ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1967
Seria: GÓRNICTWO z. 27 Nr kol. 193

Mgr inż. JOLANTA DUDEK-STEINHÄUZEL
Mgr inż. JERZY WISNIEWSKI
BP "Separator" - Katowice

UKŁADY TECHNOLOGICZNE NOWOCZESNYCH ZAKŁADÓW WZBOGACANIA WĘGLA KOKSOWEGO

1. Wprowadzenie

Przewidywany szybki wzrost wydobycia węgla koksowego, zwłaszcza w Rybnickim Okręgu Węglowym, pociąga za sobą konieczność budowy znacznej ilości nowych oraz modernizacji wielu istniejących zakładów wzbogacania. Celem referatu jest zaznajomienie szerszego grona fachowców z zaprojektowanymi w ostatnim czasie przez Separator układami technologicznymi zakładów wzbogacania węgli koksowych, próba dokonania oraz wyboru optymalnych rozwiązań technologicznych zakładów i ich głównych węzłów technologicznych.

2. Układy technologiczne zakładów wzbogacania

2.1. Zakład wzbogacania "G"

Zakład wzbogacania o wydajności nominalnej 460 T/h, przeznaczony jest do przeróbki średniowzbogacalnego węgla koksowego typu 35.

Nadawę zakładu stanowi urobek suchy o zawartości wilgoci całkowitej średnio ok. 5%, wydobywany urządzeniami skipowymi, których maksymalna zdolność wydobywcza wynosi 550 t/h. Skład ziarnowy urobku, przewidziany jako nadawa zakładu, przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Klasa ziarnowa mm	Wychód %
+ 80	13,3
80 - 30	13,5
30 - 10	18,7
10 - 0,5	37,5
- 0,5	17,0

Średnia zawartość odpadów w węglu surowym wynosi ok. 35%. Parametry wzbogacalności węgla surowego w klasach 80-10 mm oraz 10-0,5 mm zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Parametry	Klasa ziarnowa	
	80-10 mm	10-0,5 mm
Średnia zawartość popiołu w węglu surowym %	42,6	20,6
Wychód frakcji 1,5-1,8%	8,3	10,3
Wychód frakcji +1,8%	43,3	16,8
Średnia zawartość popiołu w koncentracie %	7,0	5,7
Średnia zawartość popiołu w produkcie przejściowym %	36,7	39,8
Średnia zawartość popiołu w odpadach %	83,0	73,8

Charakterystyki podstawowych sekcji zakładu i operacji technologicznych przytoczono w tablicy 3.

Tablica 3

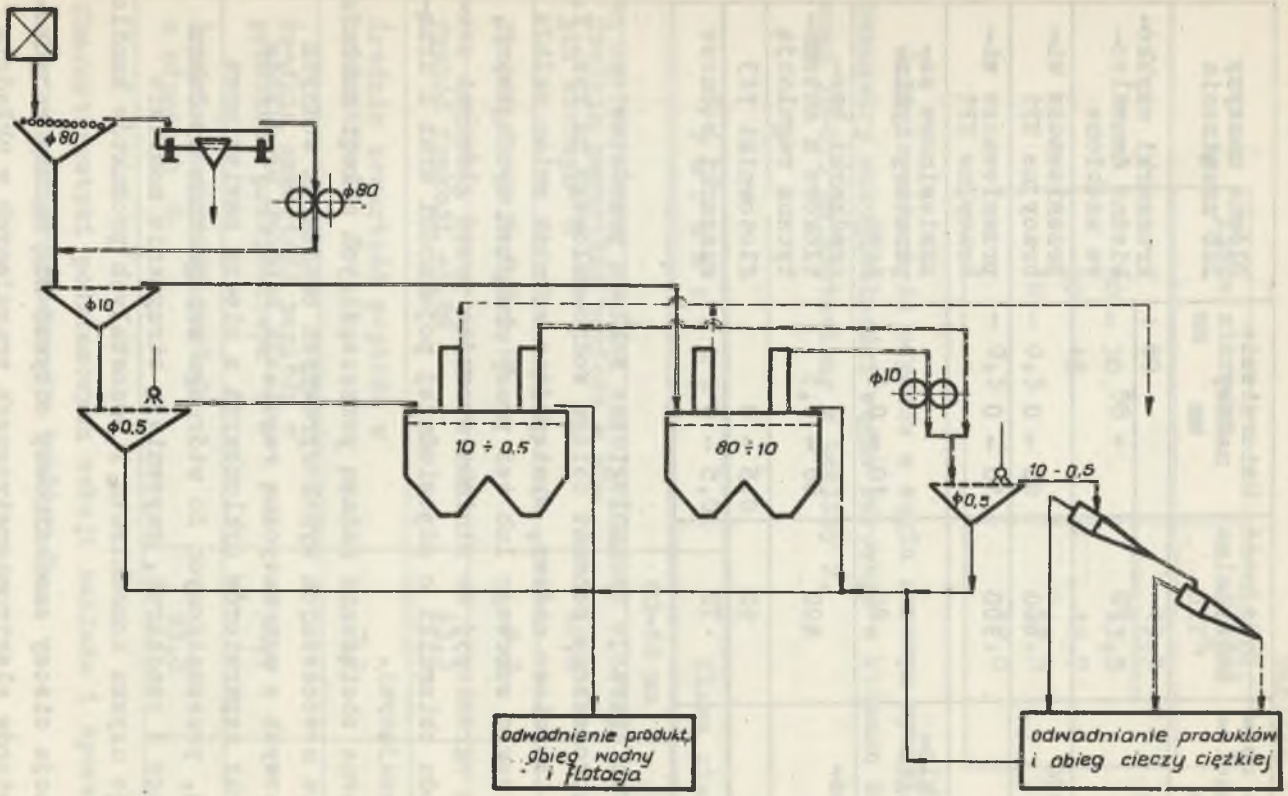
Sekcja lub operacja technologiczna	Wydajność maksymalna T/h	Uziarnienie nadawy mm	Główne maszyny lub urządzenia
Kruszarnia	70	+ 80	kruszarki szybkobieżne dwuwalcowe uzębione
Klasyfikacja wstępna	460	80 - 0	przesiewacze wibracyjne WP1
Odmulanie	300	10 - 0	przesiewacze wibracyjne WP1
Płuczka cyklonowa zawiesinowa	80	10 - 0,5	zawiesinowe separatory cyklonowe
Płuczka osadzarkowa	400	80 - 0,5	osadzarki beztłokowe z automatyczną regulacją
Flotacja	90	0,5 - 0	flotowniki PA3
Suszarnia	70	0,5 - 0	suszarki bębnowe

Podstawowe operacje technologiczne zakładu przedstawiono na rys. 1, a uproszczony schemat obiegu wodno-mułowego na rys. 2.

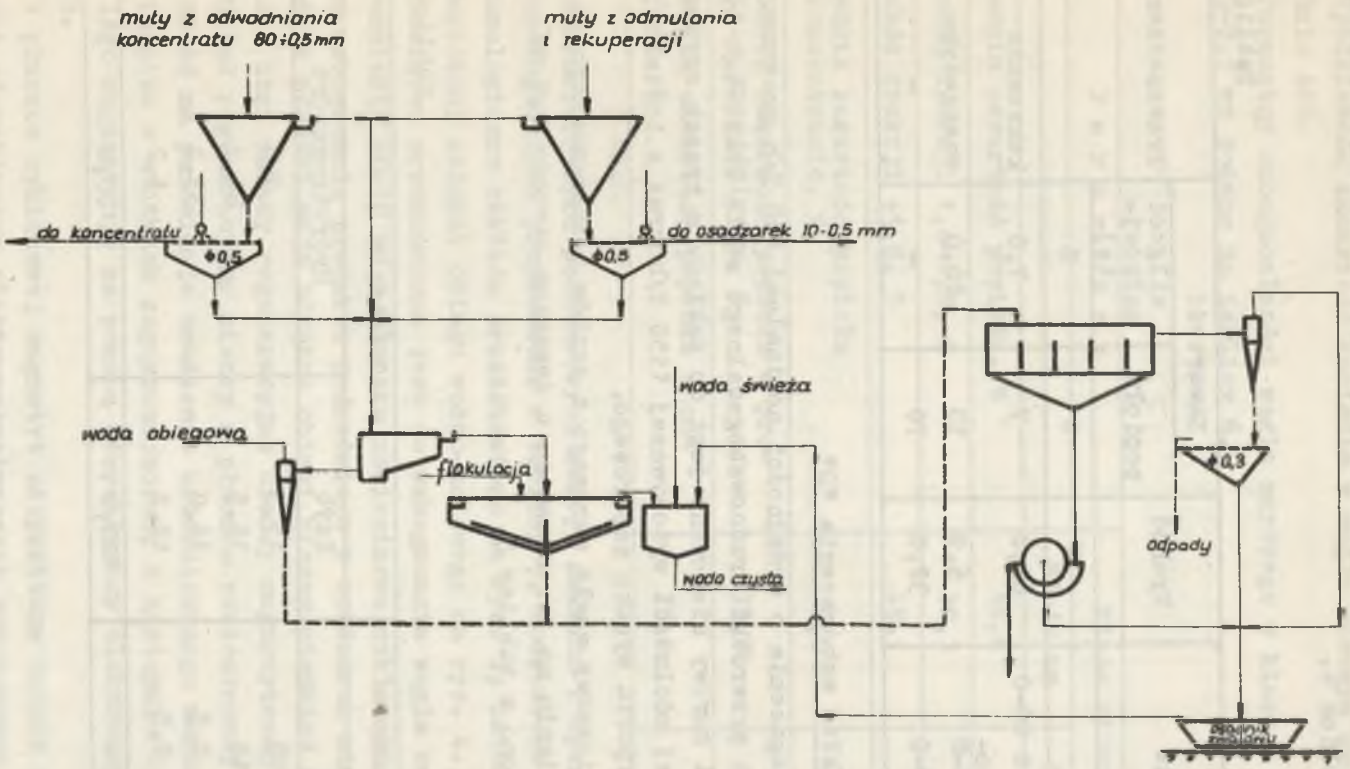
Wahania ilościowe nadawy, występujące wskutek zmian składu ziarnowego węgla surowego lub też pracy urządzeń wyciągowych, starano się ograniczyć do minimum stosując przed głównymi sekcjami zakładu zbiorniki o odpowiedniej pojemności wraz z urządzeniami dozującymi.

Równomierne obciążenie nadawą poszczególnych sekcji zakładu, zastosowanie nowoczesnych wysokosprawnych osadzarek wodnych trójproduktowych z automatyczną regulacją odbioru produktów ciężkich oraz separatorów cyklonowych z cieczą zawiesinową magnetytową, przeznaczonych do wtórnego wzbogacania produktu przejściowego z osadzarek, zapewniają otrzymanie możliwie maksymalnego uzysku koncentratu i pozostałych produktów handlowych.

Regeneracja cieczy zawiesinowej odbywać się będzie za pomocą rekuperatorów elektromagnetycznych pracujących w układzie posobnym.



Rys. 1. Schemat ideowy zakładu wzbogacania "G"



Rys. 2. Uproszczony schemat obiegu wodnego zakładu wzbogacania "G"

Spodziewane średnie parametry produktów końcowych zakładu podaje tablica 4.

Tablica 4

Produkt	Wychód	Zawartość		Przeznaczenie
		popiołu	wilgoci całkowitej	
mm	%	%	%	
Koncentrat 80-0	62,0	7	7,0	koksownia
Produkt pośredni 10-0	6,0	32	20,0	energetyka
Odpady 80-0	32,0	70	-	-

2.2. Zakład wzbogacenia "D"

Zakład wzbogacenia o wydajności nominalnej 800 T/h przeznaczony jest do przeróbki trudnowzbogacalnego węgla koksowego typu 34. Węgiel surowy kierowany jest do zakładu z trzech szybów o maksymalnej zdolności wydobywczej 1150 T/h oraz z instalacji hydrotransportu wysoko naporowego.

Skład ziarnowy węgla surowego z szybów i hydrotransportu (po odwodnieniu na przesiewaczu o średnicy otworów 0,5 mm) przedstawiono w tablicy 5.

Tablica 5

Klasa ziarnowa	Udział %	
mm	Szyb	Hydrotransport
+ 80	15,5	0,8
80 - 10	36,5	64,8
10 - 0,5	36,0	33,2
- 0,5	12,0	1,2
S u m a	100,0	100,0

Spodziewana zawartość kamienia w węglu surowym wyniesie średnio 40%.

Parametry wzbogacalności węgla surowego w klasach 80–10 mm i 10–0,5 mm podano na tablicy 6.

Tablica 6

Parametry	Klasa ziarnowa	
	80–10 mm	10–0,5 mm
Średnia zawartość popiołu, %	46,6	27,5
Wychód frakcji 1,4–1,8, %	20,3	17,3
Wychód frakcji +1,8, %	48,1	25,5
Średnia zawartość popiołu w koncentracie, %	8,0	7,5
Średnia zawartość popiołu w produkcie przejściowym, %	35,0	30,0
Średnia zawartość popiołu w odpadach, %	75,0	72,0

Charakterystyki podstawowych sekcji zakładu i operacji technologicznych przytoczono w tablicy 7. Podstawowe operacje technologiczne zakładu przedstawiono na rys. 3; natomiast uproszczony schemat obiegu wodno-mułowego na rys. 4. Płuczka zawiesinowa przeznaczona jest do wzbogacania węgla surowego o uziarnieniu 80–10 mm a płuczka zawiesinowa cyklonowa do wtórnego wzbogacania produktu pośredniego z osadzarek miałowych. Obydwie płuczki mają odrębne obiegi cieczy ciężkiej oraz związane z nimi układy regeneracyjne cieczy magnetytowej.

Układ regeneracyjny cieczy w płuczce zawiesinowej dla urobku 80–10 mm przewiduje osadzenie sflokulowanego magnetycznie obciążnika w stożkach zagęszczających, a następnie dwustopniową jego regenerację za pomocą odzyskiwaczy elektromagnetycznych.

W płuczce cyklonowej magnetyt odzyskiwany będzie jedynie za pomocą odzyskiwaczy elektromagnetycznych pracujących w układzie

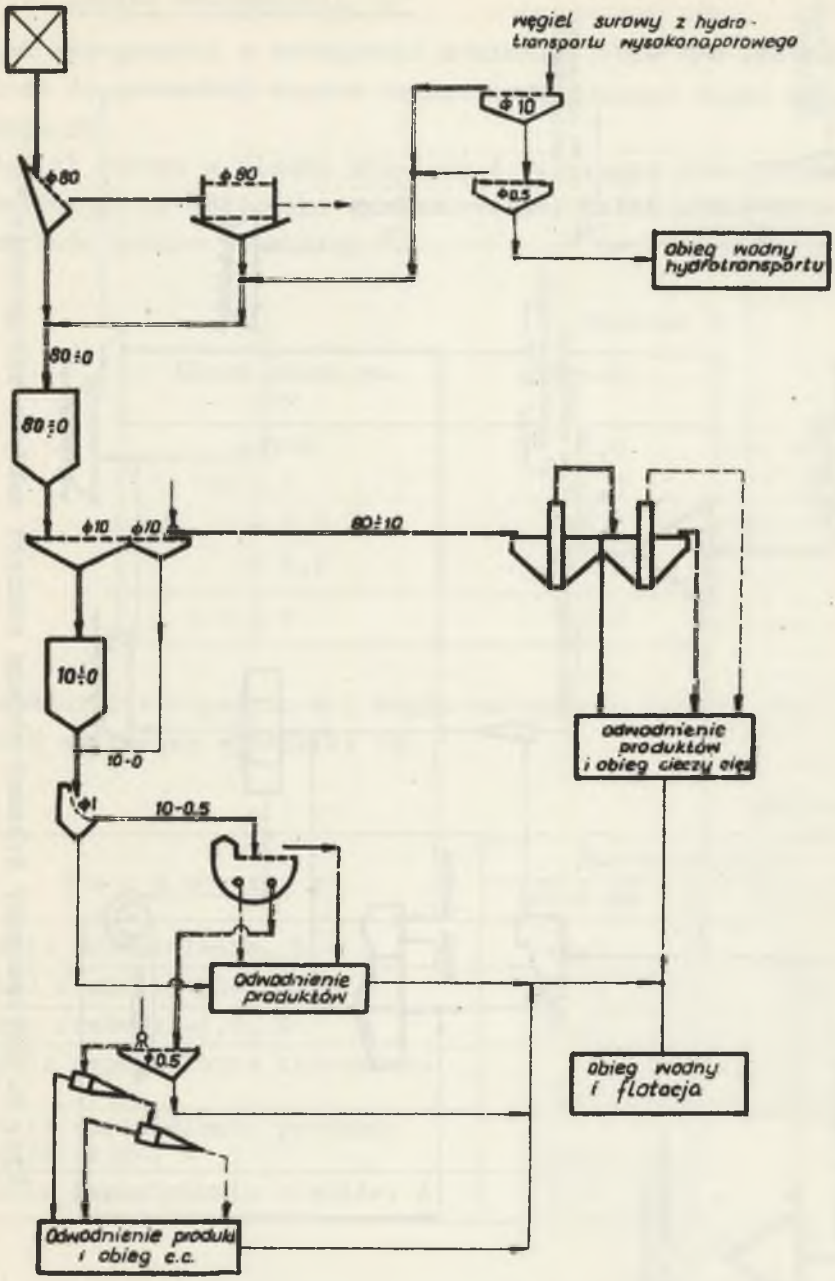
posobnym. Spodziewane średnie parametry produktów końcowych zakładu zestawiono w tablicy 8.

Tablica 7

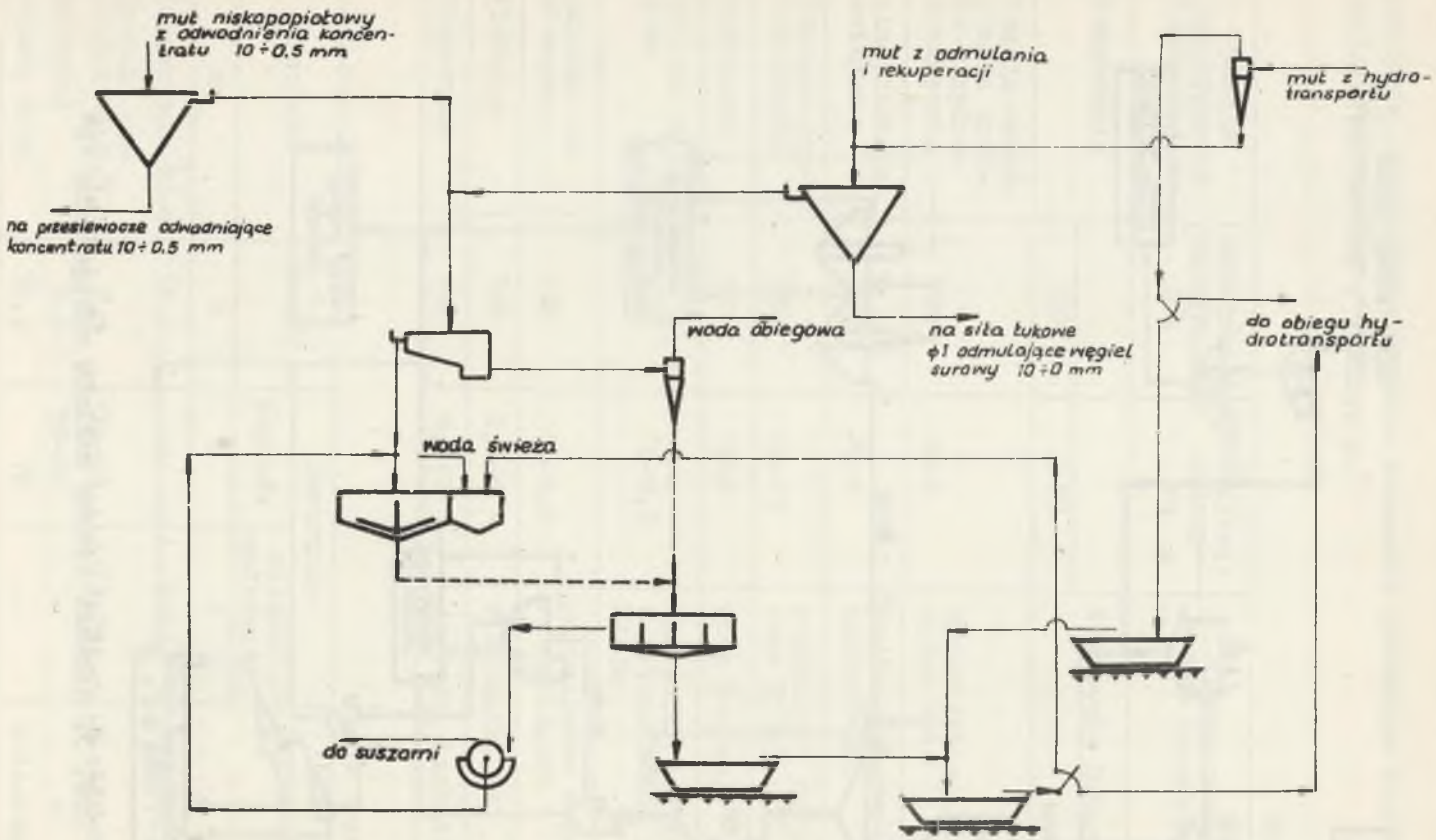
Sekcja lub operacja technologiczna	Wydajność maksymalna T/h	Uziarnienie nadawy mm	Główne maszyny lub urządzenia
Kruszarnia	180	+ 80	kruszarka bębnowa
Stacja odwadniania urobku z hydrotransportu	140	80-0	przesiewacze wibracyjne WP1
Klasyfikacja wstępna	760	80-0	przesiewacze rezonansowe ZDR
Płuczka gruboziarnowa	500	80-10	seperatory zawiesinowe DISA3
Odmulanie	530	10-0	sita łukowe
Płuczka miałowa	420	10-0,5	osadzarki beztłokowe z automatyczną regulacją
Płuczka cyklonowa	80	10-0,5	zawiesinowe separatory cyklonowe
Flotacja	180	0,5-0	flotowniki PA3
Suszarnia	140	0,5-0	suszarki kaskadowe

Tablica 8

Produkt	Wychód	Zawartość		Przeznaczenie
		popiołu	wilgoci całkowitej	
mm	%	%	%	
Koncentrat 80-0	52,2	8	9-10	koksownia
Produkt pośredni 10-0,5	8,9	30-40	15-20	elektrownia
Hydromuł	0,9	50-60	-	-
Odpady 80-0	38,0	70	-	podsadzka



Rys. 3. Schemat ideowy zakładu wzbogacania "D"



Rys. 4. Uproszczony schemat obiegu wodnego zakładu wzbogacania "D"

2.3. Zakład wzbogacania "K"

Zakład wzbogacania o wydajności nominalnej 800 T/h przeznaczony jest do przeróbki bardzo trudnowzbogacalnego węgla koksowego typu 35.

Węgiel surowy w klasie 300–0 mm dostarczany jest do zakładu przeróbczego ze zbiornika wyrównawczego. Skład ziarnowy nadawy zakładu podano w tablicy 9.

Tablica 9

Klasa ziarnowa mm	Udział %
+ 100	3,0
100 – 8	41,0
8 – 0,5	42,0
– 0,5	14,0
S u m a	100,0

Parametry wzbogacalności węgla surowego w klasach 80–8 mm i 8–0,5 mm podano w tablicy 10.

Tablica 10

P a r a m e t r y	Klasa ziarnowa	
	100–8 mm	8–0,5 mm
Średnie zapopielenie, %	49,7	31,8
Wychód frakcji 1,4–1,8, %	27,6	27,8
Wychód frakcji +1,8, %	54,2	31,4
Średnie zapopielenie koncentratu, %	12,0	11,0
Średnie zapopielenie produktu przejściowego, %	35,0	
Średnie zapopielenie odpadów, %	73,0	

Charakterystyki podstawowych sekcji zakładu i operacji technologicznych zestawiono w tablicy 11.

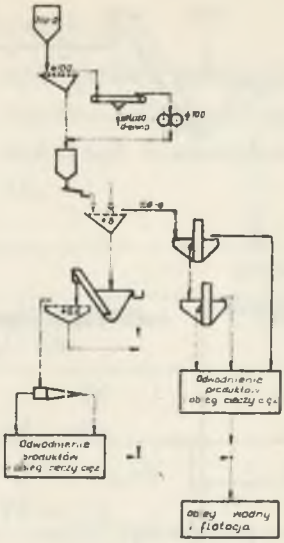
Tablica 11

Sekcja lub operacja technologiczna	Wydajność maksymalna T/h	Uziarnienie nadawy mm	Główne maszyny lub urządzenia
Kruszarnia	30	+ 100	kruszarka udarowo-pierścieniowa
Klasyfikacja wstępna	900	100–0	przesiewacze rezonansowe ZDR
Płuczka gruboziarnowa	400	100–8	separatory zawiesinowe DISA2
Odmulanie	580	8–0	rząp odmulający i przesiewacze wibracyjne
Płuczka cyklonowa	470	8–0,5	zawiesinowe separatory cyklonowe
Flotacja	200	0,5–0	flotowniki PA3
Suszarnia	130	0,5–0	suszarki bębnowe

Podstawowe operacje technologiczne zakładu przedstawiono na rys. 5; a uproszczony schemat obiegu wodno-mułowego na rys. 6. Płuczki zawiesinowe, przeznaczone dla wzbogacenia węgla surowego w klasach 100–8 mm i 8–0,5 mm, mają odrębne obiegi cieczy ciężkiej i związane z nimi układy regeneracyjne.

Układy regeneracyjne cieczy w obydwu płuczkach są identyczne. Rozcieńczoną ciecz magnetytową kieruje się do niskociśnieniowych hydrocyklonów klasyfikacyjnych. Wylew hydrocyklonów, zawierający ok. 80% magnetytu odzyskanego z cieczy rozcieńczonej stanowi nadawę odzyskiwaczy elektromagnetycznych pracujących w układzie posobnym.

Przelew hydrocyklonów oraz magnetyt z odzyskiwaczy elektromagnetycznych kieruje się do odmulnika promieniowego. Przelew odmulnika wykorzystuje się do natrysków nad przesiewaczami od-



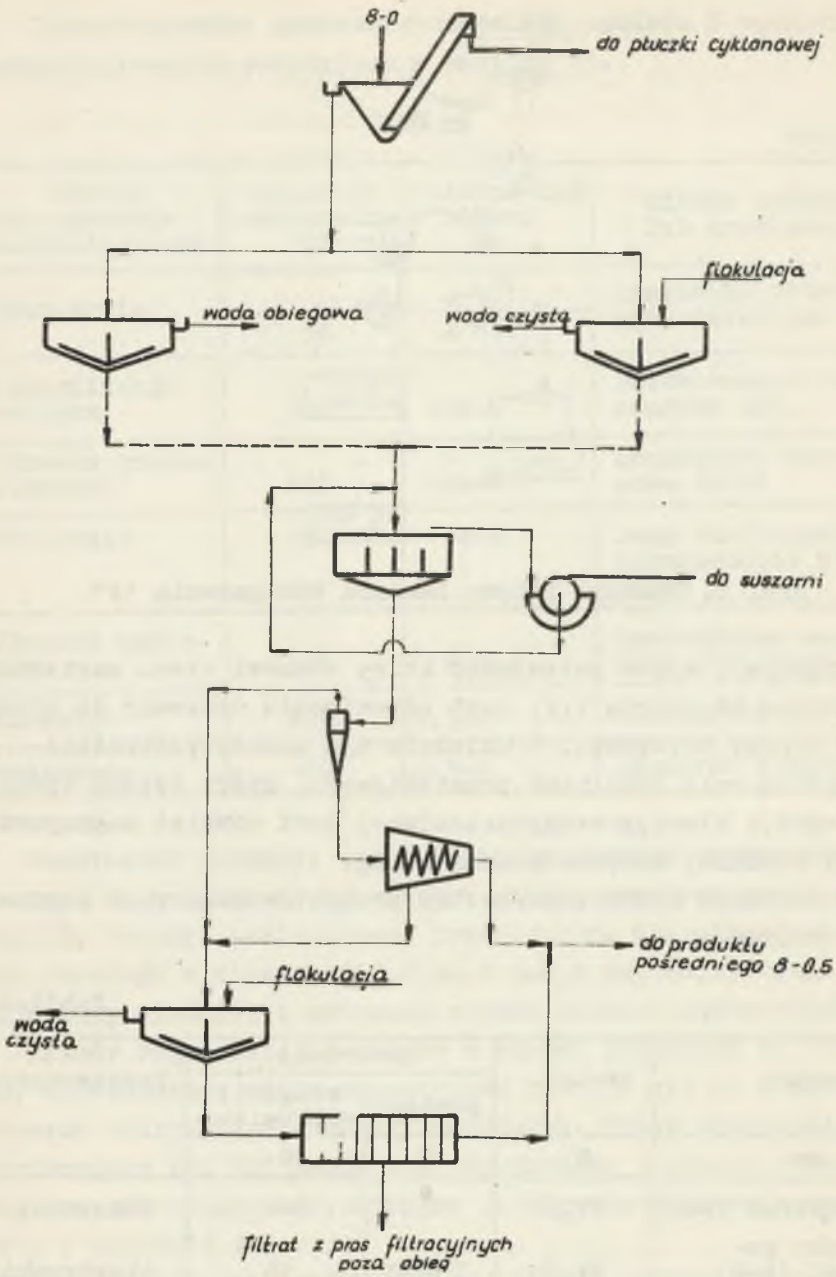
Rys. 5. Schemat ideowy zakładu wzbogacania "K"

wadniającymi, wylew natomiast, który stanowi ciecz zawiesinową o ciężarze właściwym 2,2, jest odpowiednio dozowany do zbiorników cieczy obiegowej. W układzie tym należy podkreślić szczególną rolę odmulnika promieniowego, który oprócz spełniania funkcji klarująco-zagęszczającej jest również magazynem cieczy ciężkiej uzupełniającej obieg.

Spodziewane średnie parametry produktów końcowych zestawiono w tablicy 12.

Tablica 12

Produkt	Wychód	Zawartość		Przeznaczenie
		popiołu	wilgoci całkowitej	
mm	%	%	%	
Koncentrat 18-0	47,5	12	7-8	koksownia
Produkt pośredni 18-0	24,5	55-60	16	elektrownia
Odpady 18-0	28,0	73	6	cegielnia



Rys. 6. Uproszczony schemat obiegu wodnego zakładu wzbogacania "K"

2.4. Zakład wzbogacania "S"

Zakład wzbogacania o wydajności nominalnej 600 T/h przeznaczony jest do przeróbki bardzo trudnowzbogacalnego węgla typu 35. Skład ziarnowy węgla surowego stanowiącego nadawę zakładu zamieszczono w tablicy 13.

Tablica 13

Klasa ziarnowa mm	Wychód %
+ 75	25
75 - 13	45
13 - 0,75	23
0,75 - 0	7

Parametry wzbogacalności węgla surowego w klasach 75-13 mm oraz 13-0,75 mm zestawiono w tablicy 14.

Tablica 14

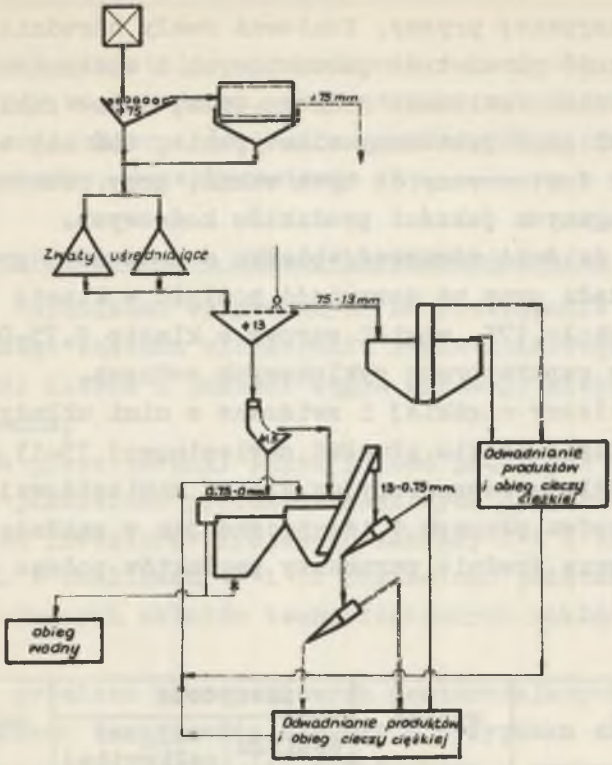
Parametry	Klasa ziarnowa	
	75-13 mm	13-0,75 mm
Średnia zawartość popiołu, %	20,3	19,3
Wychód frakcji 1,4-1,8, %	44,0	41,8
Wychód frakcji + 1,8, %	0,6	3,2
Średnia zawartość popiołu w koncentracie, %	14,2	9,5
Średnia zawartość popiołu w produkcie przejściowym, %	27,4	28,0
Średnia zawartość popiołu w odpadach, %	70,1	63,8

Charakterystykę podstawowych sekcji zakładu i operacji technologicznych zestawiono w tablicy 15.

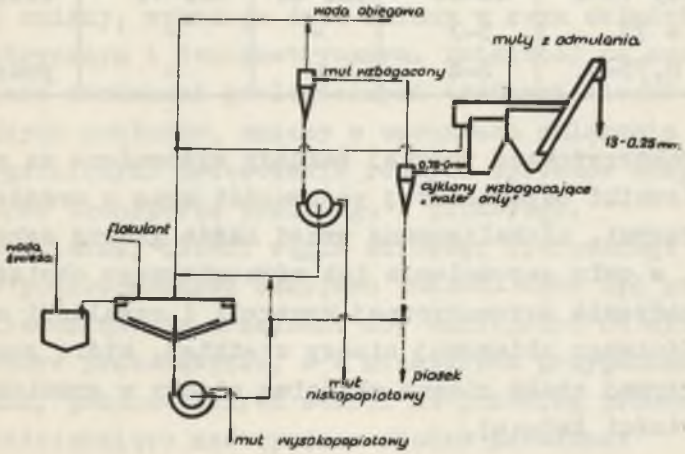
Tablica 15

Sekcja lub operacja technologiczna	Wydajność maksymalna T/h	Uziarnienie nadawy mm	Główne maszyny lub urządzenia
Kruszarnia	150	+ 35	kruszarka bębnowa
Zwały uśredniające	600	75 - 0	zwałowarka typu Robins-Mesitter, ładowarka skrzydłowa
Klasyfikacja wstępna	600	75 - 0	przesiewacze rezonansowe
Płuczka zawiesinowa	450	75 - 13	separatory zawiesinowe DISA2
Odmulanie	360	13 - 0	sita łukowe i rząpie odmulające
Płuczka cyklonowa cieczy ciężkiej	300	13-0,75	zawiesinowe separatory cyklonowe
Płuczka cyklonowa wodna	90	0,75-0	wodne separatory cyklonowe
Filtracja	80	0,75-0	filtry tarczowe

Podstawowe operacje technologiczne zakładu przedstawiono na rys. 7; natomiast uproszczony obieg schematu wodno-mułowego na rys. 8. Węgiel surowy kierowany do zakładu odznacza się dużą zmiennością parametrów wzbogacalności i uziarnienia, odbiegającą w znacznym stopniu od danych zamieszczonych w tablicach 13 i 14. Aby, jak dalece to jest praktycznie możliwe, wyrównać zmienność parametrów jakościowych i uziarnienia węgla surowego, przyjmowanego do wzbogacania w okresie co najmniej jednego dnia, przewidziano dla węgla surowego 75-0 mm odpowiednie zwały uśredniające o pojemności równej dwudniowej nadawie zakładu przeróbczego. Węgiel na zwałach uśrednia się dzięki odpowiedniemu sposobowi zwałowania i zbierania węgla ze zwałów, a mianowicie; zwały o kształcie pryzmy usypywane są warstwami wzdłużnymi, natomiast zbierane warstwami poprzecznymi z całego



Rys. 7. Schemat ideowy zakładu wzbogacania "S"



Rys. 8. Uproszczony schemat obiegu wodnego zakładu wzbogacania "S"

przekroju usypanej pryzmy. Ponieważ zwały uśredniające wyrównują zmienność parametrów jakościowych i uziarnienia węgla surowego w okresie zaledwie jednego dnia, układ zakładu przeróbczego został zaprojektowany elastycznie, tak aby w każdej chwili mógł być dostosowany do tych wahań, przy równoczesnej gwarancji wymaganych jakości produktów końcowych.

Z uwagi na dużą zawartość piasku w nadawie o granulacji 1-0 mm zakładu oraz na zawartość popiołu w klasie 0,75-0 mm, wynoszącą około 17%, węgiel surowy w klasie 0,75-0 mm wzbogacany jest w separatorach cyklonowych wodnych.

Obiegi cieczy ciężkiej i związane z nimi układy regeneracyjne są oddzielne dla płuczki zawiesinowej 75-13 mm i 13-0,75 mm. Układy regeneracyjne cieczy zawiesinowej są jednakowe dla obydwu płuczek i identyczne jak w zakładzie "K".

Spodziewane średnie parametry produktów podano w tablicy 16.

Tablica 16

Produkt	Wychód	Zawartość		Przeznaczenie
		popiołu	wilgoci całkowitej	
mm	%	%	%	
Koncentrat 13-0	53-73	ok. 15	ok. 8	koksownia
Przerosty 75-0	40-20	ok. 40	ok. 12	elektrownia
Odpady + 75	5-3	-	-	-
Piasek 0,75-0	2-4	-	-	podsadzka

Scharakteryzowane powyżej zakłady wyposażone są ponadto w:

- zbiorniki odpowiedniej pojemności wraz z urządzeniami dozującymi, zlokalizowane przed każdą główną sekcją zakładu, w celu zapewnienia ich równomiernego obciążenia,
- urządzenia automatycznej kontroli i regulacji ciężaru właściwego obiegowej cieczy ciężkiej, które pozwalają utrzymać stały ciężar właściwy cieczy w granicach + 0,01 wartości żądanej,

- urządzenia ułatwiające prowadzenie i kontrolę pracy zakładu, jak wagi taśmowe, automatyczne wskaźniki poziomu zapełnienia zbiorników, automatyczne próbobiorniki, gęstościomierze, przepływomierze itp.

3. Analiza przedstawionych układów technologicznych

Zasadniczymi czynnikami wpływającymi na rozwiązanie układu technologicznego zakładu wzbogacania węgla koksowego są:

- zmienność ilości i jakości węgla surowego kierowanego do wzbogacania,
- wymagana przez warunki zbytu jakość produktów końcowych;

Parametry jakościowe produktów końcowych były każdorazowo ustalane przez Inwestora Krajowego zakłady D i G oraz zagranicznego KiS. W tablicach 17 i 18 zestawiono podstawowe parametry rozpatrywanych układów technologicznych zakładów wzbogacania.

Wydajność urządzeń transportowych dostarczających węgiel surowy do zakładu (urządzenia szybowe w przypadku zakładu przykopalnianego lub urządzenia wyładunkowe w przypadku zakładu centralnego) bardzo często przekracza znacznie jego wydajność nominalną.

- Węgiel surowy nawet na przestrzeni krótkiego czasu, np. jednej zmiany, wykazuje duże zmiany w swym składzie granulometrycznym i densymetrycznym. Zmienność ta spowodowana jest warunkami geologicznymi (zmienna liczba eksploatacyjnych pokładów, zmiany w warunkach zalegania pokładów), górniczymi (stosowanie różnych systemów eksploatacji) oraz transportu poziomego i pionowego.

Wynikiem zmiennej ilości węgla surowego kierowanego do przeróbki w poszczególnych sekcjach zakładu może być przeciążenie lub niedociążenie urządzeń. Aby zmniejszyć do minimum negatywny wpływ przeciążenia, a w niektórych przypadkach i niedociążenia, poszczególnych sekcji na przebieg procesu wzbogacania przedsięwzięto następujące środki zaradcze:

Tablica 17

Klasa ziarnowa węgla surowego	Oznaczenie	Zakłady wzbogacania			
		"G"	"D"	"K"	"S"
	zakres wzbogacania; mm	80–10	80–10	100–8	75–13
	wzbogacalniki główne i ilość wydzielanych produktów	osadzarki wodne 3	separatory cieczy ciężkiej "Disa" 3	separatory cieczy ciężkiej "Disa" 3	separatory cieczy ciężkiej "Disa" 2
Węgiel drobnoziarnowy	zakres wzbogacania; mm	10–0,5	10–0,5	8–0,5	13–0,75
	wzbogacalniki główne i ilość wydzielanych produktów	osadzarki wodne 3	osadzarki wodne 3	separatory cyklonowe cieczy ciężkiej 2	separatory cyklonowe cieczy ciężkiej 2
	wzbogacalniki wtórne produktu pośredniego i ilość wydzielanych produktów	separatory cyklonowe cieczy ciężkiej 3	separatory cyklonowe cieczy ciężkiej 3	-	-
Muły	zakres wzbogacania; mm	0,5–0	0,5–0	0,5–0	0–75–0
	wzbogacalniki główne i ilość wydzielanych produktów	flotowniki 2	flotowniki 2	flotowniki 2	separatory cyklonowe wodne 2

Tablica 18

Nazwa zakładu				
Oznaczenie	"G"	"D"	"K"	"S"
Obieg zamknięty	tak	tak	nie	tak
Urządzenia kontrolne stosowane dla wydzielenia ziarn + 0,5mm z obiegu wodnego	rząp klasyfikacyjny	rząp klasyfikacyjny	rząp odmulający	rząp odmulający
Urządzenia do klarowania wody obiegowej	hydrocyklony	hydrocyklony	odmulnik promieniowy bez flokulacji	hydrocyklony
	odmulnik promieniowy z flokulacją	odmulnik promieniowy z flokulacją	odmulnik promieniowy z flokulacją	odmulnik promieniowy z flokulacją
Urządzenia do klarowania wody poflotacyjnej	osadnik zwałowy	osadnik zwałowy	odmulnik promieniowy z flokulacją	-

- wydajność sekcji przyjmującej węgiel surowy do wstępnej przeróbki, którą zazwyczaj jest kruszarnia lub sortownia, przyjęto równą wydajność urządzeń transportujących urobek od urządzeń wyciągowych;
- zastosowano dozowanie nadawy do poszczególnych sekcji zakładu a zwłaszcza do klasyfikacji wstępnej i do płuczki miałowej;
- dla wyrównania wahań ilościowych nadawy wprowadzono między poszczególnymi sekcjami zakładu magazynowanie jej nadmiarów.

Może się jednakowoż okazać, że wymienione środki nie zapewniają dostatecznej elastyczności układu technologicznego. Odnosi się to zarówno do układów technologicznych zakładów centralnych, zasilanych węglem surowym z różnych kopalń, jak również do zakładów przykopalnianych, gdzie przewiduje się wielopoziomową eksploatację dużej liczby pokładów. Otwarcie nowego pola górniczego lub poziomu wydobywczego, na którym występują nieeksploatowane dotychczas pokłady o nieznanej charakterystyce lub też zmiana w warunkach zalegania znanych pokładów może, obok wprowadzenia nowego systemu eksploatacji, przyczynić się do bardzo znacznej zmiany parametrów technologicznych węgla surowego.

Aby sprostać tym zmianom zakłada się, na podstawie dokładnej znajomości tendencji rozwojowych zmian jakości węgla surowego w danym rejonie, większe, niż to wypada ze średnich wychodów danych klas ziarnowych, wydajności sekcji zakładu. Dotyczy to przede wszystkim tych sekcji zakładu, które przerabiają węgiel drobnoziarnisty i muły, tj. płuczki miałowej, obiegu wodnego i flotacji. W ten sposób suma wydajności poszczególnych sekcji zakładu przekracza często jego wydajność nominalną zależną jedynie od średniej ilości przerabianego węgla surowego a nie uwzględniającą jego zarówno krótko - jak i długofalowej spodziewanej zmienności.

Z uwagi na deficytowy charakter, węgiel koksowy w rozważanych zakładach wzbogacany jest we wszystkich klasach ziarnowych. Wybór metody wzbogacania poszczególnej klasy ziarnowej,

jak również ustalenia jej wymiarów określonych wymiarem ziarna podziałowego klasyfikacji wstępnej, jest praktycznie zależny od stopnia trudności wzbogacania danej klasy ziarnowej oraz od przebiegu funkcji stopnia trudności wzbogacania w zależności od wymiaru ziarna węgla surowego. Na podstawie wielokrotnych badań stwierdzono, że dla określonego węgla surowego stopień trudności wzbogacania maleje ze zmniejszającym się wymiarem ziarna. Bardzo wyraźna zmiana stopnia trudności wzbogacania - występuje w przedziale ziarnowym między 6 a 30 mm. W tym też przedziale ziarnowym następuje rozklasyfikowanie węgla surowego na węgiel gruboziarnisty o większym stopniu trudności wzbogacania oraz drobnoziarnisty o mniejszym stopniu trudności wzbogacania. Na wielkość ziarna podziałowego między węglem grubo a drobnoziarnistym ma wpływ zawilgocenie węgla surowego. W przypadku dużej zawartości wilgoci klasyfikację wstępną przy ziarnie podziałowym poniżej 20 mm zaleca się przeprowadzać na mokro. Górny wymiar ziarna węgla płuczkowego kierowanego do wzbogacania mechanicznego zależny jest od wielu czynników jak:

- warunków zbytu,
- warunków magazynowania, transportu i dozowania,
- możliwości ewentualnego zwiększenia wychodu koncentratu przez kruszenie ziarn najgrubszych.

Ograniczenie górnego wymiaru węgla płuczkowego do 75-100 m daje wiele korzyści, a mianowicie:

- uzyskuje się węgiel płuczkowy o uziarnieniu wymaganym przez zbyt oraz zmniejsza się ilość ujęć kruszenia, upraszczając tym samym układ technologiczny zakładu,
- znacznie łatwiejsze są warunki transportu, magazynowania i dozowania węgla płuczkowego, gdyż nie wymaga się specjalnych rozwiązań konstrukcyjnych takich urządzeń jak wyloty zbiorników, suwnie, podajniki oraz przenośniki, co jest konieczne gdy wymiar węgla płuczkowego przekracza 100 mm,
- w przypadku bardzo trudnowzbogacalnych węgli, jak w przypadku nadawy zakładu S, skruszenie ziarn najgrubszych pozwala drogą rozluzowania zrostów uwolnić określone ilo-

ści wkładek węglowych, a tym samym ma zwiększyć wychód koncentratu; dalsze kruszenie poniżej 75 mm powoduje w myśl badań jedynie znikomy przyrost koncentratu.

Celem wzbogacania jest uzyskanie maksymalnego wychodu produktu najcenniejszego jakim jest węgiel wsadowy o określonych parametrach jakościowych. Wychód produktu zależy od stopnia trudności wzbogacania węgla surowego oraz od ostrości rozdziału w procesie wzbogacania.

Jeżeli stopień trudności wzbogacania wyrazimy przez wskaźnik ± 0,1 NGM (near gravity material - procentowy wychód frakcji densymetrycznej w przedziale ± 0,1 jednostek ciężaru właściwego; środek przedziału stanowi ciężar właściwy rozdziału), a ostrość rozdziału wyrazimy przez wskaźnik imperfekcji I, to wychód produktu wzbogacania W jest funkcją tych czynników

$$W = f\ (\pm\ 0{,}1\ NGM,\ I)$$

Z funkcji tej wynika, że chcąc uzyskać maksymalny wychód produktu należy z rosnącym stopniem trudności wzbogacania stosować metodę o rosnącej ostrożności rozdziału.

Praktycznie oznacza to, że dla węgli trudnowzbogacalnych należy stosować wzbogacanie w cieczach ciężkich o niskim wskaźniku imperfekcji, tj. o dużej ostrożności rozdziału, a dla węgli łatwo wzbogacalnych wzbogacanie w osadzarkach o większym wskaźniku imperfekcji, a tym samym o mniejszej ostrości rozdziału.

Zastosowanie metody o dużej ostrości rozdziału nabiera dalszego znaczenia jeśli stosujemy wzbogacanie dwuproduktowe w jednym ujęciu (płuczka miałowa zakładu K).

Straty substancji węglowej w odpadach są w takim przypadku bezpowrotne. Przy wzbogacaniu osadzarkowym w 2 ujęciach pewną ilość koncentratu tracimy w produkcie przejściowym. Aby zmniejszyć do minimum te straty, stosuje się wtórne wzbogacanie tego produktu w wysokosprawnych zawiesinowych separatorach cyklonowych (zakłady G i D).

Z punktu widzenia zmienności parametrów jakościowych węgla surowego dokładniejszy system wzbogacania ma zawsze większą przewagę nad systemem o mniejszej dokładności, ponieważ może sprostać każdej praktycznie zmianie warunków zbytu i jakości węgla surowego. W płuczce zawiesinowej nie ma żadnych trudności w zmianie ciężaru właściwego cieczy ciężkiej, regulującej parametry produktów wzbogacania. Zastosowane w omawianych zakładach układy regeneracyjne oraz urządzenia automatycznej regulacji ciężaru właściwego cieczy obiegowej pozwalają na dokonanie zmiany tegoż ciężaru o 0,1 g/cm^3 w ciągu 15 minut. Przeprowadzenie regulacji osadzarek w kierunku zmiany parametrów wzbogacania jest bardziej czasochłonne i nie gwarantuje takiej dokładności.

W przypadku węgli bardzo trudnowzbogacalnych silnie zróżnicowanych pod względem densymetrycznym i ziarnowym znajduje zastosowanie dodatkowo uśrednianie węgla płuczkowego, jak w przypadku zakładu S.

We wszystkich zakładach zastosowano wydzielanie ziarn mułowych poprzez odmulanie.

Przyczyny tego są następujące:

- w zakładach K i S stosuje się wzbogacanie miału w zawiesinowych separatorach cyklonowych, w których obecność ziarn mułowych powoduje wzrost lepkości cieczy pogarszając a w skrajnych przypadkach uniemożliwiając normalny przebieg procesu wzbogacania;
- w wysoko sprawnych osadzarkach miałowych zakładów G i D można teoretycznie wzbogacać ziarna mułowe do wymiaru 0,1 do 0,2 mm. Praktycznie jednak wzbogacają się w osadzarkach efektywnie ziarna $>$ 0,5 mm. Z tych względów zastosowano wydzielanie mułu przed wzbogacaniem miału. W zakładach G, D i K muły wzbogacane są metodą flotacji, która jest praktycznie jedyną metodą przemysłową o wysokiej sprawności. Odstąpiono od tej metody jedynie w przypadku zakładu S, stosując tam wzbogacanie w hydrocyklonach (metoda water only). Złożyło się na to szereg przyczyn, między innymi duża zawartość piasku podsadzkowego w mule su-

rowym. Sprawność hydrocyklonów służących do wydzielenia frakcji +1,9 g/cm^3 jest niższa od flotacji. Straty koncentratu spowodowane tym zrekompensowane zostaną o wiele niższymi nakładami inwestycyjnymi.

Jak wynika z tablicy 18 zamknięte obiegi wodne tzn. takie z których nie odprowadza się wody do ścieków publicznych, mają zakłady G, D i S. Obieg otwarty ma jedynie zakład K, z którego na zewnątrz odprowadza się filtrat z pras filtracyjnych praktycznie pozbawiony części stałych. Ilość wody świeżej w zakładzie K niezbędna dla prawidłowej pracy urządzeń przekracza straty wynikające z wilgoci produktów i parowania wody, co pociąga za sobą konieczność odprowadzania pewnej ilości wody poza obieg. Górny wymiar ziarn części stałych w wodzie obiegowej zależy od wielkości szczelin sit odwadniających i odmulających oraz od powierzchni rząpiów. We wszystkich przedstawianych obiegach wodnych muły gruboziarniste (+0,5 mm) wydziela się w rząpiach klasyfikacyjnych lub odmulających. Przelew rząpiów kierowany jest do dalszego klarowania, wylew zaś w zależności od zapopielenia, do urządzeń odwadniających koncentrat lub do wzbogacalników.

Jako urządzeń klarujących użyto hydrocyklonów średniociśnieniowych i odmulników promieniowych pracujących w oparciu o zasadę nie pełnego klarowania wód mułowych. Wody sklarowane w odmulnikach promieniowych z flokulacją o zagęszczeniu około 2 g/l kierowane są wszędzie tam, gdzie zachodzi konieczność stosowania wody czystej. Przelewy hydrocyklonów lub odmulników promieniowych bez flokulacji o zagęszczeniu do 50 g/l służą jako woda obiegowa do odmulania, transportu oraz jako woda dolna i górna do osadzarek. W przypadku stosowania hydrocyklonów występuje brak możliwości magazynowania mułów stanowiących nadawę flotacji. Na wypadek awarii flotacji przewiduje się zatem odrębne zbiorniki zrzutowe. W zakładzie K nadawa flotacji magazynowana jest w odmulnikach promieniowych.

Woda poflotacyjna klarowana jest ostatecznie w osadnikach zwałowych o odpowiedniej powierzchni i pojemności (zakłady G i D) lub w odmulnikach promieniowych z flokulacją (zakład K).

Niewątpliwie najtańszym sposobem klarowania jest osadzanie odpadów flotacyjnych w naturalnych zagłębieniach terenu wykorzystanych jako osadniki zwałowe. W przypadku braku takich możliwości zastosowano w zakładzie K mechaniczne odwadnianie odpadów flotacyjnych w wirówkach bezsitowych w odmulniku promieniowym z flokulacją i prasach filtracyjnych.

4. Wnioski

Wobec istnienia dużej różnorodności zarówno w zakresie własności technologicznych węgla surowego, jak i warunków zbytu, nie można sformułować jednoznacznych wytycznych w zakresie projektowania układów technologicznych zakładów wzbogacania węgla koksowego, które byłyby słuszne dla każdego dowolnego przypadku. Uwzględniając jednak wyniki analiz przedstawionych w referacie rozwiązań oraz zagraniczne doświadczenia w tej dziedzinie, dostępne w literaturze, można ustalić kilka generalnych zasad projektowych odnośnie układów technologicznych zakładów wzbogacania węgla koksowego.

Z uwagi na warunki zbytu, łatwość transportu, magazynowania i dozowania należy górny wymiar ziarna płuczkowego ograniczyć do około 80 mm.

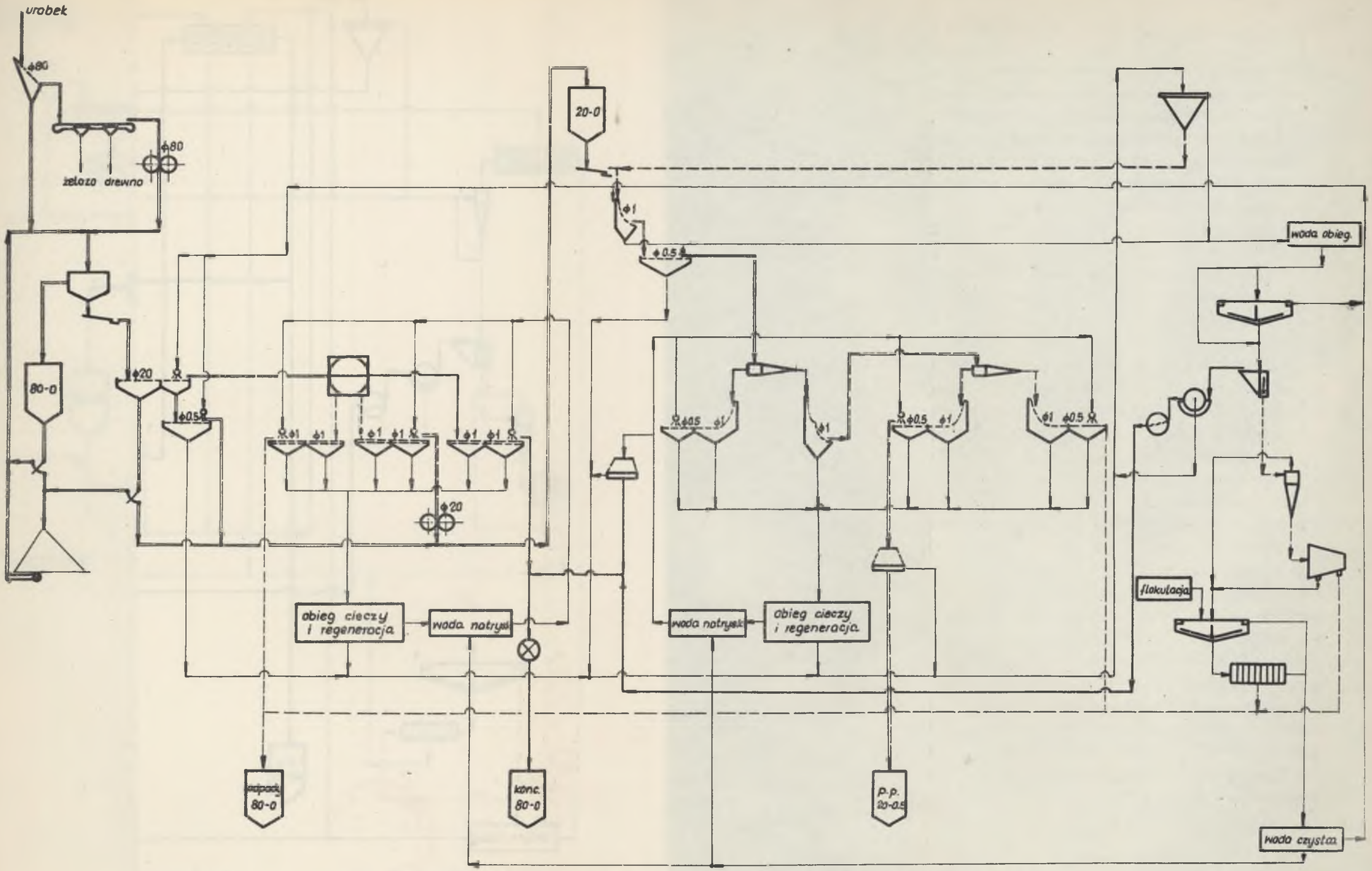
Przewidzieć w ramach możliwości technicznych dozowanie nadawy do poszczególnych głównych sekcji zakładów wzbogacania. Poprzez właściwy dobór wydajności poszczególnych sekcji zakładu oraz metody wzbogacania danych klas ziarnowych zapewnić dostateczną elastyczność układu technologicznego; aby w każdej chwili układ mógł być dostosowany do zmiennych parametrów ilościowych i jakościowych węgla surowego, przy równoczesnej gwarancji uzyskania maksymalnych praktycznie wychodów produktów wzbogacania o określonych przez warunki zbytu parametrach jakościowych.

- Z rosnącym stopniem trudności wzbogacania należy stosować metody o jak największej dokładności rozdziału, a szczególnie w przypadkach wzbogacania w jednym ujęciu. Zaleca się wzbogacanie węgli trudnowzbogacalnych w cieczach ciężkich, zaś węgli łatwowzbogacalnych w osadzarkach.

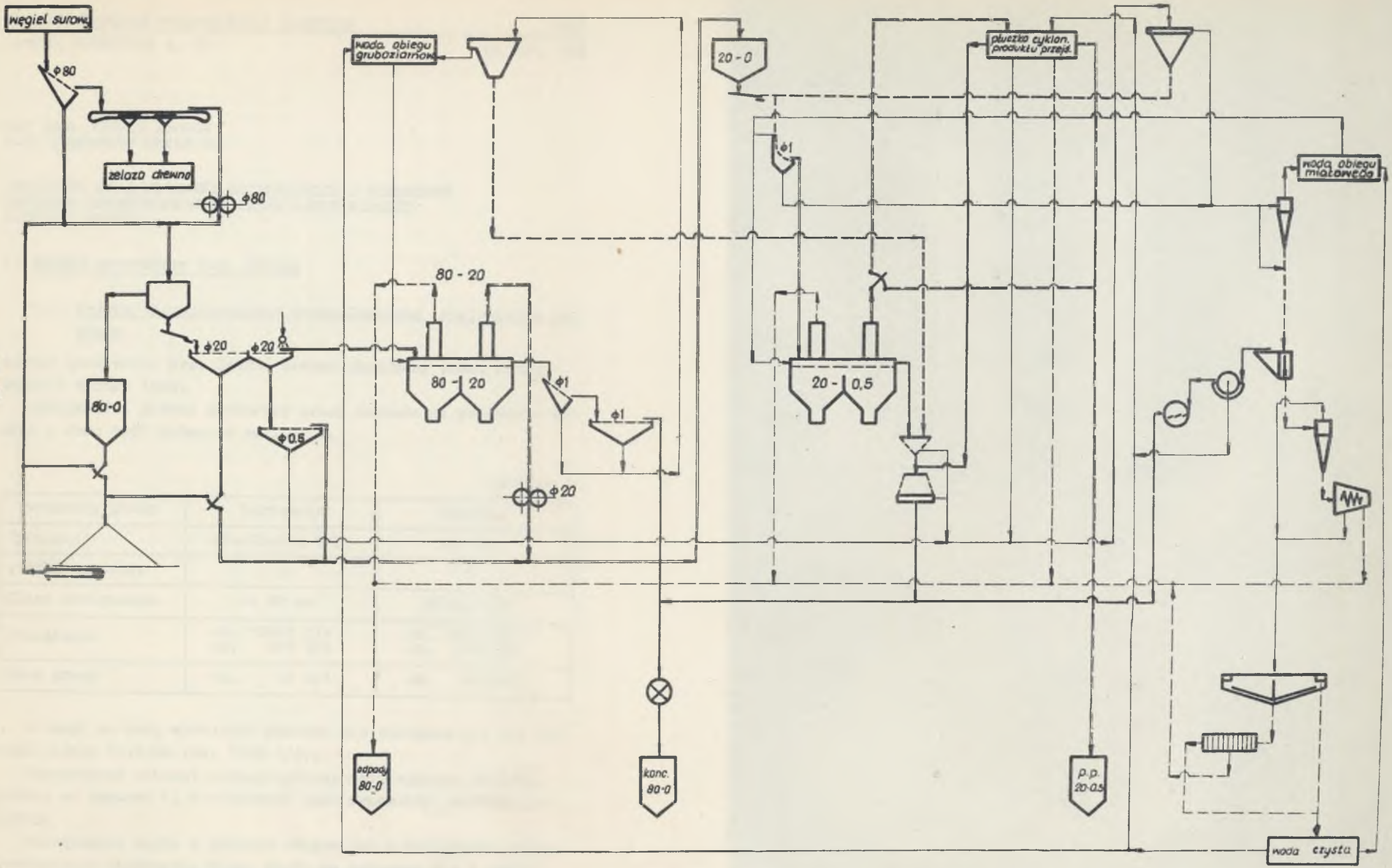
- Niezależnie od metody wzbogacania węgla drobnoziarnowego należy stosować odmulanie dla wydzielenia ziarn mułowych 0,5-0 mm wzbogacanych następnie metodą flotacji.
- Zaleca się stosować uśrednianie oraz mieszanie koncentratów otrzymanych w wyniku wzbogacania poszczególnych klas ziarnowych. Węgiel wsadowy zbywać w jednej klasie o uziarnieniu 80-0 mm.
- Należy stosować, o ile to możliwie, zamknięty obiekt wodny. W razie niemożliwości zamknięcia obiegu zaleca się odprowadzać na zewnątrz wody pozbawione praktycznie części stałych np. filtrat z pras filtracyjnych.
- Dla racjonalnego uproszczenia obiegu wodnego należy dążyć, aby wylew urządzeń klarujących w płuczce, stanowiący nadawę flotacji miał zagęszczenie 150-200 g/l. Rozwiązanie to, wskutek odprowadzenia poza obieg wodny płuczki znacznej ilości części stałych, umożliwia klarowanie wody obiegowej płuczki w jednym ujęciu zapewniając stałość jej zagęszczenia na poziomie około 50 g/l. Jako urządzenia klarujące mogą służyć zarówno hydrocyklony jak i odmulniki promieniowe.

Natomiast wodę poflotacyjną należy w całości klarować do zagęszczenia maksimum 2 g/l, by móc nią zasilać wszystkie operacje w zakładzie wymagające stosowania wody czystej, jak również uzupełnić zmniejszoną wskutek dużego rozcieńczenia wylewu z urządzeń klarujących płuczki ilość wody obiegowej płuczki. Wodę poflotacyjną zaleca się klarować w osadnikach ziemnych, a w przypadku braku możliwości lokalizacyjnych zastosować odwadnianie mechaniczne jak w zakładzie K.

W oparciu o wyżej sformułowane wytyczne ogólne przedstawiono dwa rozwiązania układu technologicznego zakładu wzbogacania węgla koksowego o wysokim i niskim stopniu trudności wzbogacania. Rozwiązania te stanowiące dwa z wielu możliwych rozwiązań przedstawiono na rys. 9 i 10.



Rys. 9. Schemat technologiczny zakładu wzbogacania węgla trudnowzbogacalnego



Rys. 10. Schemat technologiczny zakładu wzbogacania węgla łatwowzbogacalnego