Mining Science – Mineral Aggregates, vol. 21(1), 2014, 139–150

www.gornictwoigeologia.pwr.wroc.pl

Mining Science
(previously Prace Naukowe Instytutu Górnictwa PWr., Górnictwo i Geologia)

ISSN 2300-9586
previously 0370-0798

Received February 1, 2014; reviewed; accepted March 5, 2014

systemy przeróbki skał,
dobór maszyn, wydajność

Jerzy MALEWSKI [1]

DOBÓR MASZYN W UKŁADACH PRZERÓBKI SKAŁ

Podano sposoby obliczania wydajności technicznej maszyn podstawowych układów przeróbki skał: kruszarek, przesiewaczy i przenośników taśmowych zdefiniowanej prostą zależnością $Q = q \cdot P$. Maszyny traktuje się jako urządzenia przepływowe, gdzie natężenie strumienia Q (wydajność) zależy od powierzchni otworu wylotowego P i prędkości przepływu materii q. Powierzchnia przekroju $P = Q_0/q$ pozwala określić podstawowe parametry maszyn, jak szerokość otworu wlotowego, wymiary sit oraz szerokość taśmy przy zadanym obciążeniu maszyn Q_0.

1. WSTĘP

Globalizacja gospodarki sprawia, że dawni producenci maszyn, znani od stuleci pod takimi nazwami jak Nordberg, Allis Chalmers, Hazemag, Krupp, Uralmaszzawod, Svedala, Allis Mineral Systems, Barmac, Sala, Skega, Trellex. Nordberg, Hewitt--Robins, Omnibelt i wiele innych występują obecnie w grupach kapitałowych pod nową marką handlową. Ruch w tym biznesie jest wielki, więc zmiany nazw też bywają częste. Obecnie najsilniejszą grupą producentów maszyn przeróbczych jest Metso Minerals, która jest globalnym dostawcą technologii i usług dla przemysłu górniczego i budownictwa, w branżach produkcji kruszyw, budownictwa, inżynierii cywilnej, górnictwa oraz przeróbki skał i minerałów. W Europie konkurencyjną do niej jest grupa Sandvik o podobnym profilu produkcji.

[1] Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Instytut Górnictwa
jerzy.malewski@pwr.edu.pl

W Polsce najbardziej znane są obce marki: Nordberg, Svedala Arbra, Sandvik. Krajowe fabryki produkują głównie przesiewacze i przenośniki: Mifama, Łęczyca, Komag oraz kruszarki i młyny Legmet, Makrum.

Kompletny zakład przeróbczy jest zespołem maszyn podstawowych i pomocniczych. Do podstawowych zaliczamy kruszarki, przesiewacze i przenośniki taśmowe. Pozostałe maszyny i urządzenia jak podajniki wibracyjne, zbiorniki, dźwignice, uławiacze pyłów, wagi, urządzenia monitoringu lub automatyki spełniają funkcje pomocnicze.

W artykule podano zagadnienie doboru maszyn podstawowych w projektach technologii produkcji kruszyw. Jest to nawiązanie do wcześniejszych artykułów autora (Malewski 2013), dotyczących projektowania i obliczania schematów technologicznych. Skoncentrowano się na obliczeniach wydajności technicznej, gdyż jest to kluczowe zagadnienie w projektowaniu i analizach systemów maszyn i urządzeń; od tego zależy właściwa ocena efektywności produkcji.

Maszyny dobieramy pod kątem jakości produktów operacji i wydajności. Jakość zależy od rozwiązań konstrukcyjnych oraz parametrów dynamicznych maszyny, ale też od cech fizycznych nadawy i obciążenia względnego tych maszyn mierzonego stosunkiem obciążenia do ich wydajności technicznej $\mu = Q_0/Q_{tech}$. Dodatkową komplikacją jest powszechna praktyka stosowania w przeróbce obiegów zamkniętych strumieni operacji, gdzie natężenie strumieni jest ściśle zależne od aktualnych parametrów maszyn i ich obciążenia. Rysunek 1 przedstawia istotę tego zagadnienia na przykładzie rozkładu względnego obciążenia maszyn w pewnej instalacji przemysłowej; występuje tu stopień obciążenia (niedociążenia i przeciążenia) maszyn w relacji do wydajności technicznej.

Rys. 1. Wydajność i rozkład obciążenia maszyn pewnego systemu przeróbczego; oznaczenia: Sved, Sandv., Mag – kruszarki; P – przesiewacze i sita a, b, c; R – rozdzielnie, T – przenośniki
Fig. 1. Capacity and load distribution of some processing equipment system; symbols: Sved, Sandv., Mag. – crushers; P – screens and screening decks a, b, c; R – distributors; T – belt conveyers

Dobór maszyn pod kątem wydajności nie jest rzeczą prostą. Wydajność zależy od parametrów maszyny oraz wielu zmiennych środowiskowych (np. są to cechy fizyczne i morfologiczne przerabianego materiału oraz obciążenie maszyn). Oczywiście można skorzystać tu z informacji katalogowych, ale znajdujące się tam dane reprezentują jakiś bliżej nieokreślony, tzw. przeciętny materiał i warunki operacji. Są to wielkości orientacyjne, które jak zastrzega każdy producent, muszą być zweryfikowane zależnie od uwarunkowań technologii i potrzeb kontrahenta. Taka zależność właściciela instalacji górniczych od producenta maszyn nie zawsze jest wygodna, w szczególności na etapie badania efektywności pomysłów modernizacyjnych lub inwestycyjnych. Prezentowane dalej sposoby szacowania wydajności technicznej podstawowych maszyn przeróbki skał oparte są na praktyce zawodowej autora publikacji.

2. ZWIĄZEK WYDAJNOŚCI Z PARAMETRAMI MASZYN

W literaturze przedmiotu znajduje się wiele propozycji obliczania wydajności kruszarek, przesiewaczy i przenośników (np. Taggart 1956, Razumov 1970), które są adresowane ściśle do określonego rodzaju, a nawet typu maszyny. Są one powszechnie traktowane jako zupełnie niepodobne do siebie obiekty, wymagające odrębnego traktowania w budowie modelu obliczeniowego. Tymczasem, stają się one podobne, gdy potraktujemy je jako maszyny przepływowe. Natężenie strumienia produktu operacji, określające jego przepustowość, zależy bowiem, podobnie jak w przewodnikach różnego rodzaju (elektrycznych, wodnych, powietrznych), od ciśnienia i oporów ruchu przepływającej materii. Z kolei opór przepływu zależy od wielu czynników środowiskowych oraz powierzchni otworu wylotowego. Pomijając tu rolę ciśnienia, otrzymamy prostą zależność natężenia (ilości) przepływającej przez maszynę masy skalnej od powierzchni otworu wylotowego:

$$Q = q \cdot P \tag{1}$$

gdzie:

Q = Q_{tech} – wydajność maszyny [m^3],

q – wydajność na jednostkę powierzchni otworu wylotowego [m^3/m^{2}h], co w istocie jest prędkością przepływu masy przez maszynę [m/h].

Stąd powyższy wzór będzie prawdziwy niezależnie od rodzaju maszyny, kruszarki, przesiewacza lub przenośnika.

Jeśli jest zadane obciążenie danej operacji Q_0 i znane wydajności jednostkowe q, to powierzchnie P można określić z warunku $Q_0 \leq Q = q \cdot P$, *a* stąd potrzebna powierzchnia przekroju strumienia masy skalnej wyniesie

$$P = Q_0 / q, \text{ [m}^2\text{]} \tag{2}$$

Powierzchnia otworu wylotowego zależy od aktualnych (regulowanych) parametrów maszyny. Ilustracją do sposobu obliczania tej powierzchni jest rysunek 2.

Rys. 2. Powierzchnie przepływu (wylotu) maszyn podstawowych
Fig. 2. Outlet surface of the main processing devices

Szerokość paszczy kruszarki, średnica stożka, wymiary sit, szerokość taśmy przenośnika można bowiem wyprowadzić z oczywistych zależności pomiędzy powierzchnią i parametrami geometrycznymi i aktualnymi (szerokość szczeliny) maszyny, a więc łatwo jest określić potrzebną wielkość maszyny na podstawie jego podstawowych wymiarów, które są zawsze podane w katalogach producentów.

2.1. WYDAJNOŚĆ KRUSZAREK

Główne operacje jakościowe realizowane są kruszarkami i przesiewaczami. Na podstawie wcześniejszych prac (Malewski 2013) systemy przeróbcze składają się z 3–4 stadiów rozdrabiania. Każde stadium ma nieco inne funkcję od pozostałych, zatem i maszyny do realizacji tych operacji różnią się od siebie pewnymi istotnymi szczegółami. Głównym zadaniem pierwszych dwóch stadiów jest pomniejszenie wymiarów ziaren, a rolą stadiów końcowych jest generowanie odpowiedniego składu ziarnowego i kształtu ziaren produktów rozdrabiania. Jednocześnie trzeba pamiętać, że w pierwszych stadiach płynność zasilania maszyn jest niewielka, co stawia szczególne wymagania eksploatacyjne.

Zróżnicowanie kruszarek może być wyrażone za pomocą tzw. pozornego stopnia rozdrabiania $r_p = B/e$, gdzie: B – szerokość paszczy, e – szerokość szczeliny wypustowej. Zatem kruszarki pierwszych stadiów powinny mieć duży pozorny stopień rozdrabiania. Ponadto muszą być odporne na zmienne warunki zasilania, szczególnie skał zwięzłych. Takimi maszynami są kruszarki szczękowe, dwu lub jednodźwigniowe, gdzie praktycznie $r_p \approx 7$–12, gdy tymczasem kruszarki trzeciego i czwartego stadium mają ten stopień nieco mniejszy i równy około 3–7. Producenci maszyn dopuszczają regulację szczeliny wypustowej w szerokim zakresie, więc różnice te między kruszarkami nie są obecnie tak duże jak dawniej.

Informacja o maszynach jest łatwo dostępna w rozlicznych katalogach, ale jakość tej informacji stale się pogarsza; co raz trudniej niezależnemu od producenta maszyn projektantowi technologii dotrzeć do istotnych dla projektu parametrów maszyny. Istotnymi w tym wypadku są takie parametry jak skok szczęki/stożka kruszarki, szerokość otworu wlotowego oraz średnica stożka wewnętrznego. Przed laty takie informacje były zakodowane w symbolu maszyny, np. czeskie DKT 900/70, obecnie taka informacja w zasadzie jest niedostępna we współczesnych katalogach.

Rys. 3. Wydajność kruszarki zależna od wielkości ziaren nadawy na przykładzie kruszarek szczękowych STE i CJ, $F(e)$, procent ziaren w nadawie poniżej wielkości e
Fig. 3. Capacity of jaw crushers STE and CJ dependent on feed size distribution represented by mean size of feed particles, Percentage of fraction 0–e in the feed

Powierzchnia wylotowa szczeliny jest wielkością regulowaną. Jej początkowa wartość określona jest już na etapie projektowania schematu technologicznego. Pozostaje tu problem określenia wydajności jednostkowej q (prędkości przepływu). Zależy ona od wielu czynników, głównie od wielkości ziaren nadawy oraz parametrów geometrycznych i dynamicznych maszyn. Zależności te rozważane były w innych publikacjach autora (Malewski 1990). Z czynników podstawowych, to wielkość brył wpływa na

proces zgodnie ze znaną hipotezą energetyczną rozdrabiania, że ilość energii $E(r, C, n)$ potrzebna do rozkruszenia ciała o wielkości y do wielkości x jest proporcjonalna do stopnia rozdrobienia $r = y/x$ oraz stałych C i n, co wyraża się znaną zależnością

$$E = C \cdot \int_{x_p}^{y} x^{-n} dx \tag{3}$$

gdzie:

y – wymiar początkowy
x_p – wymiar końcowy kruszonego ciała
C, n – parametry zależne od cech fizycznych skały i zmiennych środowiskowych procesu rozdrabiania

Zatem przy stałym zasilaniu energią wydajność procesu (powstawania cząstek wielkości x) będzie zależała od stopnia rozdrobienia $r = y/x$ i składu ziarnowego nadawy do kruszenia. Znacząca rolę odgrywa tu dynamika procesu, która zależna jest od wielkości skoku s elementu roboczego (ruchomych szczęki/stożka) kruszarek, a ściślej od jego wielkości względnej w stosunku do szerokości szczelin wypustowej, czyli $w = s/e$.

Przez analogię do hipotezy (3) oraz przyjęcia wartości $x_p = e = const$ i zmienności y w granicach $0 \div B$ (y – wielkość brył nadawy, B – szerokość otworu wlotowego) można wyprowadzić wzór końcowy uwzględniający krytyczne zmienne procesu kruszenia

$$q = C \cdot \int_{1}^{r_{\max}} r^{-k} dF(r) \tag{4}$$

lub

$$q = C \cdot \sum_i r_i^{-k} \cdot f(r_i) \tag{5}$$

gdzie:

$r = y/e \geq 1$, $r_{\max} = B/e$,

$$C = \left(\frac{1}{r_{\max}}\right)^k \cdot h(w) \tag{6}$$

$$h(w) = A \cdot \left(\frac{e}{s}\right)^{-m}, \; w = \frac{e}{s} \tag{7}$$

przy czym współczynnik A jest wartością funkcji $h(w)$ w punkcie $e = s$, którą można wyznaczyć na podstawie danych katalogowych maszyn (rys. 4 i 5). Rysunki te są przykładem zmienności tej funkcji w przypadku kruszarek szczękowych.

Rys. 4. Zależność wydajności jednostkowej kruszarek szczękowych Sandvik-CJ jako funkcji szerokości szczeliny wypustowej oraz parametry równania (do obliczeń przyjęto s = 20 mm)
Fig. 4. Dependance of unitary capacity of Sandvik-CJ jaw crushers on closed side setting e and parameters of equation (7) (s = 20 mm was assumed for calculations)

Rys. 5. Zależność wydajności jednostkowej kruszarek szczękowych MFL-STE jako funkcji szerokości szczeliny wypustowej oraz parametrów równania (7) (do obliczeń przyjęto s = 20 mm)
Fig. 5. Dependance of unitary capacity of MFL-STE jaw crushers on closed side setting e and parameters of equation (7) (s = 20 mm was assumed for calculations)

Oszacowanie parametrów k i m, kruszarek stożkowych i szczękowych było przedmiotem obszernych badań laboratoryjnych i przemysłowych rozdrabiania skał różnej zwięzłości (bazalt, granit wapienie). Eksperymenty laboratoryjne oraz przemysłowe (Malewski 1990, 2002), a także archiwalne dane katalogowe kruszarek różnych producentów pokazały, że ich wydajność zmienia się zgodnie z hipotezą (4), a współczynniki

w tym równaniu mogą być przyjmowane (do wstępnych obliczeń) równe $k \approx 0{,}4–0{,}5$, $m \approx 0{,}5–0{,}8$ i normowana wydajność jednostkowa $q\,(r = 1,\ \mathrm{w} = 1) \approx 1200–2500$, [$m^3/m^2h$]. Jednakże współczesne dane katalogowe w jednych przypadkach potwierdzają powyższą regułę, a w innych zaprzeczają i dlatego wydają się być mało wiarygodne w świetle teorii rozdrabiania i jej laboratoryjnej weryfikacji empirycznej. Rysunki 4 i 5 są na to dowodem, czyli braku podobieństwa zmienności wydajności od relatywnej szerokości szczeliny wypustowej $w = e/s$, obserwowanego na przykładach wybranych dwóch kruszarek szczękowych typoszeregów CJ (Sandvik) i STE (MFL--Maschinenfabrik Liezen).

2.2. WYDAJNOŚĆ PRZESIEWACZY

Przesiewacz jest zespołem sit poruszanych z zadaną częstotliwością i amplitudą drgań. Dla projektanta ważną informacją są potrzebne wymiary (powierzchnia) sita, a te z kolei zależą od wydajności technicznej sita dostosowanej do jego projektowanego obciążenia. Pod tym względem przesiewacz różni się od kruszarki tym, że jego obciążenie może być praktycznie nieograniczone, a jego zmiany skutkują zmianami sprawności klasyfikacji. Wydajność techniczna jest tu pojęciem umownym, ponieważ zależy od zakładanej skuteczności przesiewania. Charakter tej zależności pokazuje rysunek 6.

Rys. 6. Wpływ obciążenia sita na jego skuteczność.wydzielenia frakcji podsitowej; h – aktualna grubość warstwy na sicie, d_s – średnica oczka sita
Fig. 6. Relationship between recovery undersize fraction and load of the screen, h-thickness of actual feed layer, d_s – screen aperture

Przesiewanie jest procesem trudnym do przewidywania z powodu niemożności ustanowienia ścisłych powiązań pomiędzy wieloma czynnikami wpływającymi na ten proces. Dynamika drgań, prędkość przepływu materiału po sicie, wielkość, kształt i wilgotność przesiewanych ziaren, grubość przesiewanej warstwy są głównymi zmiennymi procesu (por. Banaszewski 1990, Dietrych 1962, Sztaba 2003). Jest wiele propo-

zycji jego matematycznego opisu, ale są one wykorzystywane w bardziej zaawansowanych analizach systemów przeróbczych. Szczegóły tego problemu zostały dość obszernie opisane w innej publikacji autora (Malewski 1988). Ograniczymy się do tzw. klasycznych metod empirycznych, znanych z praktyki amerykańskiej (Allis Chalmers, Hewitt-Robbings – parametr m można obliczyć inaczej, tzn. $m = (0{,}95/S_z)^k$, $k \approx 2$) lub rosyjskiej (Adrejev i in. 1980, Razumov 1970), skandynawskiej (Kone-Roxon – niepublikowane). Wszystkie one wywodzą się z jednej, tzw. metody podziarna – *Through Flow Method*, Smith Engineering Works (Taggart 1956). Kolejne jej modyfikacje doprowadziły jednak do nieznacznych różnic, które najlepiej uogólnia metoda Kone-Roxon i którą przyjęto jako reprezentatywną dla pozostałych.

W metodach klasycznych powierzchnię sita oblicza się najczęściej z warunku i wzoru

$$Q_0 \le Q_{dop} = \frac{Q_1}{\varepsilon_z \cdot F(d_s)} = \frac{q \cdot P \cdot k \cdot l \cdot m}{\varepsilon_z \cdot F(d_s)} \tag{8}$$

gdzie:

- Q_0 – obciążenie sita [m^3/h],
- Q_{dop} – dopuszczalne obciążenie sita [m^3/h],
- Q_1 – wydajność produktu podsitowego [m^3/h],
- ε_z – skuteczność (zadana) przesiewania klasy 0 – d_s,
- $F(d_s)$ – udział ziaren klasy) 0 – d_s w nadawie,
- $F(d_s/2)$ – udział ziaren klasy) 0 – $d_s/2$ w nadawie,
- P – powierzchnia sita [m^2],
- q – wydajność jednostkowa sita [m^3/m^{2}h],
- k – współczynnik uwzględniający ilość ziaren klasy 0 – $d_s/2$ w nadawie,
- l – współczynnik uwzględniający ilość ziaren klasy d_s – d_{max} w nadawie,
- m – współczynnik dostosowujący obciążenie sita do żądanej skuteczności przesiewania.

Współczynniki k, l, m w literaturze są przedstawiane wyłącznie w formie tabelarycznej; w pracy (Malewski 1988) opisano je równaniami:

$$k = 3{,}38 \cdot F(d_s/2)^{2{,}41} + 0{,}45 \tag{9}$$

$$l = -0{,}523 \cdot (1 - F(d_s))^{1{,}8} + 1{,}05 \tag{10}$$

$$m = \varepsilon_z^{-2{,}5} - 0{,}13 \tag{11}$$

Wydajność jednostkową sita q wyprowadzono dla 90% skuteczności przesiewania i 60% klasy podsitowej w nadawie i wyrażono wzorem

$$q = 321 \cdot d_s^{0{,}783} \tag{12}$$

Metoda klasyczna nie zawsze gwarantuje uzyskanie dobrego wyniku. Zawodzi ona przede wszystkim w przypadku rozsiewania materiału na wąskie klasy ziarnowe w końcowych operacjach klasyfikacji. Naszą innowacją w tym zakresie jest metoda obliczania wydajności technicznej sita z uwzględnieniem ziaren trudnych

$$\alpha \cdot Q_0 \leq Q_{tech} = q \cdot P \cdot w_{zt} \cdot w_A \tag{13}$$

gdzie:

α = $F(d_s)$ – zawartość podziarna w nadawie,
q – jak wyżej [m^3/m^{2}h],
P – powierzchnia sita,
w_{zt} = $1 - (F(1{,}4 \cdot d_s) - F(0{,}7 \cdot d_s))$ – poprawka na ziarna trudne,
w_A = $A/0{,}5$ – współczynnik poprawkowy na prześwit sita,
A – współczynnik prześwitu sita (w praktyce 0,2–0,6).

Odrębnym zagadnieniem jest powiązanie skuteczności przesiewania z parametrami przesiewacza, składem ziarnowym nadawy i obciążeniem sita. Korzysta się z modelu sprawności przesiewania wąskiej klasy ziarnowej i sumowaniu wyników wg krzywej składu ziarnowego nadawy. Jest to bardzo ważny i złożony problem, którego wyjaśnienie wymaga szerszego omówienia; Więcej na ten temat można przeczytać w cytowanych publikacjach autora.

Tabela. Wyniki obliczenia powierzchni sita dla zadanego obciążenia Q_0, składu ziarnowego F_0 (d) oraz skuteczności przesiewania ε (0–ds)

Table. Results of screen surface calculation for the assigned load Q_0, size composition F_0 (d) and effectiveness of screening

Parametr	Metoda	
	Kone-Roxon	Malewski
Q_0 [m^3]	70	70
F (ds)	0,439	
F (ds/2)	0,333	
F (0,7· ds)		0,381
F (1,4 · ds)		0,455
ε_z	0,900	0,900
k	0,689	
l	0,865	
m	1,171	
q [m/h]	12,599	12,599
q (k, l, m)	8,798	
w_{zt}		0,926
w_A		0,800
q (w_{zt}, w_A)		9,330
P [m^2]	**3,496**	**3,297**

Przykład

Niech operacja przesiewania obciążona jest nadawą o natężeniu $Q_0 = 70$ [m^3/h] i rozkładzie ziaren nadawy $F(d)$ w punktach $d = 0{,}5\,d_s$, d_s, $0{,}7\,d_s$, $1{,}4\,d_s$ (tabela).

Według wzorów (8–13) wykonano obliczenia dwiema metodami, które w tym przypadku dają podobne rezultaty, ale druga wydaje się być bardziej racjonalna i pewniejsza w przypadku rozsiewania materiałów na wąskie klasy ziaren (Malewski 1988).

2.3. WYDAJNOŚĆ PRZENOŚNIKÓW

W przypadku przenośników taśmowych wydajność jednostkowa będzie po prostu ilorazem prędkości biegu taśmy i współczynnika rozluzowania ρ albo jeśli wyrazimy to w jednostkach masy na godzinę według wzoru 15.

$$q = \frac{v}{\rho} \ [m^3/\mathrm{h}] \tag{14}$$

lub

$$q = \frac{\gamma \cdot v}{\rho} \ [\mathrm{Mg/h}] \tag{15}$$

Bardziej złożonym zagadnieniem jest obliczenie powierzchni przekroju strumienia na taśmie. Przyjmując geometrię przekroju strumienia skały, jak na rysunku 2, powierzchnię tę można oszacować wzorem

$$P = \frac{B^2}{9} \cdot \left[\frac{1}{2}(n\cos\beta + \frac{1}{2}) \cdot (1 + 2n\cos\beta) \cdot \sin\sigma + n\sin\beta \cdot (1 + n\cos\beta) \right] \cdot \cos\alpha \tag{16}$$

gdzie:

α – kąt nachylenia przenośnika [rad]
β – kąt niecki krążników bocznych [rad]
σ – dynamiczny kąt naturalnego usypu kruszywa [rad]
ρ – współczynnik rozluzowania (~1,8)
B – szerokość taśmy
n ≈ 2/3

Na przykład, przyjmując obciążenie przenośnika $Q_0 = 210$ [m^3/h] (masa rozluzowana), współcz. rozluzowania materiału $\rho = 1{,}8$ oraz prędkość taśmy $v = 1{,}5$ [m/s], jednostkowa wydajność $q = 384$ [m/h] i gęstość nasypową materiału $\gamma = 1{,}6$ [t/m^3], $\alpha = 15°$, $\beta = 35°$, $\sigma = 22°$, $n = 2/3$ – otrzymamy powierzchnię przekroju P, skąd już łatwo obliczymy odpowiednią do obciążenia szerokość taśmy ze wzoru (15). W tym przykładzie dla $B = 0{,}8$ m, powierzchnia P wynosi 0,0687 m^2, a wydajność techniczna przenośnika 206 [m^3/h] lub 330 [t/h]. Dla porównania katalog Mifamy podaje dla takich parametrów wydajność 325 [t/h].

3. PODSUMOWANIE

Wydajności maszyn przeróbczych są podstawowymi informacjami w zagadnieniach projektowania układów technologicznych przeróbki kopalin. Informacje te, zawarte w katalogach producentów maszyn, są bardzo szacunkowe, niepewne i nie nadają się do optymalizacji parametrów systemów technologicznych, gdzie potrzebna jest znajomość zależności pomiędzy wydajnością maszyny, a jej parametrami i zmiennymi środowiskowymi, jak rodzaj skał, skład ziarnowy nadawy i obciążenie danej operacji. W prezentowanej pracy przedstawiono prosty model wydajności technicznej operacji kruszenia, przesiewania lub transportu traktowanych jako maszyny przepływowe, których wydajność zależy od podstawowego parametru technologicznego – wielkości otworu wylotowego, a który z kolei determinuje wielkość maszyny. Prostota tego modelu pozwala na jego wykorzystanie w mniej zawansowanych zadaniach projektowania i analizy systemów przeróbczych.

LITERATURA

ANDREJEV C.E., PIEROV V.A., ZWIERIEWICZ V.V., 1980, *Droblenie, izmielczenie i grochoczenie poleznych iskopajemych*, Niedra.

BANASZEWSKI T., 1990, *Przesiewacze*, Śląsk.

DIETRYCH J., 1962, *Teoria i budowa przesiewaczy,* Wyd. Górniczo-Hutnicze.

KATALOGI maszyn i poradniki Metso-Nordberg, Sandvik, Mifama, MFL.

MALEWSKI J., 1988, *Metody obliczania powierzchni sita*, Górnictwo Odkrywkowe nr 2–3.

MALEWSKI J., 1988, *Efektywność operacji przesiewania*, Górnictwo Odkrywkowe nr 5–6.

MALEWSKI J., 1990, *Modelowanie i symulacja systemów wydobycia i przeróbki skał*, Monografie nr 27, Oficyna Wyd. PWr., Wrocław.

MALEWSKI J., 2013, *Projektowanie schematów tchnologicznych przeróbki skał*, BMP, nr 6.

MATTHEWS C.W., 1969, *How to choose an effective screening system*, Rock Product, Vol. 72, No. 9.

RAZUMOV K.A., 1970, *Projektirovanije obogatitielnych fabrik*, Niedra.

SZTABA K., 2003, *Przesiewanie*, Katowice.

TAGGART A., 1954, *Handbook of Mineral Dressing*, J. Wiley and Sons Inc, N.Y.

EQUIPMENT SELECTION FOR THE AGGREGATES PROCESING

The paper presents some practical approach to capacity (yeld) prediction of the basic technological machinery for processing operations: crushing, screening and conveying. All machines assumed as throughput devices, and its capacity (yeld) defined as the simple relationship $Q = q \cdot P$, wherein the output flow Q depends on the discharge opening surface of the flow rate q and surface of outlet opening P. The value of the machine opening surface $P = Q_0/q$ at a given load Q_0 of processing operation leads to the basic machine parameters, like width of the inlet, sieve size and the width of the conveyor belt.