

INNOWACYJNE TECHNOLOGIE WYDOBYCIA I PRZERÓBKI SUROWCÓW SKALNYCH W KRAJOWYCH KOPALNIACH

INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF EXTRACTION AND PROCESSING OF RAW MATERIALS IN NATIONAL ROCK MINES

Andrzej Witt, Zbigniew Schmidt - Poltegor Instytut Wrocław

W artykule omówiono efekty prac badawczych prowadzonych pod kątem obniżenia pracochłonności, kosztów i ograniczenia ilości odpadów powstających podczas eksploatacji surowców okruchowych ze złóż zawodnionych w krajowych kopalniach. Opisano kilka wybranych propozycji innowacji technologicznych w procesach urabiania, transportu na ląd i przeróbki urobku w ośrodku wodnym oraz opracowano innowacyjną metodę rozliczenia zasobów wyeksploatowanych z zawodnionych wyrobisk. Osiągnięte wyniki i proponowane rozwiązania spełniają warunki definicji wysokiego potencjału innowacyjnego, w zakresie wdrożeń nowych urządzeń i rozwiązań technologicznych oraz podniesienia jakości produktów.

Słowa kluczowe: koparka, piaski, żwiry, urabianie, hydrokorekcja dynamiczna

The article discusses the results of research conducted under the terms of a reduction in workload and costs, and reduction of waste generated during the exploitation of clastic materials from watered fields in domestic mines. Several selected proposals of technological innovation in processes of mining, transport to land and processing of excavated material in an aqueous medium has been shown in the article. An innovative method for calculation of exploited resources from watered pits has been developed. The achieved results and proposed solutions meet the definition of high innovation potential, in terms of the implementation of new equipment and technology and product quality improvement.

Key words: excavator, sand, gravel, dredging, dynamic hydro correction

Wstęp

Artykuł stanowi opis urządzeń do zmiany gęstości hydromieszanki wodno-żwirowo-piaskowej dla powstrzymania utraty drobnych frakcji piaskowych w procesie odwadniania urobku z jednoczesnym usuwaniem części organicznych i ilastych. W eksploatacji surowców okruchowych spod lustra wody koparkami ssącymi, odstawa zawiesiny wody z urobkiem odbywa się hydrotransportem tłocznym. Przed przeróbką właściwą hydromieszanką musi być odwodniona. Często jednak urządzenia wydobywcze w zależności od warunków urabiania, zmieniają skład hydromieszanki i prędkość jej przepływu, a wówczas urządzenia odwadniające zmieniają wielkość ziarna podziałowego, skutkiem czego jest utrata części piasków drobno- i średnioziarnistych, odprowadzanych do osadnika odpadów.

W artykule przedstawiono innowacyjną metodę określania wielkości rzeczywistego wydobywania i zwałowania wewnętrznego w wyrobisku nieprzydatnych frakcji urobku oraz ilości nadawy podanej do zakładu przerobczego. Metoda odnosi się do warunków eksploatacji kopalni okruchowych spod wody płynącymi koparkami wieloczerpakowymi. Omówiono

również wyniki pomiarów wykonanych na koparce z zastosowaniem tej metody.

Hydrokorekcja dynamiczna

Urabianie złóż zawodnionych, hydrotransport i przeróbka urobku wymagają dla właściwego ich przebiegu odpowiedniej ilości wody, która z częściami stałymi (piasek, żwir, otoczaki, mułki, gliny, ropy, części organiczne) tworzy hydromieszankę. Urabianie koparką ssącą jest procesem rozluźniania górotworu za pomocą spulchniacza i zassania wytworzonej hydromieszanki do komory głowicy pompy, po czym następuje tłoczenie jej rurociągami do węzła odwadniania z klasyfikacją ziarnową [1]. Gęstość hydromieszanki w otoczeniu głowicy rurociągu ssawnego pompy, ustala praca spulchniacza. Jej wielkość może być zmienna w zależności od zwięzłości górotworu, uziarnienia i składu mineralnego urobku oraz przez zmiany parametrów pracy koparki w trakcie urabiania. Urządzeniami odwadniającymi, stosowanymi w przypadku transportu i przeróbki surowców okruchowych w ośrodku wodnym są zazwyczaj: odwadniacze kołowe podciśnieniowe, odwadniacze kołowo-wstęgowe, przesiewacze odwadniające, przenośniki taśmowe odwadniające lub też zestawy odwadniaczy kołowych z hydrocyklonami i sitami.

Przesiewacze mają wówczas pokłady sitowe z ujemnym kątem nachylenia. Odwadnianie jest procesem rozdzielczym i zwykle łączy się z klasyfikacją ziarnową. Wymiar ziarna podziałowego takiej klasyfikacji zależy od szybkości przepływu zawiesiny przez wannę przesiewacza, od gęstości zawiesiny a więc i od poszczególnych frakcji piasków. Odwadniacze kołowe używane w kraju, zazwyczaj nie są dobrze dobrane do możliwości wydobywczych koparek ssących, z którymi współpracują. Efektem tego jest zbyt szybki przepływ hydromieszanki przez wannę odwadniacza, powodujący zwiększenie wymiaru ziarna podziałowego i zmniejszenie udziału frakcji drobnych w głównym produkcie piaskowym. Dla poprawienia procesu rozdziału frakcji piaskowych podczas odwadniania urobku, autorzy opracowali metodę regulacji gęstości hydromieszanki podczas jej transportu do urządzeń odwadniających, pod nazwą **hydrokorekcji** [3]. Proces ten można zastosować w poniższych układach technologicznych.

Wariant I

Urabianie koparką ssącą refulującą wyposażoną alternatywnie w:

- 1) spulchniacz hydrauliczny
- 2) spulchniacz frezujący
- 3) koło wieloczerpakowe

Dostawa do przeróbki odbywa się hydrotransportem tłocznym [1]. Klasyfikacja wstępna z odwadnianiem jest realizowana na odwadniaczu kołowym podciśnieniowym – typ do kruszywa grubego od 0 do 350 mm. Klasyfikacja ziarnowa dotyczy części organicznych, rozmytej gliny i ilu oraz od bardzo drobnych do średniuziarnionych piasków.

Wariant II

Urabianie i dostawa urobku do przeróbki wstępnej na ładzie taka sama jak w wariantcie I. Odwadnianie jest realizowane na początku pokładów sitowych przesiewacza odwadniającego o ujemnym nachyleniu rzeszota (zwykle – 3 – 5%), po czym na dalszej powierzchni sit w kierunku transportu materiału, następuje klasyfikacja żwirów, piasków i otoczków z natryskiem wody technologicznej (dodawanej). Pulpa z odwodnienia oraz piasek z klasyfikacji są kierowane hydrotransportem grawitacyjnym do odwadniacza kołowego podciśnieniowego (w wersji dla piasku), lub odwadniacza z zainstalowanym sitem odwadniającym, lub też z klasyfikacją w hydrocyklonach. Hydrokorekcja zawsze powinna się odbyć w końcowej części rurociągu tłocznego dla obu wariantów oraz przed odwadnianiem piasku dla wariantu II, czyli w jednym lub dwóch miejscach [3].



Fot. 1. Widok hydrokorektora membranowego podczas prób. Wariant I
Photo 1. Membrane hydroseparator during testing (option I)



Fot. 2. Widok hydrokorektora membranowego. Wariant II
Photo 2. Membrane hydroseparator (option II)

Wariant III

Dotyczy przeróbki wtórnej i odnosi się do odwodnienia piasków łamanych pozostałych w trakcie przeróbki nadgabarytów >16 mm oraz piasków rodzimych ze wzbogacania frakcji żwirowych 2 – 16 mm, podawanych grawitacyjnie do odwadniania (piasków).



Fot. 3. Przesiewacz ze skrzynią dekompresyjną przyjmującą zawiesinę z koparki ssącej. Wariant III
Photo 3. Screen with decompression box receiving slurry from suction excavator (option III)



Fot. 4. Hydrotransport grawitacyjny od przesiewaczy. Wariant III
Photo 4. Gravitational hydrotransport from screens (option III)



Fot. 5. Burzliwe przelewy z obu odwadniaczy, ucieczka piasków do osadnika. Wariant III
Photo 5. Turbulent overflows from both dewaterers, escape of sands to settling tank (option III)

W ramach badań nad wykorzystaniem hydrokorekcji dynamicznej w układach technologicznych eksploatacji surowców okruchowych spod lustra wody, dotychczas opracowano i wytworzono:

- urządzenie laboratoryjne pod nazwą separator HRZ [4] do wstępnych badań zjawisk związanych z hydrodynamicznym rozdziałem zawieszin wodnych z drobnouziarnionym ciałem stałym,
- urządzenia przemysłowe pod pierwotną nazwą hydrokorektor membranowy. Badania ich użyteczności przeprowadzono w układzie technologicznym eksploatacji piasków osiągając pozytywne wyniki [3]. Urządzenie posiada patent nr PL 200633. (fot. 1, 2, 6),
- dla zbadania gęstości oraz rozkładu ziarnowego hydrodynamicznego mieszaniny transportowanej do odwodnienia w rurociągu tłocznym wysokociśnieniowym lub grawitacyjnym, opracowano urządzenia do pobierania próbek z rurociągów podczas jej transportu. Urządzenie zostało zgłoszone do Urzędu Patentowego nr P 401559,
- urządzenie przemysłowe pod nazwą separator hydrodynamiczny lamelowy SHL (fot. 4).

Badania użytkowe wykonano w kopalni Gorzupia SKSM podczas eksploatacji kopaliny o średnim punkcie piaskowym ok. 70% i wysokiej zawartości krzemionki ok. 95%. Urządzenie zgłoszono do Urzędu Patentowego (Nr P 396940).

Składowanie produktów końcowych

Produkty końcowe wzbogacanych żwirów zazwyczaj o granulacjach 2 – 8 mm i 8 – 16 mm oraz grysy z przeróbki frakcji > 16 mm na ogół są magazynowane w zasobnikach terenowych pod bębniami zwrotnymi przenośników taśmowych. Rozkład



Fot. 6. Hydrokorektor membranowy
Photo 6. Membrane hydroseparator



Fot. 7. Hydrokorektor lamelowy (SHL) podczas prób. Wariant I
Photo 7. Lamellar hydroseparator (SHL) during testing (option I)

uziarnienia w zasobnikach nie jest jednorodny. Obserwacje i badania wykazały, że kruszywo od czoła zasobnika charakteryzuje się większą zawartością ziaren grubych, a kruszywo od strony konstrukcji wsporczej przenośnika większą zawartością ziaren drobnych. Przykładowe składy granulometryczne odpowiednich próbek przedstawiono w tabelach 1 i 2, a odpowiadające im diagramy na rysunku 1.

Obszar ograniczony liniami krzywymi na rysunku 1 jest miarą niejednorodności granulometrycznej kruszywa w zasobniku, co stanowi o gorszej jakości produktu. Mechanizm powstawania tego zjawiska wyjaśniają fotografie 8-11.



Fot. 8. Zasobnik żwiru frakcji 2 - 8 mm – widok na czoło
Photo 8. Storage tank of gravel's fraction 2 - 8 mm – front view



Fot. 9. Zasobnik żwiru frakcji 2 - 8 mm – widok boczny
Photo 9. Storage tank of gravel's fraction 2-8 mm – side view



Fot. 10. Rozkład ziaren żwiru frakcji 2 - 8 mm w rzucie ukośnym z przenośnika
Photo 10. Distribution of gravel's fraction 2 - 8 mm particles in oblique view from conveyor



Fot. 11. Rozkład ziaren żwiru frakcji 8 - 16 mm w rzucie ukośnym z przenośnika
Photo 11. Distribution of gravel's fraction 8 - 16 mm particles in oblique view from conveyor

W Poltegorze Instytucie opracowano urządzenie do ujednoladnienia granulometrycznego materiałów uziarnionych, składowanych w zasobnikach terenowych z użyciem taśmowego oraz grawitacyjnego transportu pionowego. Urządzenie jest przedmiotem zgłoszenia do urzędu patentowego.

Metoda szacowania wyeksploatowanych zasobów piasków i żwirów ze złóż zawadnionych

W trakcie eksploatacji złóż spod lustra wody występują problemy z określaniem ilości wydobywanej kopaliny, co wynika z braku możliwości bezpośrednich pomiarów poeksploatacyjnego wyrobiska i porównania ich z danymi zawartymi w dokumentacjach geologicznych. Skutkuje to trudnościami z rozliczeniem wydobytych zasobów, wielkości strat pozaeksploatacyjnych, eksploatacyjnych, przeróbczych oraz stopnia

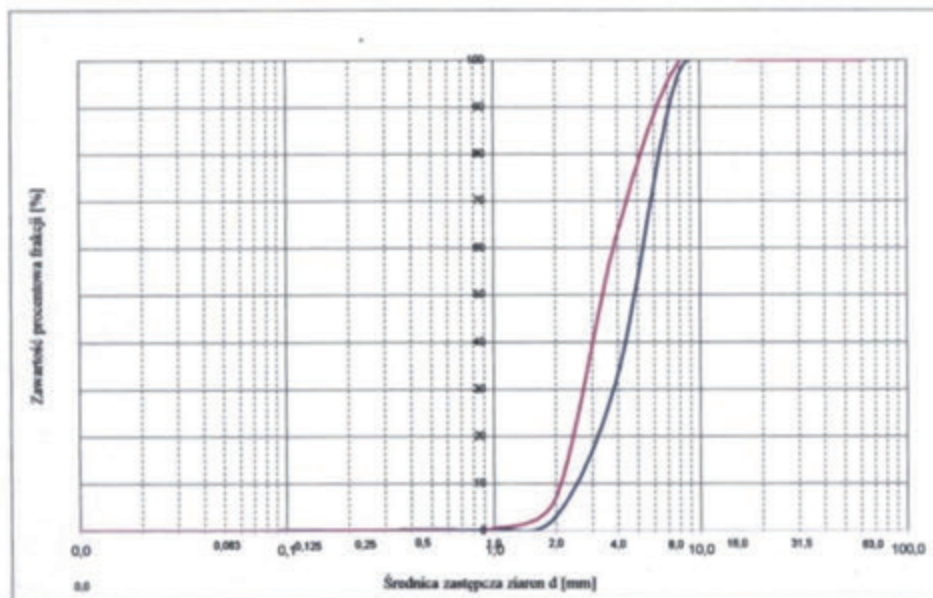
Tab. 1. Skład ziarnowy żwiru 2 – 8 mm, próbka od czoła zasobnika
Tab. 1. Particle size composition of gravel 2-8 mm - sample from front of storage tank

sita	pozostaje na sicie		przesiew próba	frakcja	zawartość frakcji	suma frakcji
	próba	odsiew				
[mm]	[g]	[%]	[%]	[mm]	[%]	[%]
63,0	0,0	0,0	100,0	0,0-0,063	0,0	0,0
31,5	0,0	0,0	100,0	0,063-0,125	0,0	0,1
16,0	0,0	0,0	100,0	0,125-0,25	0,0	0,1
8,0	50,9	2,6	97,4	0,25-0,50	0,1	0,2
4,0	1301,8	66,8	33,2	0,50-1,00	0,2	0,3
2,0	1889,5	97,0	3,0	1,00-2,00	2,6	3,0
1,0	1941,1	99,7	0,3	2,00-4,00	30,2	33,2
0,5	1944,4	99,8	0,	4,0-8,0	64,2	97,4
0,25	1945,9	99,9	0,1	8,0-16,0	2,6	100,0
0,125	1946,6	99,9	0,1	16,0-31,5	0,0	100,0
0,063	1947,3	100,0	0,0	31,5-63,0	0,0	100,0
0,0	1947,7	100,0	0,0	ponad 63,0	0,0	100,0

Tab. 2. Skład ziarnowy żwiru 2 – 8 mm, próbka od strony przenośnika.

Tab. 2. Particle size composition of gravel 2-8 mm - sample from conveyor's side.

sita	pozostaje na sicie		przesiew	frakcja	zawartość frakcji	suma frakcji
	próba	odsiew	próba			
[mm]	[g]	[%]	[%]	[mm]	[%]	[%]
63,0	0,0	0,0	100,0	0,0-0,063	0,0	0,0
31,5	0,0	0,0	100,0	0,063-0,125	0,0	0,1
16,0	0,0	0,0	100,0	0,125-0,25	0,0	0,1
8,0	7,8	0,4	99,6	0,25-0,50	0,1	0,2
4,0	783,2	36,7	63,3	0,50-1,00	0,3	0,5
2,0	1986,4	93,0	7,0	1,00-2,00	6,5	7,0
1,0	2125,1	99,5	0,5	2,00-4,00	56,3	63,3
0,5	2131,9	99,8	0,2	4,0-8,0	36,3	99,6
0,25	2133,5	99,9	0,1	8,0-16,0	0,4	100,0
0,125	2134,3	99,9	0,1	16,0-31,5	0,0	100,0
0,063	2134,9	100,0	0,0	31,5-63,0	0,0	100,0
0,0	2135,4	100,0	0,0	ponad 63,0	0,0	100,0



Rys. 1. Diagram składów ziarnowych próbek żwiru 2 – 8 mm z przeciwległych stron zasobnika

Fig. 1. Diagram of particle size composition of gravel 2-8 mm samples from opposite sides of storage tank

wykorzystania złoża. W artykule zaproponowano procedurę rozliczania zasobów złóż piasków i żwirów eksploatowanych przez wieloczerpakowe pogłębiarki. [5]

Opis metody

Sposoby określenia wyeksploatowanych zasobów złoża oparto o dane z dokumentacji geologicznych i pomiarów przepływu strumienia urobku na przenośnikach oraz obmiary wyrobiska poeksploatacyjnego echosondą. Na podstawie tych opracowań określone są zasoby możliwe do wydobycia. W projekcie zagospodarowania złoża obliczane są również straty:

- pozaeksploatacyjne – kopalina pozostawiona w skarpach bocznych złoża oraz groblach, na których usytuowane są trasy przenośników taśmowych,
- eksploatacyjne – kopalina pozostawiona w spągu złoża oraz zebrana z nadkładem,
- przerobcze – powstające w trakcie przeróbki.

W trakcie eksploatacji złoża uzyskuje się dane masowe otrzymane z wag, umieszczonych na przenośnikach taśmowych. Pierwszy punkt pomiarowy umieszczony jest na przenośniku odbierającym urobek z przesiewacza, to jest frakcję 0 – 100 (120) mm. Kolejne punkty pomiarowe umieszczone są w zakładzie przerobczym, głównie na przenośnikach produktów końcowych. Kontrolę uzyskanych wyników prowadzi się na koniec roku, wykonując obmiar wyrobiska poeksploatacyjnych echosondą. Wykonywane pomiary wyrobiska poeksploatacyjnego rejestrują jego stan już po wypełnieniu częściami kopaliny nieurobionej oraz zrzucenymi do niego, w trakcie prowadzenia procesu wydobywczego, frakcjami 0 – 2 mm i > 100 (120) mm. W pomiarach prowadzonych na przenośnikach taśmowych powinno być uwzględniane zawadnienie transportowanego materiału. Pomiarami został objęty przepływ strumienia kopaliny wydobywanej koparką wieloczerpakową KS 160. Obliczenia uwzględniają również części kopaliny nie objęte pomiarami:

- wysypujące się z czerpaka podczas jego napełniania urobkiem,

- wypływające razem z wodą przez szczeliny czerpaka w trakcie jego przemieszczania z miejsca urabiania do wysypu na ruszt,
- pozostawiane w złożu ze względu na ruchy manewrowe koparki,
- nieeksploatowane ze względu na konieczność usunięcia ze złoża elementów obcych: pnie drzew, wkładki gliny itp.

Objęcie pomiarami tej części zasobów kopaliny jest bardzo trudne i w wykonanych pracach nie zostało uwzględnione. Pomiarami zostały objęte według poniższego:

Pomiary bezpośrednie. Frakcja 2(0) – 100 (120) mm dostarczana do zakładu przerobczego, pomiar wykonany na wadze przenośnikowej. Uziarnienie nadawy podawanej do zakładu przerobczego ustalono przez pobieranie prób w przesywie między przenośnikami. Analiza sitowa pozwala określić ilość poszczególnych frakcji, które podawane są do zakładu przerobczego oraz stopień ich zawodnienia.

Pomiary pośrednie. Urobek pobierany z czerpaka koparki przed przeróbką wstępną, tj. przed rusztem i koszem zasypowym. Analiza sitowa prób określa ilość nadziarna powyżej 100 (120) mm i ilość frakcji poniżej 2 mm podawanej na przesiewacz, a bilans mas próbek po pobraniu i po suszeniu, stopień zawodnienia urobku. Próby pobiera się z napełnionych czerpaków podczas zatrzymania koparki. Koparka w trakcie pracy zrzuca do wyrobiska część wydobywanego urobku. Frakcje odprowadzane do wyrobiska poeksploatacyjnego rozprzestrzeniają się po części zbiornika. Określenie wielkości wydobywania kopaliny, tj. sumy mas półproduktu dostarczonego do zakładu przerobczego oraz urobku zwałowanego w podwodnym wyrobisku, w efektywnym czasie T pracy koparki, wyznacza się ze wzorów (1 – 3)

$$U_T = 0,06 \cdot (1 - w_{cz}) \cdot m \sum_{i=1}^n c_i \cdot T_i \quad (1)$$

gdzie:

U_T – wielkość w [Mg] rzeczywistej, niezawodnionej masy kopaliny, urobionej czerpakami i wyładowanej na ruszt koparki w czasie $T = T_1 + T_2 + \dots + T_n$, w [h]

T_i – składowe czasy pracy koparki z różnymi wydajnościami

W_{cz} – średnia wilgotność względna urobku w czerpakach

m – średnia masa zawodnionego urobku w czerpaku, [Mg]

c_i – częstotliwość rozładunku czerpaków w efektywnym czasie T_i pracy koparki [1/min]

n – ilość wartości częstotliwości rozładunku czerpaków, z którymi pracowała koparka w sumarycznym czasie T

$$N_T = (1 - w_{zp}) M \quad (2)$$

gdzie:

N_T – masa półproduktu (niezawodnionego) dostarczonego do zakładu przerobczego w czasie $T = T_1 + T_2 + \dots + T_n$, w [Mg]

M – masa materiału zawodnionego, dostarczonego w czasie T do zakładu przerobczego, [Mg]

w_{zp} – średnia wilgotność względna nadawy dostarczonej do zakładu przerobczego

$$P_T = U_T - N_T \quad (3)$$

gdzie:

P_T – wielkość niezawodnionej masy piasków, drobnych żwirków, ewentualnie sprasowanych brył gliniasto-ilastych, otoczków o granulacji ograniczającej uziarnienie do kruszenia w zakładzie przerobczym, zazwałowanych w podwodnym wyeksploatowanym wyrobisku, bezpośrednio przez koparkę, w [Mg].

Wartości c , T , M i n gromadzone są w pamięci elektronicznych rejestratorów koparek; m , w_{cz} , w_{zp} – wyznacza się empirycznie dla określonych partii złoża o zbliżonych składach granulometrycznych, co określa się za pomocą programów komputerowych GeoStar i GeoPlan [4]. Dla różniących się części górotworu parametry te należy wyznaczać osobno. Program GeoStar służy do tworzenia baz danych geologicznych, obliczeń parametrów złożowo-jakościowych warstw i do edycji podstawowych elementów dokumentacji geologicznej (kart otworów, przekrojów, tabel obliczeniowych i wyników analiz laboratoryjnych. Program GeoPlan służy do tworzenia modeli 2D dla dowolnych parametrów złoża zawartych i wyliczonych w bazie danych, a następnie do tworzenia map izoliniowych, warstwicznych, obliczania, rozliczania i bieżącej ewidencji zasobów złoża.

Wielkości empiryczne do oszacowania U_T , N_T i P_T . Dla określenia potrzebnych wartości empirycznych pobiera się próby urobku poprzez ręczny rozładunek pojedynczych czerpaków, oraz próby nadawy do zakładu przerobczego z przesywu pomiędzy przenośnikami po procesie ważenia. **Średnia masa m zawodnionego urobku w czerpaku i jego wilgotność w_{cz} .** Wyznacza się w oparciu o wielokrotne, całkowite ręczne opróżnianie czerpaków w stałym czasie (10 minut każdy), przez tę samą osobę. Podczas tej operacji zawartość czerpaka samoistnie się odwadnia, a całkowity czas odwadniania jest istotny dla dokładności szacunku. Czynność wykonuje się na pokładzie koparki, przeładowując urobek do hermetycznych pojemników. Cykl operacji od unieruchomienia łańcucha z czerpakami do wznowienia urabiania wynosi 15 min. Po wznowieniu urabiania należy zważyć pojemniki dla ustalenia masy zawodnionego urobku w czerpaku, po czym ich zawartość usuwa się do wyrobiska i cykl powtarza. Wypełnione pojemniki z ostatniego cyklu rozładunku czerpaka w danym dniu przewozi się do laboratorium celem wysuszenia i ustalenia średniej wilgotności w_{cz} . Należy wykonać, co najmniej 30 cykli rozładunku. Przy takiej frekwencji można zastosować metody probabilistyczne dla określenia dokładności ich oszacowania.

Średnia wilgotność względna nadawy do zakładu przerobczego w_{zp} . Po każdym cyklu opróżnienia czerpaka należy pobrać do pojemnika hermetycznego próbkę ok. 10 kg nadawy do zakładu przerobczego. Można to wykonać w przesywie pomiędzy przenośnikami pływającymi za pozycją wagi taśmowej. Pozyskamy w ten sposób frakcję między-sitową po klasyfikacji na ruszcie i na dwupokładowym przesiewaczu z natryskiem wodnym, po odseparowaniu piasków drobno- i średnioziarnistych, składników mulkowych i gliniasto-ilastych oraz nadgabarytów frakcji kamienistej (zazwyczaj ograniczenie > 100 mm) i kawałków drewna z czarnych dębów.

W ramach wykonanych prac eksperymentalnych w kopalni „Rakowice” wyznaczono empirycznie wielkości średnie:

- masy urobku zawodnionego w jednym czerpaku $m = 271,56$ kg,
- wilgotności względnej urobku w czerpaku $w_{cz} = 0,0595$,
- wilgotności względnej nadawy do zakładu przerobczego $w_{zp} = 0,0669$.

Zatem, po wyznaczeniu wartości czynników m , w_{cz} i w_{zp} równania (1 - 3) dla złoża „Rakowice” przyjmują postać:

$$U_T = 15,3241 \cdot \sum_{i=1}^n c_i \cdot T_i \quad [\text{Mg}] \quad 1)$$

$$N_T = 0,9331 \cdot M \quad [\text{Mg}] \quad 2)$$

$$P_T = 15,3241 \cdot \sum_{i=1}^n c_i \cdot T_i - 0,9331 \cdot M \quad [\text{Mg}] \quad 3)$$

Równania te stanowią narzędzie do szacowania wielkości rzeczywistego wydobycia, odstawy półproduktu do zakładu przerobczego i materiału zwałowanego wewnątrz w podwodnym wyrobisku, w przeliczeniu na niezawodnioną masę kopaliny.

Podsumowanie

1. Hydrodynamiczna zmiana gęstości mieszaniny wody z urobkiem (piasek, żwir, otoczaki) w trakcie jej transportu tłoczego do zakładu przerobczego jest możliwa. Przyczynia się ona do poprawy procesu odwodnienia urobku przez ograniczenie strat piasków drobno- i średniouziarnionych. Separatory hydrodynamiczne membranowe i lamelowe są urządzeniami bezobsługowymi, niewymagającymi zasilania energią. Regulacja intensywności ich przelewu decyduje o wielkości ziarna podziałowego frakcji piaskowych odprowadzanych do osadnika oraz ziaren niepożądanых takich jak: części organiczne, mułki oraz części gliniaste i ilaste.

Praca została wykonana w ramach projektu pt. „Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Literatura

- [1] Bęben A., Maszyny i urządzenia do wydobywania kopaliny pospolitych bez użycia materiałów wybuchowych, Wydawnictwa Uczelniane AGH, Kraków 2008
- [2] Finkelshteyn Z., Wasyleczko Z., Bojko N.Z., Hydrodynamiczna filtracja cieczy. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 1 (197) 2011
- [3] Witt A., Schmidt Z., Kurkowiak T., Badania i opracowanie innowacyjnych urządzeń do regulacji hydromieszaniny wodno-żwirowo-piaskowej z funkcją separacji drobnych ziaren mineralnych, Poltegor Instytut Wrocław 2010
- [4] Witt A., Schmidt Z., Kurkowiak T., Badanie procesów i opracowanie urządzeń do układów przeróbki żwirów dla separacji części organicznych, gliniasto-ilastych oblepień żwirów oraz ziaren mułowych. Poltegor-Instytut, Wrocław 2010
- [5] Witt A., Schmidt Z., Kurkowiak T., Określenie stopnia wykorzystania złóż piasków i żwirów eksploatowanych pływającymi koparkami wieloczerpakowymi. Poltegor Instytut Wrocław 2012