/h)	(m^3/h)	(m^3/t)	(%)	(%)	(%)	
300	12	3	0,36	0,19	5,50	60,24	8,74	97,90	0,789
275	12	3	0,36	0,19	5,50	63,04	11,24	98,07	0,768
250	12	3	0,36	0,19	5,50	68,86	12,46	98,47	0,683
300	12	2	0,36	0,19	5,50	46,47	5,74	81,28	0,759
300	12	3	0,36	0,19	5,50	60,24	8,74	97,90	0,789
300	12	4	0,36	0,19	5,50	64,20	11,85	99,02	0,732
300	12	3	0,36	0,36	7,20	62,69	9,65	98,40	0,752
300	12	3	0,24	0,24	4,80	61,30	9,35	97,99	0,776
300	12	3	0,19	0,19	3,80	58,20	8,21	97,87	0,803
300	12	3	0,36	0,19	5,50	60,24	8,74	97,90	0,789
300	8	3	0,36	0,19	5,50	75,96	15,75	97,47	0,518
300	12	3	0,36	0,19	5,50	60,24	8,74	97,90	0,789
300	20	3	0,36	0,19	5,50	55,56	7,60	90,54	0,740

oraz w tabeli 5, której kolumny ujmują:

- gęstość rozdziału na koncentrat i półprodukt (Δ_1),
- gęstość rozdziału na półprodukt i odpady (Δ_2),
- wartość rozproszenia prawdopodobnego (e_1) i imperfekcji (I_1) na granicy rozdziału koncentrat - półprodukt,
- wartość rozproszenia prawdopodobnego (e_2) i imperfekcji (I_2) na granicy rozdziału półprodukt - odpady.

Na podstawie danych z tabel 4 i 5, wykonano wykresy zależności współczynnika efektywności wzbogacania i rozproszenia prawdopodobnego oraz zależności wychodu koncentratu i zawartości w nim popiołu, od zmiany jednego z parametrów pracy stołu, przy pozostałych parametrach stałych (rys. od 3 do 6).

Czasochłonność laboratoryjnej analizy każdego z doświadczeń była podstawą ograniczenia zakresu badań.

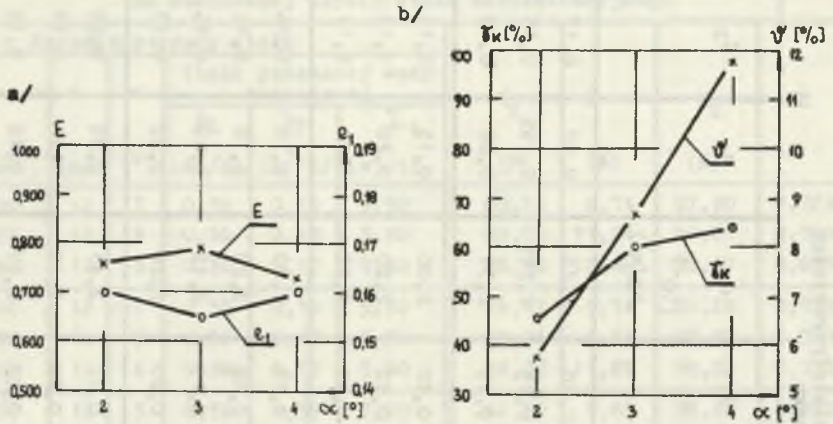
W przypadku badań technologicznych, najkorzystniejsze wyniki badań z całej serii doświadczeń, przedstawiono tabelarycznie w tabelach 6 i 7.

Przy wyborze najkorzystniejszego z przebadanych parametrów pracy stołu brano pod uwagę wartość współczynnika efektywności wzbogacania, wartość rozproszenia prawdopodobnego, wychód koncentratu i jego zapopiele-

Tabela 5

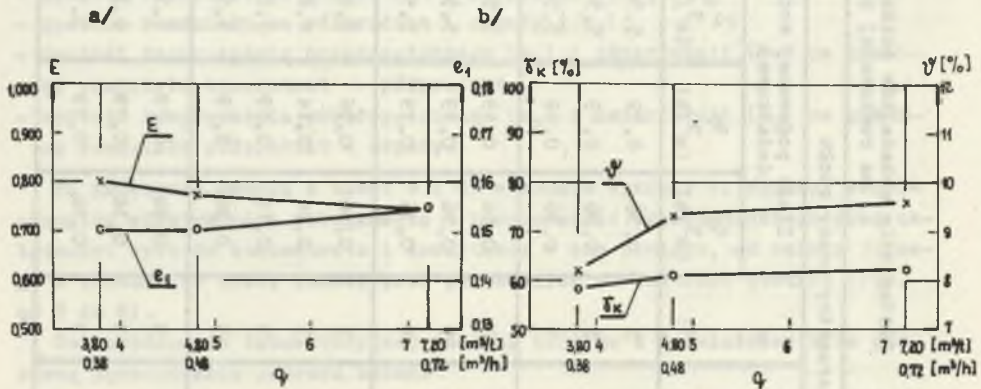
Zestawienie wskaźników dokładności rozdziału modelu wielofrakcyjnego na rowkowanej płycie stołu koncentracyjnego

n (min ⁻¹)	B (mm)	α (°)	Parametry pracy stołu			Δ ₁ (10 ⁻³ kg/m ³)	e ₁	I ₁	Δ ₂ (10 ⁻³ kg/m ³)	e ₂	I ₂
			Ilość podawanej wody dodatkowej								
			q _L (m ³ /h)	q _p (m ³ /h)	Σq (m ³ /t)						
300	12	3	0,36	0,19	5,50	1,175	0,155	0,20	0,20	0,17	
275	12	3	0,36	0,19	5,50	1,855	0,165	0,19	0,195	0,15	
250	12	3	0,36	0,19	5,50	1,94	0,18	0,19	0,26	0,19	
300	12	2	0,36	0,19	5,50	1,53	0,16	0,30	0,15	0,15	
300	12	3	0,36	0,19	5,50	1,775	0,155	0,20	0,20	0,17	
300	12	4	0,36	0,19	5,50	1,87	0,16	0,18	0,14	0,11	
300	12	3	0,36	0,36	7,20	1,85	0,155	0,18	0,19	0,16	
300	12	3	0,24	0,24	4,80	1,84	0,15	0,18	0,18	0,15	
300	12	3	0,19	0,19	3,80	1,79	0,15	0,19	0,19	0,16	
300	12	3	0,36	0,19	5,50	1,775	0,155	0,20	0,20	0,17	
300	8	3	0,36	0,19	5,50	1,98	0,22	0,22	0,29	0,20	
300	12	3	0,36	0,19	5,50	1,775	0,155	0,20	0,20	0,17	
300	20	3	0,36	0,19	5,50	1,69	0,16	0,23	0,18	0,15	



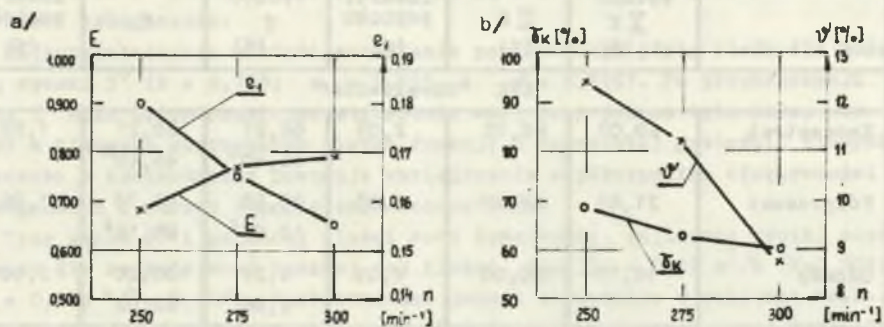
Rys. 3

a) zależność współczynnika efektywności wzbogacania (E) i rozproszenia prawdopodobnego (e_1) od wartości kąta poprzecznego nachylenia płyty stołu koncentracyjnego, b) zależność wychodu koncentratu (γ_k) i zawartości w nim popiołu (ψ), od wartości kąta poprzecznego nachylenia płyty stołu koncentracyjnego



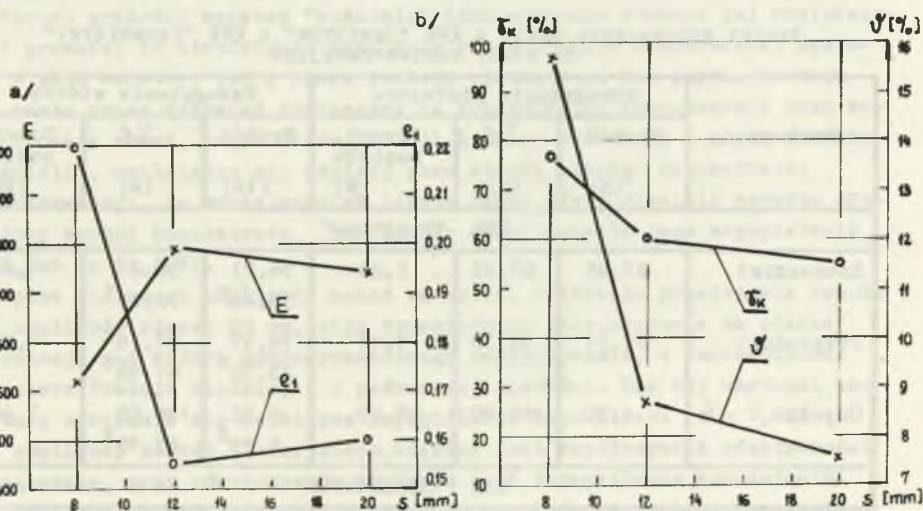
Rys. 4

a) zależność współczynnika efektywności wzbogacania (E) i rozproszenia prawdopodobnego (e_1) od ilości wody dodatkowej podawanej na płytę stołu koncentracyjnego, b) zależność wychodu koncentratu (γ_k) i zawartości w nim popiołu (ψ), od ilości wody dodatkowej podawanej na płytę stołu koncentracyjnego



Rys. 5

a) zależność współczynnika efektywności wzbogacania (E) i rozproszenia prawdopodobnego (e_1) od liczby wahań płyty stołu koncentracyjnego, b) zależność wychodu koncentratu (δ_k) i zawartości w nim popiołu (γ), od liczby wahań płyty stołu koncentracyjnego



Rys. 6

a) zależność współczynnika efektywności wzbogacania (E) i rozproszenia prawdopodobnego (e_1) od wartości amplitudy wahań płyty stołu koncentracyjnego, b) zależność wychodu koncentratu (δ_k) i zawartości w nim popiołu (γ) od wartości amplitudy wahań płyty stołu koncentracyjnego

Tabela 6

Wyniki wzbogacania węgla z KWK "Chwałowice" i KWK "Janina"
na stole koncentracyjnym

Produkt	Wzbogacania pierwotne			Wzbogacanie wtórne		
	Wychód $\sum \ddagger$ (%)	$\sum \ddagger$ (%)	Zawart. popiołu (%)	Wychód \ddagger (%)	\ddagger	Zawart. popiołu (%)
KWK "Chwałowice"						
Koncentrat	68,02	68,02	2,05	68,21 46,40 ^x	68,21 46,40 ^x	1,88
Półprodukt	21,85	89,87	4,53	27,58 18,76 ^x	95,79 65,16 ^x	1,96
Odpady	10,13	100,00	7,09	4,21 2,86 ^x	100,00 68,02 ^x	2,96
KWK "Janina"						
Koncentrat	66,40	66,40	3,14			
Półprodukt	20,32	86,72	5,44			
Odpady	13,28	100,00	54,04			

^xWychód w stosunku do nadawy wzbogacania pierwotnego.

Tabela 7

Wyniki wzbogacania węgla z KWK "Dymitrow" i KWK "Szombierki"
na stole koncentracyjnym

Produkt	Wzbogacanie pierwotne			Wzbogacanie wtórne		
	Wychód \ddagger (%)	$\sum \ddagger$ (%)	Zawart. popiołu (%)	Wychód \ddagger (%)	$\sum \ddagger$ (%)	Zawart. popiołu (%)
KWK "Dymitrow"						
Koncentrat	67,95	67,95	2,24	56,21 38,20 ^x	56,21 38,20 ^x	1,44
Półprodukt	27,35	95,30	9,11	34,97 23,76 ^x	91,18 61,96 ^x	1,98
Odpady	4,70	100,00	58,03	8,82 5,99 ^x	100,00 67,95 ^x	7,06
KWK "Szombierki"						
Koncentrat	72,04	72,04	1,52			
Półprodukt	20,68	92,72	3,16			
Odpady	7,28	100,00	51,67			

^xWychód w stosunku do nadawy wzbogacania pierwotnego.

nie, a także obserwacje optyczne zachowania się modelu w procesie rozdzielania na stole koncentracyjnym.

W materiale modelowym frakcji o gęstości $< 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ (tabela 1) znajduje się 53,8% a jej zapopielenie wynosi 4,55%. Udział tej frakcji w koncentracji i wychód koncentratu decydują o wielkości współczynnika efektywności wzbogacania.

Najkorzystniejsza wartość nachylenia poprzecznego płyty stołu dla modelu, wynosi 3° ($E = 0,789$; $e_1 = 0,155$ i $\psi = 8,74\%$). Po przekroczeniu kąta 3° siła hydrodynamiczna strumienia wody jest już na tyle duża, by zmyć w kierunku poprzecznym ziarna frakcji o pośredniej gęstości, których obecność w koncentracji powoduje zmniejszenie współczynnika efektywności wzbogacania i wzrost zapopielenia koncentratu.

Przy kącie 3° i zmiennej ilości wody dodatkowej, najlepsze wyniki zanotowano dla najmniejszej badanej jej ilości, tj. $\Sigma q = 0,38 \text{ m}^3/\text{h}$ ($E=0,803$; $e_1 = 0,15$; $\psi = 8,21\%$). Zaobserwowano jednak zaburzenia w odbiorze frakcji ciężkiej, spowodowane zbyt małą ilością wody podawanej przez dyszę lewą. Korzystnie wypada porównanie stopniowanego natężenia podawanej wody dodatkowej. Zmniejszenie ilości wody podawanej natryskiem prawym z $0,36 \text{ m}^3/\text{h}$ do $0,19 \text{ m}^3/\text{h}$ spowodowało wzrost współczynnika efektywności wzbogacania z $0,752$ do $0,789$ i obniżenie wartości zapopielenia koncentratu z $9,65\%$ do $8,74\%$.

Zmniejszenie liczby wahań z 300 na 250 min^{-1} , przy najkorzystniejszym kącie nachylenia płyty, powoduje spadek efektywności wzbogacania.

Wzrost grubości warstwy "pościeli" (zmniejszenie stopnia jej rozluźnienia) prowadzi do utrudnienia przejścia ziarn frakcji o pośredniej gęstości w głąb warstwy, jak i ziarn frakcji ciężkiej na dno płyty. Zostają one zmyte przez strumień poprzeczny do koncentratu. Równocześnie przy małej liczbie wahań, część ziarn frakcji lekkiej pozostaje w głębi warstwy "pościeli", uwalniając się dopiero poza strefą odbioru koncentratu. W konsekwencji, ze zmniejszeniem liczby wahań płyty, niewiele wzrasta procentowy wychód koncentratu, zaś bardzo mocno wzrasta jego zapopielenie (z $8,74\%$ do $12,46\%$).

Wpływ wielkości amplitudy wahań na wyniki rozdzielania przedstawia rys.6. Dla amplitudy równej 20 mm , siły dynamicznego oddziaływania na ziarna przeważają nad siłami hydrodynamicznego oddziaływania, w szczególności dla ziarn frakcji ciężkiej i o pośredniej gęstości. Dla tej wartości amplitudy otrzymuje się najniższe zapopielenie koncentratu ($\psi = 7,60\%$). Dla amplitudy równej 12 mm , nieco większy jest współczynnik efektywności wzbogacania, przy równoczesnym większym o 1% zapopieleniu koncentratu. Dla amplitudy 8 mm , małe siły dynamiczne powodują nieznaczne przesunięcie materiału w kierunku wzdłużnym, co prowadzi do wzrostu grubości "pościeli" w rowkach; mała jest również siła podnosząca, rozluźniająca warstwę materiału, co utrudnia rozwarstwienie ziarn wg gęstości. Konsekwencją jest spadek współczynnika efektywności wzbogacania, gwałtowny wzrost

niedokładności rozdziału oraz bardzo duży wzrost zapopielenia koncentratu ($\gamma^b = 15,75\%$).

Wartości najkorzystniejszych parametrów pracy stołu, ustalone na podstawie badań na materiale modelowym, okazały się być najkorzystniejsze również w przypadku rozdziału prób technologicznych. Wartości tych parametrów dla węgla z czterech kopalń "Chwałowice", "Janina", "Dymitrow" i "Szombierki" są następujące:

- kąt poprzecznego nachylenia płyty - 3° , liczba wahań - 300 min^{-1} , wielkość amplitudy wahań - 12 mm, ilość podawanej wody dodatkowej - $0,55 \text{ m}^3/\text{h}$ dla wzbogacania pierwotnego i $0,39 \text{ m}^3/\text{h}$ dla wzbogacania wtórnego.

Dla węgla z KWK "Chwałowice" w wyniku wzbogacania pierwotnego uzyskano koncentrat o zawartości popiołu 2,05% i wychodzie 68,02% a w wyniku wtórnego wzbogacania otrzymano 46,4% (w stosunku do nadawy pierwotnej) koncentratu wtórnego o zapopieleniu 1,88%.

W wyniku wzbogacania węgla z KWK "Janina" o średnim zapopieleniu 10,48% otrzymano 66,4% koncentratu o zawartości popiołu 3,14%.

Osiągnięte w przypadku dwóch omówionych wyżej węgla wyniki wzbogacania są zadowalające z punktu widzenia wymogów procesu upłynniania. Półprodukty, a niejednokrotnie odpady z tego procesu, charakteryzujące się stosunkowo niską zawartością popiołu, mogą być wykorzystane jako nadawa do procesów zgazowania, które nie stawiają wymagań odnośnie do zawartości popiołu.

Wzbogacając węgiel z KWK "Dymitrow" ($\alpha = 6,87\%$) na stole koncentracyjnym otrzymano 67,95% koncentratu pierwotnego o średniej zawartości popiołu 2,24%, a po wtórnym wzbogacaniu - 38,20% (w stosunku do nadawy pierwotnej) koncentratu wtórnego o zapopieleniu 1,44%.

W wyniku wzbogacania węgla z KWK "Szombierki" otrzymano 72,04% koncentratu o średnim zapopieleniu 1,52%.

Wyniki wzbogacania węgla z kop. "Dymitrow" i "Szombierki" są zadowalające z punktu widzenia wymogów niekonwencjonalnych kierunków wykorzystania - do napędu turbinowych silników spalinowych oraz jako dodatek do oleju napędowego. Pozostałe produkty z tego procesu są pełnowartościowymi surowcami energetycznymi.

LITERATURA

- [1] Akopov M.G., Blagov I.S., Bunin G.M.: Gravitacionnye i special'nye metody obogaščenie melkich klassov uglej. "Nedra", Moskwa 1975.
- [2] Blagov I.S.: Obogaščenie melkich klassov uglej na koncentracionnych stolach. "Nedra", Moskwa, 1965.
- [3] Isaev I.N.: Koncentracionnye stoly. "Gosgortechizdat", Moskwa, 1962.

- [4] Konieczny E.: Zagadnienie wydajności i sprawności stołów koncentracyjnych. "Przegląd Górniczy", Nr 3, 1976.

Recenzent: Dr hab. inż. Janusz GIRCZYS

Wpłynęło do Redakcji w listopadzie 1984 r.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИГОДНОСТИ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ СТОЛОВ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГОЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

Р е з ю м е

В работе представлены результаты исследований по определению влияния некоторых параметров работы концентрационного стола на точность и результаты процесса разделения модельного многоэлементного материала. На основании этих результатов проведено обогащение углей из 4 шахт. Получены угольные концентраты высокого качества.

STUDIES ON THE USABILITY OF CONCENTRATION TABLES
OF THE EMISSION OF COAL CONCENTRATES FOR SPECIAL PURPOSES
ON THE BASIS OF MODEL AND TECHNOLOGICAL TESTS

S u m m a r y

Within the frame work of studies whose results have been presented in the paper, an attempt of determining the effect of some parameters of the performance of the concentration table on the accuracy and results of the process of distribution of the model multi-fraction has been made. On the basis of these tests the tabling of coals from four coal-mines has been conducted and coal-concentrates have been obtained which conform to the special requirements of the conversion processes.