

MINISTERSTWO NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO
FEDERACJI ROSYJSKIEJ
BUDŻET PAŃSTWA FEDERALNEGO
INSTYTUCJA EDUKACYJNA
WYŻSZE WYKSZTAŁCENIE
ŁUGANSKA REPUBLIKA LUDOWA
„TECHNIKA STANU DONBAS
UNIwersytet”



Jako rękopis

LEWCZENKO EDUARD PIETROWICZ

PODSTAWY NAUKOWE ROZPRASZANIA SUROWCÓW
METALURGICZNYCH I ODPADÓW W TARCZOWYCH MASZYNACH KRUSZĄCO-MIELĄCYCH
O DZIAŁANIU KOMBINOWANYM

Specjalność 05.02.13 - Maszyny, urządzenia i procesy (wg branż y)

ABSTRAKCYJNY
na stopień naukowy
Doktor nauk technicznych

Alczewsk - 2023

Prace prowadzono w Federalnej Państwowej Instytucji Budżetowej Edukacji Wyższej Ługańskiej Republiki Ludowej „Donbasski Państwowy Uniwersytet Techniczny” Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Federacji Rosyjskiej

Konsultant naukowy:

Wiszniewski Dmitrij Aleksandrowicz
Doktor nauk technicznych, profesor nadzwyczajny
Federalna Państwowa Instytucja Budżetowa Edukacji Wyższej „Donbas Państwowy”
Wojskowa Akademia Techniczna, Rektor

Oficjalni przeciwnicy: Snitko Siergiej Aleksandrowicz

Doktor nauk technicznych, profesor
nadzwyczajny, Doniecki
Narodowy Uniwersytet Techniczny,
kierownik katedry
"Obróbka ciśnieniowa metali"
Bogdanow Wasilij Stepanowicz
Doktor nauk technicznych, profesor
Federalna Państwowa Instytucja Budżetowa Edukacji Wyższej „Biel gorodskij”
Państwowy Uniwersytet Technologiczny im.
V.G. Szuchowa",
Kierownik Katedry Urządzeń Mechanicznych

Nikitin Aleksander Grigoriewicz
Doktor nauk technicznych, profesor, Federalna
Państwowa Instytucja Budżetowa Edukacji Wyższej
„Syberyjski Państwowy Uniwersytet Przemysłowy”
Profesor Wydziału Inżynierii mechanicznej
Mechanicznej

Organizacja wiodąca:

Federalna Państwowa Instytucja Budżetowa Edukacji Wyższej „Ługańska Państwowa
Nowy Uniwersytet im. W. Dala”, Ługańsk

Obrona odbędzie się 1 grudnia 2023 r. o godzinie 13:00. na posiedzeniu rady rozprawy doktorskiej D 001.007.01 w Federalnej Państwowej Instytucji Budżetowej Edukacji Wyższej ŁRL „Donbasski Państwowy Uniwersytet Techniczny” pod adresem: 294204, ŁRL, Ałczewsk, prospekt Lenina, 16 (budynek główny), sala konferencyjna, tel. +7 (85742) 2-60-43, e-mail: info@dstu.education.

Rozprawę można obejrzeć w bibliotece naukowej Federalnej Państwowej Instytucji Budżetowej Wyższej Edukacji Ługańskiej Republiki Ludowej „Donbasski Państwowy Uniwersytet Techniczny” w czytelni pod adresem: 294204, Ługańska Republika Ludowa, Ałczewsk, ul. Leningradzka, 45a, tel. +7 (85742) 5-19-12, library@dstu.education. Streszczenie

wysłać „_____” 2023 r.

Sekretarz naukowy
rada rozprawy doktorskiej D
001.007.01



Kandydat nauk technicznych, profesor nadzwyczajny
Jewgienij Siergiejewicz Smekalin

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA UTWORU

Istotność tematu. Współczesna dynamika zrównoważonego rozwoju przemysłu metalurgicznego i budowy maszyn coraz częściej stawia na udoskonalanie i wdrażanie nowych technologii, charakteryzujących się zwiększoną koncentracją oddziaływania na przetwarzane materiały. W związku z tym, w celu stworzenia bardziej racjonalnych warunków przetwarzania surowców i odpadów metalurgicznych, konieczne jest opracowanie konstrukcji nowoczesnych maszyn krusząco-mielących (DIM).

O ile wcześniej projektowanie i rozwój DIM były ukierunkowane na zapewnienie priorytetowego oddziaływania na materiał jednej dominującej metody niszczenia, o tyle na obecnym poziomie rozwoju technicznego coraz większą uwagę zwraca się na stworzenie warunków dla skojarzonego oddziaływania, co zmniejsza park maszynowy i prowadzi do bardziej racjonalnych warunków obniżania kosztów energii potrzebnej do przetwarzania surowców.

Procesy kruszenia i mielenia materiałów w przemyśle światowym pochłaniają około 10% całej wytwarzanej energii. energii elektrycznej, co wpływa nie tylko na koszty materiałowe produkcji, ale także w znacznym stopniu przyczynia się do globalnego ocieplenia, które społeczność międzynarodowa uznaje za bardzo poważny problem rozwoju technologicznego ludzkiej cywilizacji.

Zwykle w przypadku powszechnie znanych i powszechnie stosowanych typów kruszarek i młynów stopień kruszenia, czyli stosunek wielkości materiału wyjściowego do wielkości produktu gotowego, średnio wynosi około 50 i w pojedynczych przypadkach praktycznie nie przekracza 100. Dlatego, aby ją zmniejszyć, należy stosować cały szereg maszyn o najróżniejszych zasadach działania. Przyjmuje się, że kruszenie przeprowadza się, jeżeli gotowy produkt ma wielkość większą niż 5 mm, zatem jeżeli wielkość cząstek na wyjściu z maszyny osiągnie wartość mniejszą niż 5 mm,

wówczas proces ten określa się mianem mielenia.

W kruszarkach tarczowych, ze względu na przeważające działanie sił tarcia na materiał, koszty energii potrzebnej do zniszczenia surowców osiągają wartości maksymalne (70-100 i więcej kWh/t), co stanowi główny czynnik ograniczający ich powszechne stosowanie. Jednym ze sposobów zwiększenia efektywności jest zastąpienie ścierania innymi, mniej energochłonnymi metodami niszczenia (cięcie, uderzanie, pękanie itp.). Rozwiązanie to jest realizowane w DIM o działaniu łączonym, gdzie zużycie energii podczas przetwarzania materiałów skalnych waha się od 3 do 10-12 kWh/t.

Maszyny kruszące o działaniu kombinowanym łączą w jednej konstrukcji zasadniczo kilka (zwykle dwie lub więcej) różnych metod przykładania sił niszczących do materiału, łącząc kilka klas różnych maszyn, co pozwala na udane połączenie wstępnego kruszenia, zapewnionego przez bardziej wydajny proces niszczenia, i końcowej kalibracji materiału, tj. mielenia. Ponieważ w procesie produkcyjnym w zakładzie metalurgicznym gromadzi się duża ilość złomu ogniotrwałego i żeluz metalurgicznego, a ponadto wymagane jest frakcyjne przygotowanie wapna, rudy żelaza i innych surowców, można je z powodzeniem zmielić na proszek pod wpływem skojarzonego działania sił niszczących.

Doskonalenie konstrukcji, metod badawczych i projektowania skojarzonego działania DIM na materiał zapewnia wzrost poziomu technicznego urządzeń kruszących i mielących pod względem zakresu prędkości obrotowych, wydajności, zużycia energii i jakości składu frakcyjnego produktu gotowego. Osiągnięcie to pozwoli na zaprojektowanie DIM o parametrach pracy umożliwiających efektywniejszą realizację łączonych metod rozpraszania materiałów poprzez łączenie kilku różnych maszyn w jednym urządzeniu.

W analizie i syntezie działania łączonego DIM najbardziej złożone i wzajemnie powiązane problemy naukowe i techniczne są teoretyczne uzasadnienie procesów pracy, zapewnienie określonej wydajności, opracowanie metod obliczeniowych oraz wpływ kształtu geometrycznego ciał roboczych na wydajność wyrobu gotowego. Aby zapewnić kompleksowe rozwiązanie tych problemów, DIM jest początkowo projektowany i badany jako pojedynczy obiekt, obejmujący komorę roboczą, napęd i elementy robocze w celu wytworzenia skojarzonych obciążeń niszczących na materiał. Opracowano zasady organizacji kształtu geometrycznego ciał roboczych, które wykorzystano przy tworzeniu nowej konstrukcji DIM, wykorzystującej łączone rodzaje oddziaływań na materiał za pomocą

organizację przede wszystkim oddziaływać, miażdżyć i przecinać ostateczne ukształtowanie wymaganego składu frakcyjnego gotowy produkt ulega ścieraniu podczas wychodzenia przez szczelinę pierścieniową.

Stopień rozwinięcia tematu. Dotychczasowe podejścia teoretyczne i eksperymentalne do projektowania maszyn kruszących i mielących charakteryzują się wysokim stopniem przewagi jednej metody niszczenia materiału. Dlatego też urządzenia takie charakteryzują się stosunkowo niskim stopniem rozdrobnienia (mielenia), a procesy technologiczne służące do ich uzyskania

Wymagana wielkość gotowego produktu wymaga wieloetapowej produkcji z wykorzystaniem dużej floty urządzeń, co zwiększa asortyment urządzeń oraz koszty energii potrzebnej do ich wykorzystania. Dlatego w tej pracy kruszarkę i mielarkę początkowo rozpatruje się jako pojedynczy obiekt, w którym te dwie funkcje są połączone, a jednym ze sposobów rozwiązania złożonego problemu połączonego niszczenia materiału jest geometryczny kształt ciał roboczych, który umożliwia prowadzenie procesów kruszenia w płaszczyźnie pionowej i w płaszczyźnie poziomej -

kruszenie za pomocą tych samych ciał roboczych, zamontowanych w jednej konstrukcji. Ponadto dotychczasowe metody analizy i syntezy dla warunków połączonego oddziaływania na materiał nie doczekały się spójnej generalizacji, systematyzacji i badań.

Opracowanie naukowych zasad dyspersji surowców i odpadów metalurgicznych w procesie skojarzonego rozdrabniania DIM nie spotkał o się praktycznie z zainteresowaniem przemysłu metalurgicznego. Jednakże pewne przesłanki można prześledzić aż do połowy lat 80. ubiegłego wieku, kiedy to np. w typowych konstrukcjach młynów tarczowych zaczęto je stosować

kilka odosobnionych prób połączenia różnych zasad superpozycji sił we wspólnej komorze roboczej maszyny (V.N. Altukhov, A.M. Zinchenko, P.P. Korolev, A.I. Pologovich, A.I. Svezhenets, A.N. Tumin, V.V. Shcherbak i inni). Jednakże takie rozłączne podejście nie pozwala na wystarczającą ocenę teoretycznych i praktycznych aspektów badanego problemu, nie pozwala na uzasadnione obliczenie parametrów działania DIM i opracowanie ich racjonalnych projektów. Prawie w ogóle nie poświęcono uwagi badaniom teoretycznym i praktycznym procesom dyspersyjnym, bazującym na łącznym oddziaływaniu na materiał; głównie brano pod uwagę jedynie projekty. Metody obliczeniowe

problemy z poprawą

Zużycie energii przez takie maszyny jest praktycznie zerowe.

Przedmiotem badań są procesy kruszenia i mielenia surowców i odpadów hutniczych w maszynach krusząco-mielących o działaniu kombinowanym oraz urządzenia do ich realizacji.

Przedmiotem opracowania jest projekt maszyny krusząco-mielącej o działaniu kombinowanym oraz podstawowe parametry energetyczne i technologiczne realizacji procesów kruszenia i mielenia surowców i odpadów hutniczych.

Cel i zadania badania. Celem pracy doktorskiej jest tworzenie naukowych podstaw do rozproszenia metalurgicznego surowce i odpady w działaniu łączonym DIM według uzasadnienia racjonalne warunki destrukcji, pozwalające na skuteczne połączenie

procesy kruszenia i mielenia w jednej maszynie. Aby osiągnąć założony cel, w pracy sformułowano następujące główne cele badawcze.

1. Przeprowadzić naukową analizę stanu problemu naukowo-technicznego kruszenia i mielenia materiałów, biorąc pod uwagę łączne oddziaływanie na materiał w kruszarkach tarczowych.

2. Dokonać syntezy fundamentalnie nowych metod i urządzeń służących stworzeniu warunków dla skoordynowanego oddziaływania na materiał, poprzez stworzenie warunków dla jego najlepszego zniszczenia.

3. Prowadzenie badań teoretycznych i eksperymentalnych procesu łącznego rozpraszania surowców metalurgicznych i odpadów w kombinowanym DIM w laboratorium i warunki produkcji.

4. Stworzyć metody obliczania cech konstrukcyjnych, warunków podawania materiału i zużycia energii dla wymaganej wydajności, aby uzasadnić moc silnika elektrycznego DIM o kombinowanym działaniu na materiał.

5. Przeprowadź badania eksperymentalne i testy projektu i technologia parametrów (wydajność, zużycie energii, skład frakcyjny produktu gotowego) łączzone działanie DIM dla surowców metalurgicznych i odpadów produkcyjnych.

6. Przeprowadzić badania działania skojarzonego DIM w warunkach produkcyjnych przy przeróbce surowców hutniczych i marnować.

7. Oceń efektywność ekonomiczną i wdroż DIM połączzone działanie w produkcji metalurgicznej.

Nowość naukowa.

1. Po raz pierwszy zaproponowano klasyfikację DIM opartą na priorytetowej metodzie przyklądania sił, warunkach podawania surowców i liczbie ruchomych części. dysków, częstotliwości obrotów dysków, położenia osi obrotu, liczby gniazd i konstrukcji dysków, zgodnie z którą DIM dysku

działanie łączne, łączące w sobie procesy niszczenia materiałów poprzez ścinanie i ścieranie, zalicza się do osobnej klasy.

2. Wyjaśniono proces podawania materiału do układu DIM z uwzględnieniem trajektorii jego ruchu i parametrów geometrycznych. maszyny i surowce.

3. Po raz pierwszy udowodniono zależność częstotliwości obrotów tarczy od promienia obrotu przy podawaniu materiału do strefy kruszenia po uderzeniu w powierzchnię boczne elementu roboczego.

4. Po raz pierwszy uzyskano zależność prędkości kątowej obrotu elementu roboczego od jego rozmiaru, aby zapewnić dogodne warunki do usuwania niezakleszczonych cząstek ze szczeliny.

5. Po raz pierwszy opracowano metodę DIM o działaniu łączonym określania wydajności w zależności od przepustowości szczeliny, promienia tarczy od promieniowego położenia na niej kawałka materiału oraz parametrów geometrycznych kruszonego materiału i tarczy.

6. Po raz pierwszy opracowano metodę obliczania parametrów energetyczno-mocowych jednoszczelinowe, kombinowane DIM, biorące pod uwagę całkowity efekt obciążenia uderzeniowego pochodzących od pionowo poruszającego się przepływu materiału z źródła owego, opór na skręcanie materiału w środku komory mielącej, opór na mielenie w wnękach kruszących i mielących, opór na tarcie w szczelinie szczelinowej oraz opór skrobaków rozdawczych.

Znaczenie teoretyczne i praktyczne pracy. 1. Proponowana klasyfikacja działania łączonego DIM

sprzysięga empirycznej akumulacji wiedzy do poziomu syntezy teoretycznej i prognoz rozwoju nowych konstrukcji takich maszyn.

2. Teoretycznie uzasadnione parametry załadunku surowców do komory roboczej Przestrzeń działania kombinowanego DIM, zapewniająca jego bezpośrednie wejście w strefę kruszenia, pozwoliła na koordynację parametrów geometrycznych i technologicznych urządzenia ładującego i DIM w celu efektywnego niszczenia materiału.

3. Uzyskana zależność częstotliwości obrotów dysku od promienia obrót podczas podawania materiału do strefy kruszenia po uderzeniu w powierzchnie boczne elementu roboczego pozwoliła na obliczenie trybów i wymiarów geometrycznych tarczy w celu obniżenia kosztów energii transport surowców wzdłuż powierzchni dysku od środka do środka destrukcyjna interakcja z ciałami pracującymi.

4. Uzyskana zależność prędkości kątowej obrotu elementu roboczego narządu o odpowiednich rozmiarach, mającego zapewnić dogodne warunki do usuwania niezakleszczonych cząstek ze szczeliny szczelinowej, pozwoliła teoretycznie uzasadnić sposoby technologiczne zapewniające warunki zwiększonej wydajności.

5. Opracowana metoda określania produktywności w zależności od przepustowości szczeliny, promienia tarczy, promieniowego położenia na niej kawałka materiału i geometrycznego parametry kruszonego materiału i tarczy pozwoliły nam na przeprowadzenie wstępnego obliczenia przypuszczalnego teoretycznego

wydajność maszyny uwzględniająca główne parametry procesu niszczenia materiałów.

6. Zaproponowana metoda wyznaczania parametrów mocy kruszarki jednogniazdowej o działaniu kombinowanym DIM pozwoliła na wyznaczenie całkowitego momentu oporu na wale elementu roboczego podczas procesu kruszenia i mielenia materiałów oraz określenie wymaganej mocy silnika elektrycznego.

7. Zastosowanie nowo opracowanych projektów DIM połączonych działaniem pozwala na zwiększenie stopnia rozdrobnienia surowców i odpadów metalurgicznych o 1,1...1,6 razy oraz zmniejszenie energochłonności procesu dyspersji o 1,9...6,3 razy.

8. Praktyczne wykorzystanie nowo opracowanych konstrukcji kombinowanego DIM pozwala na frakcyjne przygotowanie odpadów z cegieł ogniotrwałych w celu zaspokojenia potrzeb technologicznych w produkcji metalurgicznej. Współczynnik mielenia może osiągnąć 40. Zużycie energii w procesie dla głównych trybów pracy wynosi 3–10 kWh/t.

9. Efekt ekonomiczny zastosowania proponowanych rozwiązań skojarzonego oddziaływania DIM na materiał polega na zmniejszeniu parku maszynowego krusząco-mielącego dzięki równoczesnemu połączeniu procesów kruszenia i mielenia w jednej maszynie, co obniża koszty materiałowe związane z zakupem dodatkowych maszyn, koszty kapitałowe i konserwację. Łączny efekt ekonomiczny wdrożenia wyniósł 21,650 mln rubli. (1,57 mln RUB w cenach z końca 2020 r. i 20,08 mln RUB w cenach z końca 2022 r.).

Metodyka i metody badawcze: w celu osiągnięcia celów i zadań rozprawy przeprowadzono szereg badań teoretycznych z wykorzystaniem analizy (przy badaniu stanu problemu kruszenia i mielenia materiałów), uogólnienia i rozwoju osiągnięć naukowo-technicznych w dziedzinie kruszenia i mielenia materiałów z wykorzystaniem poszczególnych postanowień mechaniki teoretycznej (przy przeprowadzaniu analizy energetycznej i kinematycznej pracy maszyny krusząco-mielącej) oraz analizy matematycznej (przy konstruowaniu modeli matematycznych dyspersji materiałów) i rachunku różniczkowego (przy ocenie pracy szczeliny szczelinowej), metod analizy geometrycznej (przy określaniu racjonalnego kształtu wnętrza krusząco-mielącej elementu roboczego); metody syntezy i inżynierii kreatywności (w opracowywaniu fundamentalnie nowych metod i urządzeń do skojarzonego oddziaływania na materiał); metody projektowania i budowy (w rozwoju i tworzeniu nowych projektów DIM).

Do metod eksperymentalnych służących do badania procesu szlifowania zalicza się:

modelowanie fizyczne i wykorzystanie teorii przewodnictwa
projektowanie wieloczynnikowe i eksperymenty jednoczynnikowe. Przy opracowywaniu wyników eksperymentów laboratoryjnych i produkcyjnych zastosowano metody analizy i matematyczno-statystycznego przetwarzania danych, wykorzystując kryteria Studenta, Cochra i Fishera.

Postanowienia przedstawione do obrony:

— maszyny do rozpraszania materiałów, w których elementem wykonawczym jest obracający się dysk z wewnętrznymi wypustkami, w którym proces niszczenia realizowany jest przez łączenie ścinania i ścierania, należy klasyfikować jako dyskowe DIM;

— w celu zapewnienia centralnego uderzenia i podania surowca do strefy styku z powierzchnią roboczą górnego występu tarczy, różnica w poziomej odległości między osią pionową a punktem przecięcia z trajektorią przedmiotu oraz poziomej odległości między osią pionową DIM a punktem oddzielenia materiału od podajnika musi być mniejsza niż połowa rozmiaru pierwotnego przedmiotu;

— częstotliwość obrotów elementu roboczego kruszarki o działaniu kombinowanym, przy której praca sił tarcia jest minimalna, jest zależna potęgowo o wykładniku 0,5 od wysokości spadania materiału i jest odwrotnie proporcjonalna do promienia i współczynnika tarcia kruszonego materiału u

materiału po materiale dysku;

— centralne oddziaływanie na fragment materiału u w kombinowanym działaniu DIM na występy elementu roboczego można uzyskać, zapewniając współczynnik warunków penetracji materiału u w strefę roboczą występow tarczy $K\alpha < 0$, co pozwala na obniżenie energii zniszczenia;

— metoda wyznaczania momentów oporu na wale elementu roboczego kruszarki kombinowanej oparta na modelu matematycznym oddziaływania sił tarcz na kruszony materiał, umożliwiając wyznaczanie momentu całkowitego z uwzględnieniem oddziaływania obciążeni udarowych przez pionowo poruszający się przepływ materiału u początkowego

materiału, odporność na skręcanie materiału u w środku komory

kruszenie, odporność na kruszenie przy kruszeniu i mieleniu

wnęki, opór tarcia w szczelinie i opór

skrobaki różnorodowe.

Zgodność z paszportem specjalnościowym - obszar badań odpowiada punktom 1, 3, 5 paszportu specjalnościowego 05.02.13 - Maszyny, urządzenia i procesy (wg gałęzi przemysłu).

Stopień wiarygodności i walidacji wyników stwierdzeń i wniosków naukowych opiera się na wykorzystaniu powszechnie znanych

metody analizy matematycznej, mechaniki teoretycznej, wytrzymałości materiałów i części maszyn; poprawność założeń

modelowanie matematyczne; potwierdzenie głównej tezy teoretycznej

dostarczanie danych z badań eksperymentalnych na modelach fizycznych (w tym w wyniku badań wieloczynnikowych) i prototypów (badań rzeczowych) o łącznym oddziaływaniu na materiał; wykorzystując sprawdzony sprzęt pomiarowy; stabilna powtarzalność uzyskanych wyników.

Wartości liczbowe odchyłek danych obliczeniowych i eksperymentalnych nie przekraczają 15,8%. Przy konstruowaniu eksperymentalnych zależności graficznych niezawodność aproksymacji mieści się w przedziale od 14% do 0,1%.

Wartość tabelaryczna kryterium Cochra $G_{\tau} = 0,3$, wartości obliczeniowe $G_{y1} = 0,2$, $G_{y9} = 0,29$; wartość tabelaryczna kryterium Studenta $t_{\tau} = 4,303$, szacunkowo $F_{1p} = 2,737$, $F_{2p} = 0,997$.

Główne wyniki rozprawy zostały przedstawione, omówione i uzyskały pozytywną ocenę na Międzynarodowej korespondencyjnej konferencji naukowo-praktycznej „Matematyczne i eksperymentalne modelowanie procesów fizycznych” (2016 r. - Birobidżan);

Międzynarodowa konferencja naukowo-praktyczna „Priorytetowe obszary rozwoju nauki, inżynierii i techniki” (2016 — Kemerowo); na I, III, IV, V, VI międzynarodowych konferencjach naukowo-technicznych DonSTU

„Sposoby udoskonalania procesów technologicznych i urządzeń do produkcji przemysłowej” (2016, 2018–2021 — Ałczewsk);

Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna poświęcona 50-leciu wydziału „Metalurgicznych Kompleksów Maszyn” (2016 – Ałczewsk); III, VI, VII Międzynarodowe konferencje naukowo-praktyczne

„Innowacyjne technologie projektowania, wytwarzania i eksploatacji maszyn i urządzeń przemysłowych” (2017, 2020, 2021 -

Donieck); Międzynarodowa naukowo-techniczna konferencja internetowa „Aktualne problemy mechaniki płynów”, poświęcona 60. rocznicy powstania Katedry Hydrogazydinamiki Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej Ługańskiego Uniwersytetu Narodowego im. W. Dalii (2017 – Ługańsk); Międzynarodowa konferencja naukowa „Badania podstawowe i stosowane: problemy i wyniki” (2017 — Trekhgorny); IV

interdyscyplinarne forum naukowe z udziałem międzynarodowym „Nowe materiały i zaawansowane technologie” (2018 — Moskwa);

Międzynarodowa konferencja naukowo-praktyczna „Aktualne problemy metalurgii żeliwa i stali” (2020 - Ałczewsk); XII Międzynarodowa Młodzieżowa Konferencja Naukowa „Planeta jest naszym domem” (2020 - Ałczewsk); jubileusz Międzynarodowych Targów Naukowo-Technicznych

konferencja „65 lat DonGTI. Nauka i praktyka. Aktualne problemy i innowacje” (2022 – Alczewsk); IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Praktyczna „Perspektywy rozwoju mechanizacji, elektryfikacji i automatyzacji produkcji rolnej” (2022 - Czeboksary).

Wyniki badań wdrożono w kruszarce kombinowanej wykorzystywanej do przetwarzania odpadów ogniowatych w Oddziale nr 1 Południowych Zakładów Metalurgicznych w Alczewsku, a zalecenia dotyczące konstrukcji i produkcji kruszarki przekazano do wykorzystania w Zakładzie Kruszarki Stali LTD (Alczewsk). Całkowity roczny efekt ekonomiczny wynosi 21 650 tysięcy rubli.

Niektóre ustalenia rozprawy są wykorzystywane w procesie dydaktycznym na wydziałach „Mechanizmów Kompleksowych Hutniczych” i „Hydromechaniki Stosowanej” Wydziału Produkcji Metalurgiczno-Mechanicznej, a także na wydziale „Ekologii i Bezpieczeństwa Życia” Wydziału Górniczego Federalnej Państwowej Instytucji Budżetowej Szkolnictwa Wyższego IRL „DonSTU”.

Publikacje. Na podstawie materiałów rozprawy opublikowano 70 prac naukowych i 1 podręcznik ze stemplem Ministerstwa Edukacji Narodowej i Nauki LPR, w tym 5 monografii, 22 artykuły w recenzowanych wydawnictwach naukowych rekomendowanych przez Wyższą Komisję Atestacyjną przy Ministerstwie Edukacji Narodowej i Nauki LPR do publikacji głównych wyników rozpraw, 21 sprawozdań na konferencjach naukowych, 20 patentów i certyfikaty praw autorskich.

Struktura rozprawy. Rozprawa składa się ze wstępu, siedmiu rozdziałów, wniosków, sześciu załączników i spisu literatury. Praca została przedstawiona na 395 stronach maszynopisu, z czego 311 stron stanowi tekst główny, a 87 stron stanowi tekst

stron załączników, zawiera 112 rycin (z czego 19 stron zajmują wyłącznie ryciny) i 18 tabel (z czego 1 strona zawiera wyłącznie tabele). Bibliografia obejmuje 239 źródeł, zamieszczonych na 29 stronach.

TREŚĆ PRACY

Wstęp uzasadnia aktualność tematu rozprawy, przedstawia jego ogólną charakterystykę, formułuje cel i zadania do rozwiązania. Wskazano najważniejsze postanowienia dotyczące nowości naukowej, znaczenia naukowego i praktycznego pracy oraz postanowienia przedstawione do obrony.

W rozdziale pierwszym przeanalizowano aktualny stan wiedzy naukowej i technicznej dotyczącej kruszenia i mielenia materiałów, główne rodzaje maszyn i metod niszczenia stosowanych w metalurgii do przetwarzania surowców i odpadów produkcyjnych, a także zalety stosowania skojarzonego działania DIM na materiał. Duży wkład w rozwój

Do teorii i praktyki dyspersji materiałów przyczynili się: S.E. Andriejew, L.I. Baron, V.S. Błochin, W.S. Bogdanow, I.K. Boriskin, W.J. Borszczew, W.I. Bolszakow, V.A. Volkovsky, V.N. Gonczarow, V.A. Eliseev, L.V. Zhoga, B.V. Klushantsev, A.I. Kondratow, A.D. Lynch, W.I. Makarow, N.G. Malich, D.V. Markov, Yu.A. Muzeum, V.A. Olevsky, G.N. Oskalenko, V.A. Perow, Yu.V. Pozhidaev, R.A. Rodin, K. F. Rodattis, A.I. Rublow, I.A. Semikopenko, E.E. Sergo, P.M. Sidenko, N.I. Sokur, W.V. Tovarow, S.A. Nauczyciel, W.A. Fiodorow, G.S. Chodakow i inni.

Ujawniono, że praktycznie nie poświęcono uwagi problematyce badań naukowych nad maszynami DIM o działaniu kombinowanym, z rzadkim wyjątkiem pojedynczych wąskich zagadnień, które nie uwzględniają pełnego zakresu tworzenia podstaw teoretycznych dla eksploatacji takich maszyn, a w znanych źródłach w zasadniczo rozważano jedynie drobne ulepszenia pojedyncze struktury.

Na podstawie przeprowadzonej analizy stanu problemu udoskonalono ogólną klasyfikację i strukturę głównych maszyn kruszących i mielących stosowanych w metalurgii.

Rozważono wyposażenie i główne sposoby jego obliczania, ujawniono, że młyny tarczowe nie otrzymują znaczącej uwagi, mimo że Na tej podstawie można w prosty sposób tworzyć maszyny o działaniu kombinowanym, które są w stanie zastąpić wysokoenergetyczne metody rozdrabniania surowców w komorze roboczej metodami mniej energochłonnymi, zmniejszając tym samym liczbę jednostek urządzeń kruszących o wymaganym stopniu rozdrobnienia i jednostkowym zużyciu energii (rys. 1).



Rysunek 1 - Zakres dyspersji różnych maszyn

Moż na to osiągnąć poprzez zmianę konstrukcji wewnętrznych wnęk korpusów roboczych kruszarek tarczowych, w których zdecydowana większość materiału jest kruszona w płaszczyźnie pionowej ze względu na mniejsze zużycie energii w wyniku uderzeń, ścinania i pęknięcia oraz wysoką intensywność energetyczną ścierania stosuje się w minimalnym stopniu tylko na etapie końcowym etapie bezpośrednio po wypuszczeniu gotowego produktu.

Przeprowadzona analiza wykazała duże perspektywy modernizacji maszyn typu tarczowego w celu zorganizowania w nich wieloetapowego niszczenia materiałów, co przyczynia się do zmniejszenia parku maszynowego innych typów oraz obniżenia kosztów przerobu surowców.

Rozdział drugi przedstawia syntezę metod i środków działania skojarzonego oraz opisuje perspektywy ich rozwoju. Podano główne właściwości DIM stosowanego w metalurgii i opisano warunki konieczne do wytworzenia całkowicie nowego DIM. Na tej podstawie, a także na podstawie wcześniej poznanych odmian podobnych maszyn, zaproponowano ich nową klasyfikację.

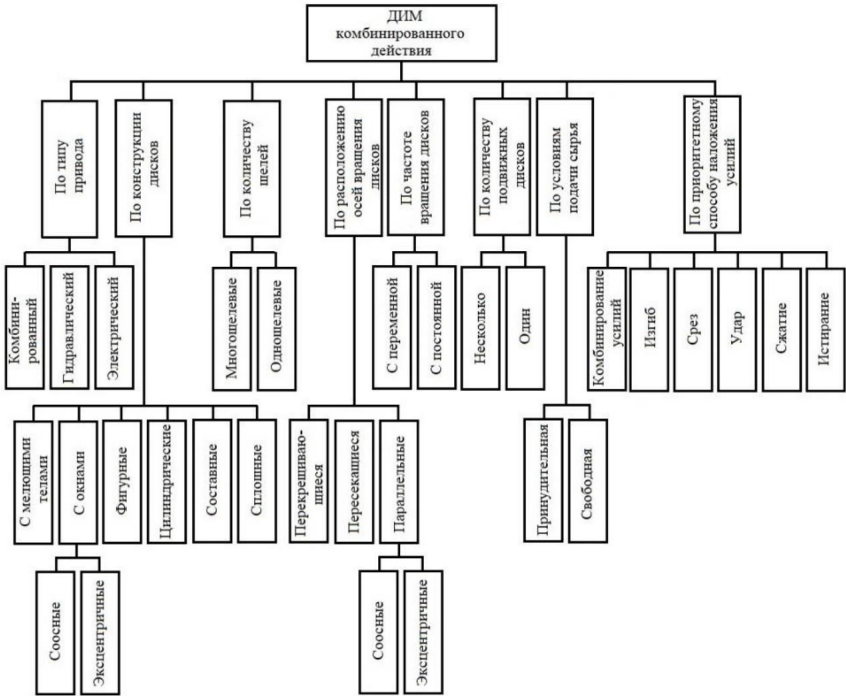


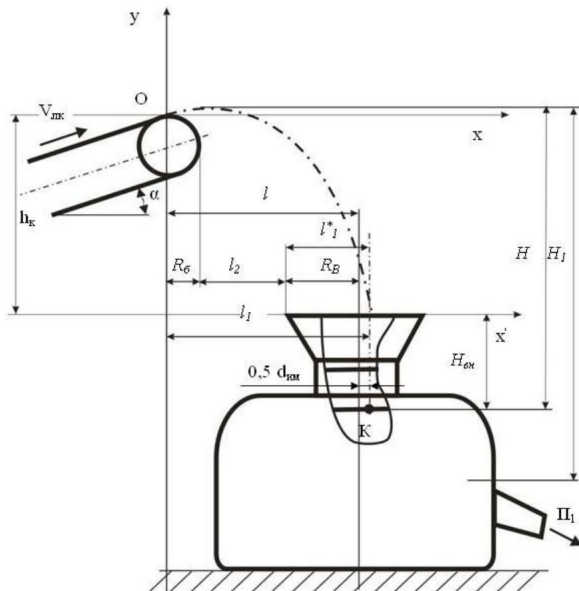
Рисунок 2 – Классификация действия скоординированного DIM

Biorąc pod uwagę, że klasyfikacja maszyn dyskowych jest praktycznie nieobecna, proponuje się klasyfikację maszyn DIM o działaniu kombinowanym na podstawie cech konstrukcyjnych organów roboczych, zgodnie z którą maszyny DIM o działaniu kombinowanym łączą procesy niszczenia

materiału i poddane ścinaniu i ścieraniu są traktowane jako oddzielne klasy.

Na podstawie macierzy opcji dla 19 całkowicie nowych projektów maszyn uzyskano efekt technologiczny, jaki zapewnia jedno lub drugie schematyczne wykonanie. Przedstawiono praktykę syntezy tworzenia warunków do samorozdrabniania materiałów w DIM (2 wynalazki), intensyfikacji ruchu materiału wewnątrz komory roboczej (11 wynalazków), dodatkowego tworzenia warunków ścinania (3 wynalazki) oraz tworzenia kombinowanego DIM (3 wynalazki).

W rozdziale trzecim przedstawiono wyniki teoretycznego uzasadnienia procesów eksploatacji DIM: przeanalizowano zagadnienia podawania surowców do DIM najczęściej stosowanymi metodami, tj. taśmociągami (rys. 3), przenośnikami wibracyjnymi oraz ze zbiornika.



Rysunek 3 – Schemat załadunku materiału do DIM

W tym przypadku ruch ciała poruszającego się pod kątem α do horyzontu jest opisany układem równań:

$$V_0 = \frac{X_0 \sin \alpha}{g t^2} \quad (1)$$

gdzie V_0 jest początkową prędkością kawałka oryginalnego materiału w punkcie O.
 t — czas ruchu.

Aby zapewnić centralne uderzenie i wprowadzić surowiec bezpośrednio do strefy styku z krawędzią roboczą występu tarczy górnej musi być spełniony następujący stosunek:

$$5.0 \quad d_{11} \quad (2)$$

gdzie l jest odległość osi poziomą między pionową osią geometryczną kruszarki a punktem, w którym następuje odłamanie się kawałka materiału u ;

l_1 to odległość osi pozioma między osią y a punktem przecięcia z trajektoria środka geometrycznego kawałka materiału u wewnątrz obrabianego przedmiotu.

kamery samochodowe;

DIM — rozmiar materiału u .

$$\frac{W_0 W_0 \sin 2\alpha}{G} \sqrt{\frac{22}{h_g H_w}} \quad 5.0 \quad D_{11} \quad (3)$$

Prędkość i wydajność taśmy z uwzględnieniem głównych parametrów geometrycznych DIM i początkowy rozmiar materiału u :

$$V_{OK} = \frac{5.0 \cdot g R_d}{\sqrt{2} \cdot H_h h_h} \cdot Q_k \cdot FV3600_{OK} \quad (4)$$

gdzie R_6 jest promieniem bębna przenośnika uwzględniającym grubość taśmy;

g — przyspieszenie grawitacyjne;

h_k — odległość osi pionowa od punktu oderwania kawałka materiału u od taśmy przenośnik do górnej płaszczyzny lejka ładowczego kruszarki;

H_{Hh} — odległość osi od szyjki lejka ładowczego do dysku roboczego;

F — powierzchnia przekroju materiału u na taśmie;

ρ_h — gęstość objętościowa materiału u pierwotnego.

Na podstawie twierdzenia o zmianie pędu, częstotliwości obrót, przy którym wartość pracy sił tarcia będzie równa zeru:

$$= \frac{2}{\dots} \quad (5)$$

R jest promieniem obrotu cząstki;

f — współczynnik tarcia;

H jest wysokością, z jakiej spada cząstka.

Wydajność według przepustowości szczeliny;

$$Q = A \cdot P \cdot (z + z') \cdot P(z), \quad (6)$$

gdzie $A = (\pi) \cdot 3600 \cdot \delta \cdot v$;

δ jest średnicą wewnętrzną dysku;

P jest całkowitym prawdopodobieństwem cząstek o minimalnej min, średniej

środkowej i maksymalnej odległości szczeliny;

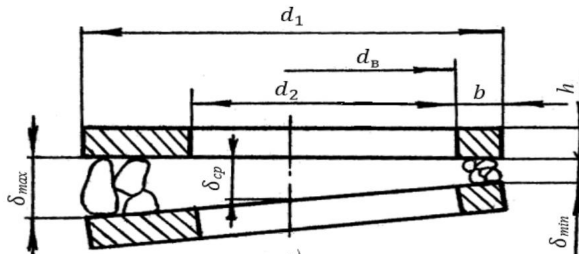
W, W — prędkości cząstek podczas ruchu z zaciskiem i bez zacisku;

δ , δ_z — względna długość okręgu, w którym zachodzi proces

odpowiednio ruch cząstek w ruchu nieskrępowanym i w ruchu ze skręceniem;

P(V) to prawdopodobieństwo wypełnienia jednostki objętości cząsteczkami.

Nowy samochód i samochód, który pracował przez pewien okres czasu, mają brak szczeliny spowodowany niemożnością idealnego wykonania i montażu dyski (rys. 4).



Rysunek 4 – Wpływ bicia szczeliny

W przepływie losowym ruch cząstek mniejszych, poruszający się w warstwie od większych wyprzedza je w ruchu promieniowym, ponieważ nie mają one wymuszonych poślizgów kołowych spowodowanych ściskaniem między tarczami. Rozwiązując układ równań różniczkowych ruchu cząstek pomiędzy elementami roboczymi ustalono, że aby zapewnić warunki odciążenia cząstek nieuwięzionych, częstotliwość obrotów musi być większa od:

$$n = \frac{30}{2} \cdot \frac{1}{f_2} \quad (7)$$

gdzie f_2 jest współczynnikiem oporu bocznego między cząstkami;

a jest długością drogi cząstki od środka obrotu do obwodu;

g jest przyspieszeniem grawitacyjnym.

d — długość ścieżki, wzdłuż której cząstka zostanie zniszczona w strefie ściskania:

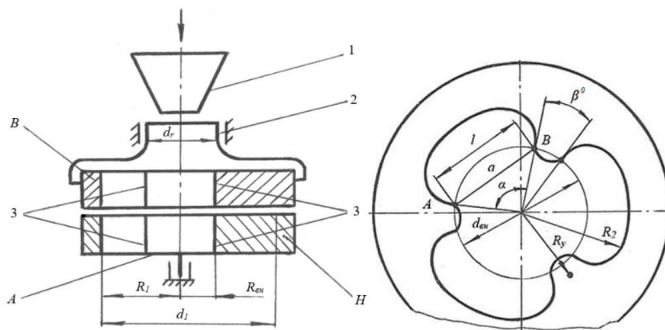
$$= \frac{(\quad +) \quad (4 \quad 1 + \quad 2)}{(\quad 1 \quad 2 \quad)} \quad (8)$$

gdzie σ jest naprężeniem niszczącym przy ściskaniu;

E_1 i E_2 to moduły sprężystości dysków 1 i 2, odpowiednio;

R to promień, przy którym cząstka jest ściskana.

Rozdział czwarty bada definicję głównych parametrów DIM, które mają łączny wpływ na materiał. Opisano geometrię komory roboczej i dysków (rys. 5), charakteryzując procesy niszczenia w płaszczyźnie pionowej.



1 – lejek załadowczy; 2 – szysza; 3 – dyski (B – górny, H – dolny)

Rysunek 5 – Diagram DIM i projekt dysku

Jeżeli współczynnik warunków penetracji materiału do strefy roboczej występow tarczy wynosi $K_a = 0$, wówczas rozmiary fragmentów materiału pierwotnego są równe lub większe od rozmiarów luzu, co nie dopuszcza do zniszczenia udarowego. Dlatego należy unikać takich warunków.

$$= 1 \frac{\text{ich}}{w \left(\frac{360^\circ}{2} \right)} \quad (9)$$

Gdzie θ — kąt środkowy między promieniami, którego znajdują się skrajne krawędzie projekcji;

N^* — liczba projekcji w elemencie roboczym.

Całkowity moment oporu materiału pierwotnego przy przetwarzanie w komorze mielącej jest określone wzorem:

$$M_s = M_{\text{oto}} + M_{\text{Góry}} + M_{\text{osn}} + M_{\text{sh}} + M_{\text{sk}}, \quad (10)$$

gdzie M_d jest oporem momentu obrotowego wynikającym z działania obciążeń uderzowych, powstaje w wyniku pionowego przepływu materiału z źródła owego;

M_{Ω} — moment oporu przy skręcaniu słupa walcowego materiału umieszczony w centrum komory mielącej;

M_{osn} — opór materiału na kruszenie w komorach kruszących i mielących (moment gwałtowny);

M_{sh} to moment oporu tarcia i ścierania płaszczyzny szczeliny;

M_{sk} jest momentem oporu gotowego produktu na ruch skrobaki rozładunkowej.

$$B_{oto} = 1,234 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{2}{\text{int}} \right)^2, \quad (11)$$

gdzie jest liczbą odstępów między wystęgami elementu roboczego;

$x = \text{дим}$ — rozmiar oryginalnego materiału;

n — częstotliwość obrotów elementu roboczego.

$$M_{\Omega} = \frac{(2h + \frac{3}{W})}{24}, \quad (12)$$

gdzie h jest wysokością (grubością) dysków, uwzględniając wielkość odstępu δ między nimi;

$\frac{3}{W}$ — ciężar właściwy materiału;

f — współczynnik tarcia.

$$M_{osn} = K_{ur} \cdot \frac{(\frac{2}{\text{ich}} - W)^2}{2} \cdot \frac{3}{\frac{2}{\text{ich}}} \cdot \frac{(\frac{\text{św.}}{\text{ich}} - \text{ich})^2}{((\frac{\text{św.}}{\text{ich}} - \text{ich}) + 1)}, \quad (13)$$

gdzie K_{ur} jest współczynnikiem warunków zniszczenia;

$\frac{3}{W}$ — liczba destrukcyjnych wnek w parze roboczej (zwykle $\frac{3}{W} = 3$);

σ — naprężenie normalne;

Y_{eim} i E_{st} to odpowiednio moduł Younga materiału rozdrobnionego i stali, z której wykonany jest element roboczy.

$$M_{sh} = \frac{\frac{2}{pr} \cdot (\frac{2}{\text{ich}} - \frac{2}{\text{ich}}) \cdot (\frac{1}{\text{ich}} + \frac{2}{\text{ich}}) \cdot (\frac{\text{św.}}{\text{ich}} - \text{ich}) \cdot (\frac{\text{św.}}{\text{ich}} + \text{ich})}{19}. \quad (14)$$

gdzie jest wytrzymałość materiału na ściskanie;

δ_{min} i δ_{max} to odpowiednio minimalna i maksymalna przerwa

przerwa między dyskami.

$$\sigma_{sk} = 0,175 \cdot \frac{2}{h_{sk}} \cdot \frac{1}{[2 + \frac{2}{900} \cdot (1 + 0,5 \cdot \frac{1}{\text{ich}})] \cdot (1 + 0,5 \cdot \frac{1}{\text{ich}})}, \quad (15)$$

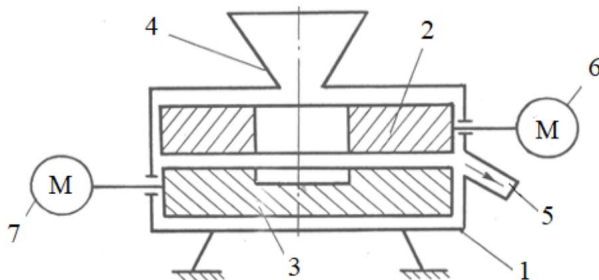
gdzie h_{sk} jest wysokością skrobaka;

b_{sk} — szerokość skrobaka;

b_1 — szerokość warstwy zeszkrobanej.

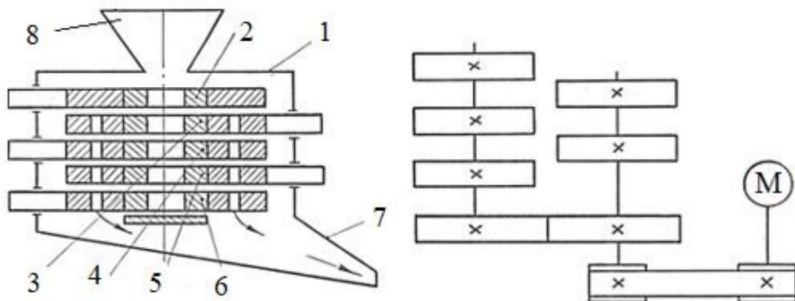
Opracowana metoda pozwala na określenie energii charakterystyki napędu przy wymaganej wydajności DIM.

Rozdział piąty przedstawia dokumentację i materiałną podstawę realizacji eksperymentów, opisuje schematy i projekty DIM z pojedynczą szczeliną (rys. 6) i wieloma szczelinami (rys. 7) oraz procedurę przeprowadzania badań jednoczynnikowych i wieloczynnikowych.



1 — ciało o; 2, 3 — dyski; 4 - lejek; 5 - ciepł o; 6, 7 — silnik

Rysunek 6 – Schematyczny diagram eksperymentalnej konfiguracji pojedynczego gniazda DIM



1 — ciało o; 2-6 — krąż ków; 7 - ciepł o; 8 - lejek zał adowczy

Rysunek 7 – Ukł ad i schemat kinematyczny wielogniazdowego modułu DIM

Dostarczane są niezbędne dane do statystycznego opracowania uzyskanych wyników z wykorzystaniem kryteriów Cochra i Fishera. Opisano bazę instrumentalną eksperymentów, która ma na celu zapewnienie niezbędnych warunków do zmiany parametrów i określenia wartości liczbowych badanych czynników.

W rozdziale szóstym przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych jednego (średnica tarczy 100 mm, szczelina od 1 do 3,5 mm) oraz wielogniazdowe modele DIM o łączonym oddziaływaniu na materiał. Kruszenie tłuucznia o frakcji początkowej 13-5 mm w jednogłzdelinowym urządzeniu DIM wykazało, że wraz ze wzrostem częstotliwości obrotów elementów roboczych z 300 obr./min do 500 obr./min wydajność i zużycie energii wzrosły z 50 kg/h do 70 kg/h. Gotowy produkt zawiera do 10% cząstek o rozmiarze większym od średnicy szczeliny. Podczas przetwarzania rudy żelaza, wapienia hutniczego, żużli odpadowego i odpadów betonowych z korpusami roboczymi ze stali Hadfielda (110G13L) średnie zużycie wynosiło 0,9 kg/t (przy wielkości szczeliny $\delta=1$ mm), 0,67 kg/t ($\delta=3$ mm) i 0,53 ($\delta=6$ mm) odpowiednio, a z żeliwa białego 0,47 kg/t ($\delta=1$ mm), 0,34 kg/t ($\delta=2$ mm), 0,23 kg/t ($\delta=3$ mm). Jednostkowe zużycie energii podczas obróbki wapienia wynosiło 9,4 kWh/t ($\delta=1$ mm), 8,6 ($\delta=3$ mm), 0,49 ($\delta=6$ mm).

Żużel odpadowy i odpady betonowe zostały zmielone na frakcję 2,0-2,5 mm, po czym przygotowano mieszankę betonową do produkcji próbek doświadczalnych, w której piasek kwarcowy zastąpiono żużlem odpadowym i odpadami betonowymi. Jednocześnie ustalono, że można zaoszczędzić droższy cement (do 10%) i piasek kwarcowy (do 40%), nie obniżając przy tym właściwości wytrzymałościowych nowo otrzymanego betonu.

Wykorzystanie wielowymiarowego projektowania eksperymentów uzyskano równania regresji dla zużycia tej mocy:

$$= 3,626 + 0,403 n_n + 0,424 n_v + 2,035 P + 1,035 \quad (16)$$

$$-1,283 + 0,578 \quad 0,716 + 0,312 + 0,285 \quad 1;$$

i wydajność pojedynczego gniazda DIM:

$$= 0,326 + 0,036 n_2 + 0,076 n_n + 0,039 n_v + 0,074 + \quad (17)$$

$$+ 0,034 + 0,124 + 0,0425 \quad 2,$$

gdzie R_2 jest promieniem wewnętrznym dysku roboczego;

n_n — częstotliwość obrotów dolnego dysku;

n_v — częstotliwość obrotów górnego dysku;

F jest parametrem charakteryzującym kształt części roboczych dysku;

σ — graniczna wytrzymałość na ściskanie rozkruszonego materiału;

E jest modułem Younga rozdrobnionego materiału;

b — szerokość wnęki szczelinowej;

H jest całkowitą wysokością dwóch dysków z przerwą;

$d=d_{\text{DIM}}$ — średnica kawałków materiału pierwotnego;

$\Delta X_1, \Delta X_2$ — odpowiednio dodatkowe współczynniki korekcyjne

moc i wydajność.

Zmniejszenie wartości N przy wzroście modułu sprężystości materiału oznacza, że materiał jest mniej sprężysty i jest bardziej kruchy i łatwiej ulega zniszczeniu mechanicznemu w maszynach badanego typu. Zwiększenie współczynnika Q pozwala na zmniejszenie zużycia energii w procesie niszczenia, co potwierdza wnioski z wcześniej przeprowadzonych badań teoretycznych.

Badania eksperymentalne przeprowadzono na wieloszczelinowym urządzeniu DIM o średnicach wymiennych elementów roboczych 75 i 100 mm z odstępami międzyszczelinowymi od 1 do 3,3 mm i różną liczbą zamontowanych elementów roboczych, co ograniczało liczbę szczelin odciążających. Materiał wyjściowy (kruszony kamień) został rozdrobniony na frakcje 13–5 mm i 20–13 mm.

Stwierdzono, że wraz ze wzrostem prędkości obrotowej wzrasta wydajność maszyny i zużycie energii. Największy wpływ na wydajność ma liczba wirujących ciał roboczych, która wzrasta wprost proporcjonalnie do liczby trzech ciał roboczych, a zwiększenie liczby ciał roboczych do czterech świadczy o naruszeniu zasady proporcjonalności wpływu. W miarę zwiększania się rozmiaru szczeliny

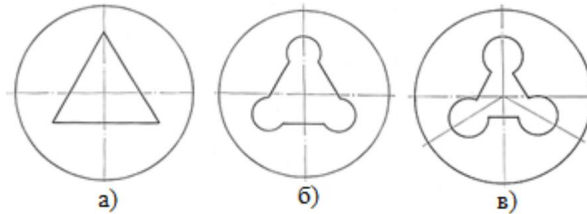
Wydajność maszyny wzrasta, a zużycie energii maleje.

Wyniki testów pokazują, że wszystkie charakterystyki wielkości cząstek dla danego rozmiaru szczeliny są bardzo zbliżone i wykazują słabą zależność od innych parametrów. Zatem wraz ze wzrostem wielkości materiału źródła owego następuje nieznaczne zwiększenie składu frakcyjnego produktu końcowego. W procesie analizy wyników wpływu kształtu otworu wewnętrznego elementu roboczego (rys. 8) ustalono, że przejście

kształtu z trójkątnego na kształt z kieszeniami okrągłymi (płatkowy) ma istotny wpływ. Przy tej samej wielkości obwodu wydajność zmieniła się przy $n=15\text{ s}^{-1}$ (900 obr./min) od 18 do 60 kg/h, a przy częstotliwości $n=23,3\text{ s}^{-1}$ (1400 obr./min) różnica była istotna od 20 do 120 kg/h.

Charakterystyczną cechą gotowego produktu jest obecność do 10% cząstek przekraczających wymiary szczeliny. W miarę zwiększania się wielkości materiału źródła owego spada wydajność i rosną koszty energii. Ten

jest zgodne z założeniem, że biorąc pod uwagę wielkość materiału wyjściowego, w miarę wielkości szczeliny energia jest przeznaczana głównie na ruch i dynamika procesu mają na celu uwolnienie materiału z spękania. Wydajność waha się od 100 do 400 kg/h.



a) kształt trójkątny; b) forma pośrednia; c) płaskowy

Rysunek 8 – Typy konfiguracji korpusu roboczego

W ten sposób pęknięcie i przecięcie mają duży wpływ na działanie krawędzi elementu roboczego.

W miarę jak zwiększa się rozmiar materiału u źródła i zmniejsza się rozmiar pęknięć, intensywność energetyczna procesu wzrasta. Pod warunkiem, że wysoka wydajność, sięgająca 200–300 kg/h przy objętości komory roboczej 1,2–3 m³ ze stabilnymi parametrami wymiarowymi produktu. Współczynnik mielenia może osiągnąć 40. Zużycie energii w procesie dla głównych trybów pracy wynosiło 3–10 kWh/t.

Wydajność modelu DIM w badanym zakresie prędkości ciała roboczego systematycznie wzrasta wraz ze wzrostem prędkości. W miarę jak zwiększa się rozmiar materiału u źródła, wydajność maleje. W miarę jak zwiększa się wielkość luki, produktywność wzrasta niemal wprost proporcjonalnie. Wraz ze wzrostem objętości komory roboczej wzrasta wydajność, a najbardziej znaczący wzrost obserwuje się przy zwiększeniu prędkości roboczej.

Wyniki testów badawczych pokazują, że model DIM jednogniazdowy jest gorszy od modelu wielogniazdowego pod względem wydajności, ale ma lepsze wskaźniki zużycia energii.

W rozdziale siódmym przedstawiono wyniki badań produkcyjnych w warunkach oddziału nr 1 Południowego Kompleksu Górniczo-Hutniczego „Alczewskie Zakłady Metalurgiczne” z wykorzystaniem laboratoryjnego modelu DIM-250 (numery oznaczają średnicę organów roboczych) oraz próbek eksperymentalnych DIM-1800 i DIM-2250 (rys. 9).

Rysunek 10 przedstawia części robocze urządzenia DIM-2250. W przypadku DIM-250 wydajność wynosiła 159 kg/h (dla chromo-magnezytu), 103 kg/h (dla wapienia) i 156 kg/h (dla rudy żelaza). A dla DIM-2250 wydajność wynosiła 9,2 t/h (dla chromo-magnezytu), 7,1 t/h (dla wapienia) i 8,4 t/h (dla rudy żelaza). Skład granulometryczny gotowego produktu dla DIM-2250 pokazano na rysunku 11.



Rysunek 9 — DIM-2250

Przybliżone równania wielkości składu granulometrycznego gotowego produktu uzyskiwanego przy mieleniu odpowiedniego surowca w DIM-2250 w procentach z wartościami wiarygodności przybliżenia dla rudy żelaza

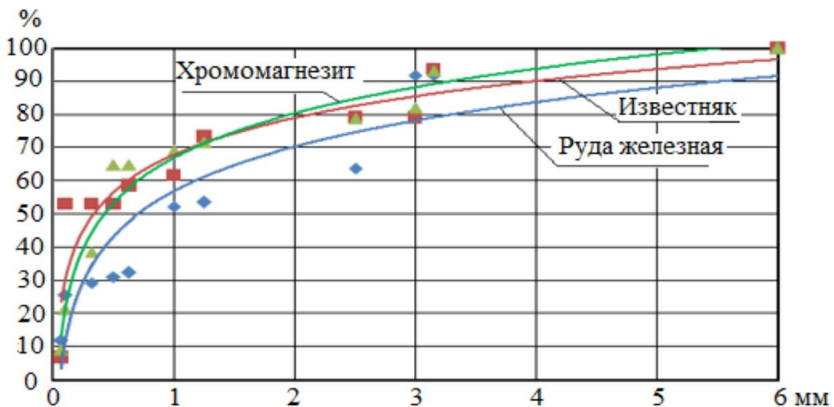
$$\begin{aligned}
 & \text{dla rudy żelaza: } R_{\text{yzhr}}^{2250} \times 19,4, d_{50} = 56,95, R_{\text{wapienia}}^{2250} = 0,86; \text{ do wapienia} \\
 & \text{dla chromomagnezytu: } R_z^{2250} = 0,849; \text{ dla chromomagnezytu: } R_{\text{eee}}^{2250} \times 19,37 \lg 67,0, \\
 & R; \text{ }^{2250} = 0,96.
 \end{aligned}$$



Rysunek 10 — Widok korpusów roboczych DIM-2250

Zgodnie z wynikami badań eksperymentalnych oraz analizą laboratoryjną pobranych próbek gotowego produktu, proszki uzyskane w procesie przetwarzania odpadów produkcyjnych przy użyciu DIM-2250,

spełniają wymagania prawne i mogą być stosowane w niezbędnych operacjach technologicznych.



Rysunek 11 – Skł ad granulometryczny gotowego produktu

Podczas rocznych testów produkcyjnych maszyna DIM-2250, pracująca w trybie jednoczasowym i obsługiwana przez dwóch operatorów, przetworzył a ponad 5000 ton zł odu chromowo-magnezowego, magnezytowego i szamotowego na proszek o stopniu rozdrobnienia dochodzącym do 60 i częstotliwości obrotów elementów roboczych 750 obr./min. W tym czasie wymieniono dwa komplety dział ających dysków.

Przeprowadzono analizę porównawczą jakości mielenia wapienia produkowanego przez kruszarkę DIM-2250 z istniejącą kruszarką mł otkową. DMRIE 14,5×13-1000.

Do kruszenia wapienia w spiekalniach wykorzystuje się 7 jednostek urządzeń o ł ącznej mocy silników elektrycznych 777 kW, masie ponad 50 ton i dł ugości przenośnika ponad 110 m. Wydajność kompleksu dla wapienia klasy 0–3 mm wynosi okoł o 30–50 ton/godzinę, tj. do uzyskania 1 tony wapienia wymagane jest 15,5–26 kW. Zainstalowane urządzenia rozmieszczone są w dwóch budynkach i pracują niemal bez przerwy (okoł o 20 godzin na dobę), wymagają systematycznego smarowania, napraw, wymiany sit, mł otów kruszarek, których zuż ycie metalu na 1 tonę wapienia wynosi 0,023 kg. Dlatego też alternatywne szkolenia wapień pozwolił by na znaczną redukcję liczby jednostek sprzętu.

Kształ t ziaren wapienia róż nych klas wielkości po kruszeniu mł otkowym (przy badaniu pod mikroskopem z dziesięciokrotnym powiększeniem) charakteryzuje się wielościanami o ostrych krawędziach, które

wskazuje na wpływ obciążenia rozrywającego i uderzeniowego podczas niszczenia oraz praktyczny brak obciążenia ściernych. Pośrednio wskazuje na to również niewielki udział frakcji małych (do 0,16 mm).

Wapień kruszono w urządzeniu DIM-2250 na dwa sposoby: przy minimalnej szczelinie wylotowej wynoszącej 2 mm i maksymalnej 8 mm. Ostateczny skład granulometryczny wapienia o minimalnej szczelinie określa praktycznie jedna frakcja o wielkości 0,16–0,063 mm, której ilość w próbkach waha się od 66,6 do 73%.

Średnia średnica ziarna wynosi od 0,361 do 0,630 mm, a współczynnik zmienności wynosi około 0,5. Kształt ziarna jest owalny, z wyjątkowymi narożnikami i krawędziami, co wskazuje na obecność dużych obciążeń ściernych podczas niszczenia. Ogólnie rzecz biorąc, wapień kruszony metodą DIM-2250 przy górnej granicy 3 mm spełnia wymagania zakładu spiekalniczego. Jednakże gwałtowny spadek frakcji 1–2, 2–3 i ponad 3 mm w porównaniu do wapienia po przesianiu (odpowiednio 10% i 50%) może prowadzić do pogorszenia procesu aglomeracji i spiekania wsadu. Aby uzyskać grubsze kawałki wapienia, średnicę szczeliny wylotowej urządzenia DIM-2250 zwiększono do 8 mm.

Udział frakcji większej niż 1 mm w składzie granulometrycznym produktu gotowego wynosi ponad 55%, co wskazuje na konieczność zmniejszenia wielkości szczeliny. Przeprowadzone badania wykazały, że w tym celu konieczne jest zwiększenie wydajności maszyny i zapewnienie jej pracy w trybie ciągłym, co jest przedmiotem dalszych perspektywicznych kierunków prac.

WNIOSEK

Przeprowadzone w pracy doktorskiej badania teoretyczne i eksperymentalne pozwoliły na opracowanie naukowo uzasadnionych podejść i algorytmów, metod analizy i syntezy DIM o skojarzonym oddziaływaniu na materiał w zastosowaniu do surowców metalurgicznych i odpadów. Pozwala nam to dostarczyć rozwiązanie naukowego i technicznego problemu, jakim jest projektowanie, rozwijanie i modernizacja maszyn dyskowych, zwiększając ich wydajność operacyjną. Uzyskane wyniki badań pozwalają na wyciągnięcie następujących wniosków

Wnioski:

1. W powszechnie stosowanym DIM, łagodne efektywne

Połączenie procesów kruszenia i mielenia zdarza się niezwykle rzadko, co jest spowodowane specyficznymi warunkami niszczenia oraz rozwiązaniami konstrukcyjnymi. Stwierdzono, że w kruszarkach tarczowych racjonalnym warunkiem obniżenia kosztów energii na przerób surowców jest redystrybucja dominujących sił niszczących ścierania w kierunku sił mniej energochłonnych (uderzenie i ścinanie) przy końcowym

kalibracja gotowego produktu poprzez szczelinę między szczelinami, co jest łatwo osiągalne poprzez połączenie takich warunków w komorze roboczej

samochody.

2. Uzyskano zależności do obliczeń urządzeń załadunkowych, które pozwalają na podstawie znanych charakterystyk kruszarki i materiału źródłowego określić główne parametry instalacyjne układu podającego, wydajność, optymalne prędkości i ogólne parametry przenośnika załadunkowego, co stanowi teoretyczną podstawę inżynierską do projektowania.

3. Teoretyczne badania pionowego spadania odłamków o różnych kształtach pokazują, że prawdopodobieństwo ich efektywnego zniszczenia podczas swobodnego spadania jest niewielkie, ze względu na niewystarczającą energię potencjalną zniszczenia, dlatego decydującą rolę odgrywają procesy zachodzące w przestrzeni międzypłazmowej, gdy warunki zniszczenia przy uderzeniu zależą w większym stopniu od częstotliwości obrotów ciarł roboczych. W objętości roboczej szczeliny

istnieją tylko ruchy cząstek, których trajektorie mają charakter losowy, dlatego analityczne określenie szybkości wypływu gotowego produktu z tej szczeliny jest trudne. W stanie ustalonym produkcja gotowego produktu odbywa się praktycznie ze stałą szybkością.

4. Najbardziej stabilnym ruchem w przepływie losowym jest ruch cząstek, których rozmiar szczeliny jest większy od minimalnego. Poruszają się one w warstwie większych cząstek, wyprzedzając je w ruchu względnym promieniowym, ponieważ nie mają wymuszonego poślizgu kołowego z powodu ściskania między dyskami, co ma miejsce w przypadku większych cząstek.

5. Dla obliczonej średniej prędkości ruchu cząstek nieuchwytnych, przy różnicy między minimalną i maksymalną szczeliną do 0,2 mm błąd wynosi 4,5%, ale później wzrasta, co wymaga wykorzystania obliczonych zależności uwzględniających wartości średnie wielkość przerwy.

6. Ustalono, że reakcja pionowa tworząca obciążenia osiowe w układzie zmienia się od 0 do 0,5 ciśnienia właściwego w płaszczyźnie przekroju poprzecznego i praktycznie łączy się z reakcją przechodzącą przez środek cząstek, gdy są one umieszczone pod kątem, przy czym obie reakcje stają się nieważne na zmiany kąta nachylenia układu cząstek z 78° do 88° , a następnie zmierzają do granicy ograniczonej wartością krytyczną ciśnienia właściwego w płaszczyźnie przekroju poprzecznego równą 5,5 MPa.

7. Przy jednowarstwowym układzie cząstek w przestrzeni międzypłazmowej możliwe jest ich „toczenie się” bez zniszczenia, jednak może to nastąpić, gdy kąt nachylenia cząstek jest mniejszy niż 78° .

zniszczenie od sił y obwodowej równej w przybliżeniu 0,1 maksymalnego możliwego ciśnienia. Zaczynając od dwuwarstwowego układu ożenia cząstek materiału u wyjściowego i dla dowolnej liczby warstw większej od jednej, możliwość wykorzystania w trybie procesu kruszenia losowego prawdopodobieństwa realizacji minimalnych sił obwodowych rozwija się nie po pierwotnym kruszeniu, lecz natychmiast po wejściu do komory kruszenia. Element roboczy z jednowarstwowym wypełnieniem wnek krusząco-mielących charakteryzuje się maksymalną wartością

ciśnienie, więc ta konstrukcja nie jest optymalna energia do wstępnego mielenia.

8. Moment obrotowy zależy od oporu płaszczyzny

Wytrzymałość szczeliny określana jest przez parametry naprężenia działającego na materiał, zewnętrzny i wewnętrzny promień wewnętrznych wnek oraz wielkość wytrzymałości szczeliny, a moment oporu gotowego produktu na ruch skrobaków rozdawczych określany jest przez ich wysokość i szerokość, promień tarczy i ciężar właściwy materiału.

9. Wyniki syntezy zasadniczo nowych projektów

pokazano, że mielenie surowców poprzez samozniszczenie względem siebie jest obiecującym kierunkiem i przyczynia się do zwiększenia stopnia rozdrobnienia oraz gładkości gotowego produktu, ale wymaga bardziej złożonych konstrukcji maszyn, mających na celu zapewnienie stabilnego dopływu materiału do komory roboczej. Wzmocnienie ruchu materiału wewnątrz komory roboczej może na osiągnąć poprzez zorganizowanie podkładu surowcowego, koncentrację sił niszczących na skutek większej koncentracji obciążenia niszczącego, przemiennego obciążenia i sił ścinających oraz działania odwrotnego. Stworzenie dodatkowych warunków cięcia zapewnia niszczenie surowców przy niższych kosztach energii, co jest osiągnięte wewnątrz komory roboczej DIM z późniejszą kalibracją gotowego produktu w szczelinie szczelinowej na obwodzie tarcz, podczas gdy łączone oddziaływanie na materiał zapewnia zwiększoną wydajność dzięki ujednoliceniu zasadniczo kilku maszyn w jednej konstrukcji bazowej.

10. Analizując wyniki syntezy fundamentalnie nowych DIM-ów

Opracowano zasady klasyfikacji DIM-ów o łączonym oddziaływaniu na przetwarzany materiał oraz zidentyfikowano szerokie możliwości projektowania i stosowania takich maszyn. Jednym z obiecujących obszarów rozwoju jest wykorzystanie popychaczy hydraulicznych sterowanych programowalnym mikroprocesorem.

11. Wydajność i zużycie energii pojedynczego gniazda DIM

zwiększają się wraz ze wzrostem częstotliwości obrotów elementów roboczych i nie są wprost proporcjonalne. Wraz ze wzrostem prędkości obrotowej

$n=5$ s-1 (300 obr./min) do $n=8,3$ s-1 (500 obr./min) wydajność wzrasta z 50 kg/h do 70 kg/h. Gotowy produkt zawiera do 10% cząstek o rozmiarach przekraczających rozmiar szczeliny. Przy szczelinie o szerokości 3,5 mm zużycie energii wynosi około 3–5 kWh/t, a przy szczelinie o szerokości 1,0 mm 8–12 kWh/t. Prędkość obrotowa, rozmiar całkowity otworu części roboczych i rozmiar materiału źródła owego mają niewielki wpływ na jakość gotowego produktu. Stopień zmielenia może wynosić od 1 do 100.

12. W przypadku modułu DIM wielogniazdowego wydajność jest stabilna wzrasta ze wzrostem prędkości obrotowej i maleje ze wzrostem rozmiaru materiału źródła owego. Wraz ze wzrostem szczeliny, a także objętości komory roboczej, wydajność wzrasta w sposób wręcz wprost proporcjonalny. W przypadku badanego modelu wydajność sięga 200–300 kg/h przy objętości komory roboczej 1,2–10⁻³ m

³ ze stabilnymi charakterystykami wielkości produktu przy stopniu rozdrobnienia około 40. Intensywność energetyczna procesu dla głównych trybów pracy wynosiła 3–10 kWh/t.

13. Testy przemysłowe wykazały, że DIM-2250 Przerób złomu chromowo-magnezowego, magnezytowego i szamotowego odbywa się z wydajnością ok. 10–12 t/h przy stopniu rozdrobnienia dochodzącym do 60, przy dostatecznie wysokiej odporności na zużycie części roboczych, uzyskane proszki spełniają wymagania prawne i mogą być stosowane jako surowce do innych procesów i operacji technologicznych. Przy minimalnej szczelinie średnia średnica ziarna w gotowym produkcie wynosi od 0,361 mm do 0,630 mm.

Perspektywy dalszych badań obejmują wykorzystanie napędu hydraulicznego, który pozwala na znaczne zwiększenie sił niszczących w DIM zapewnia szeroki zakres zmian prędkości obrotowej części roboczych.

Łączny roczny efekt ekonomiczny wprowadzenia łącznego programu DIM wynosi 21 650 tysięcy rubli.

WYKAZ PRAC OPUBLIKOWANYCH NA TEMAT ROZPRAWY

Monografie i podręczniki

1. Levchenko, O. A. Rozwój poziomu technicznego pojedynczych rolek kruszarki zębate gorącego aglomeratu [Tekst]: monografia / O. A. Levchenko, E. P. Levchenko, A. M. Zinchenko i in. - Alczewsk: DonSTU, 2016. - 190 s. (przeanalizowano i uzasadniono kwestie organizacji efektywnych warunków do niszczenia materiałów).

2. Levchenko, E. P. Dyspersja materiałów sypkich w maszyny do kruszenia i mielenia z przyspieszeniem udarowym [Tekst]: monografia / E. P. Levchenko, O. A. Levchenko, A. M. Zinchenko i in. — Alczewsk: DonSTU, 2016. - 225 s. (przeprowadzono analizę i syntezę nowych maszyn szlifierskich, przeprowadzono badania analityczne).

3. Levchenko, E. P. Podstawy syntezy innowacyjnych rozwiązań technologicznych Procesy, urządzenia mechaniczne i systemy (30 lat działalności wynalazczej) [Tekst]: monografia / E. P. Levchenko, A. M. Zinchenko, O. A. Levchenko. — Alczewsk: Państwowa Instytucja Wyższej Edukacji Zawodowej IRL „DonSTU”, 2018. — 353 s. (proponowane są nowe metody syntezy urządzeń do kruszenia i mielenia).

4. Vlasenko, D. A. Modelowanie matematyczne i doskonalenie wydajność kruszarek wirnikowych udarowych z kombinowanym zawieszeniem młota [Tekst]: monografia / D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko. — Alczewsk: Państwowa Instytucja Edukacyjna Wyższej Edukacji Zawodowej IRL „DonSTU”, 2020. — 143 s. (uzasadniono rozwiązania techniczne i metody badania zniszczeń uderzeniowych).

5. Vlasenko, D. A. Rozwój naukowych podstaw i praktyki zwiększania efektywność procesów kruszenia w kruszarkach zębatych obrotowych [Tekst]: monografia / D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko. — Kursk: Wydawnictwo ZAO „Książka uniwersytecka”, 2022. — 143 s. (ustalono teoretyczne i eksperymentalne zależności pracy kruszarki).

6. Lewczenko, E.P. Projektowanie napędów hydraulicznych maszyn kruszących i miących [Tekst]: podręcznik / E.P. Lewczenko, A.N. Tumin, V.G. Cheban i in. - Alczewsk: Państwowa Wyższa Szkoła Edukacyjna IRL DonGTI, 2022. - 316 s. (położono podwaliny pod rozwój i udoskonalenie DIM).

Artykuły opublikowane w recenzowanych czasopismach naukowych
 rekomendowanych przez Wyższą Komisję Atestacyjną przy Ministerstwie Edukacji
 Narodowej i Nauki LPR do publikacji głównych wyników badań doktorskich

7. Levchenko, E. P. Niektóre etapy badania eksploatacji kruszarek i maszyn miących akceleracyjno-udarowych [Tekst] / Levchenko E. P. Zbiór prac naukowych DonSTU. — Alczewsk: DonSTU, 2007. — Wydanie. 25. — S. 34-43.

8. Shcherbak, V. V. Określenie racjonalnej prędkości ładowania przenośnik kompleksu kruszenia rudy [Tekst] // V. V. Shcherbak, E. P. Levchenko // Zbiór prac naukowych DonSTU. - Wydanie. 32. — Alczewsk, 2010. - s. 227-233. (parametry przenośnika są teoretycznie uzasadnione przy pracy w połączeniu z maszyną dyskową).

9. Lewczenko, O.A. Stan i główne kierunki rozwoju poziomu technicznego konstrukcji kruszarek zębatych jednowalcowych

[Tekst] / O. A. Levchenko, E. P. Levchenko, A. M. Zinchenko // Procesy i urządzenia metalurgiczne, 2011. - Nr 1. - S. 24-29. (usystematyzowano nowe projekty kruszarek).

10. Levchenko, O. A. Połączenie kruszenia i mielenia

maszyny i możliwości ich zastosowania do kruszenia odpadów

cegły szamotowe [Tekst] / O. A. Levchenko, E. P. Levchenko, A. M. Zinchenko i in. // Zbiór prac naukowych DonSTU. - Wydanie. 33. —

Alczewsk, 2011. - s. 171-179. (procesy połączonego oddziaływania na rozdrobniony materiał są uzasadnione i teoretycznie zbadane).

11. Vlasenko, D. A. Analiza strukturalna procesu dyspersji wapna w produkcji aglomeracyjnej [Tekst] / D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko // Zbiór prac naukowych DonSTU. - Wydanie. 44. —

Alczewsk: DonSTU, 2015. - s. 82-86. (opracowano model strukturalny i metody jego naukowej analizy).

12. Levchenko E. P. Cechy zastosowania napędu hydraulicznego w kruszarkach szczękowych [Tekst] / E. P. Levchenko, A. N. Tumin, N. E.

Onishchenko // Zbiór prac naukowych DonSTU. - Wydanie. 5 (48). — Alczewsk: DonSTU, 2017. — s. 81-85. (rozważana jest możliwość zastosowania napędu hydraulicznego)

13. Levchenko, E. P. Zwiększenie wydajności kruszarek tarczowych [Tekst] / A. N. Tumin, E. P. Levchenko, N. G. Alferov // Zbiór prac naukowych DonSTU. - Wydanie. 5 (48). — Alczewsk, 2017. —

Str. 92-96. (zaproponowano i zbadano możliwość wytworzenia połączonych sił na materiał przy użyciu napędu hydraulicznego).

14. Vlasenko D. A. Analiza odchylenia młotów z kombinowanym mocowaniem bijaków w kruszarkach udarowych [Tekst] / D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko, O. I. Pavlinenko // Zbiór prac naukowych DonSTU. —

Numer 3 (46). — Alczewsk: DonSTU, 2016. — s. 156-160. (badano wpływ konwencjonalnego i kombinowanego mocowania bijaków).

15. Vlasenko, D. A. Wpływ sposobu mocowania młotów na osi wirnika na prędkość przemieszczania się wapienia do płyty udarowej kruszarki udarowej [Tekst] / D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko, N. A. Bondar // Zbiór prac naukowych DonSTU. - Wydanie. 5 (48). — Alczewsk: DonSTU, 2017. — s. 180-184. (zaproponowano metodę obliczania prędkości).

16. Pavlinenko, O. I. Zwiększenie wydajności rozłupywania śrutu stalowego w młynie kulowym [Tekst] / O. I. Pavlinenko, E. P. Levchenko, O. A. Levchenko i inni. // Zbiór prac naukowych DonSTU. - Wydanie. 5 (48). — Alczewsk: DonSTU, 2017. — s. 86-91. (zaproponowano i uzasadniono kierunki poprawy efektywności).

17. Frost, W. W. Analiza możliwości organizacji wielostopniowej eksploatacji kruszarki zębatej jednowalcowej [Tekst] / W.V. Moroz, E. P. Levchenko, V. I. Rubezhansky // Zbiór prac naukowych

NieSTU. - Wydanie. 5 (50). — Alczewsk: DonSTU, 2017. — s. 153–157. (możliwość dyspersji wielostopniowej jest teoretycznie uzasadniona).

18. Tumin, A.N. Obliczanie wymuszonych ruchów okresowych popychacz młyna tarczowego pod obciążeniem proporcjonalnym [Tekst] / A.N. Tumin, E.P. Levchenko, E.E. Bizyanov i in. // Zbiór prac naukowych DonSTU. - Wydanie. 11 (54). — Alczewsk: DonSTU, 2018. — s. 136–142. (udowodniono mechanizm i zasadę okresowego ruchu popychaczy).

19. Vlasenko, D. A. Wpływ parametrów dostaw materiału w procesie roboczym strefa kruszarki młotkowej na warunkach procesu zderzenia [Tekst] D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko // Zbiór prac naukowych DonSTU. - Wydanie. 6 (51). — Alczewsk, 2017. — s. 140–144. (uzasadniono ideę podawania surowców do kruszarki i metodę jej badania).

20. Frost, W. W. Ocena i wyjaśnienie warunków składowania aglomeratów w obszar roboczy kruszarki zębatej jednowalcowej [Tekst] / V.V. Frost, V.I. Rubezhansky, E.P. Levchenko // Zbiór prac naukowych DonSTU. — Alczewsk, 2018. — Wydanie. 9 (52). — s. 149–153. (badano matematycznie możliwość zasilania aglomeratu).

21. Tumin, A. N. Opracowanie systemu zarządzania dla wdrożenia wymuszone drgania zestawu roboczego w młynie tarczowym [Tekst] / A. N. Tumin., E. P. Levchenko, A. M. Novokhatsky i in. // Zbiór prac naukowych DonSTU. - Wydanie. 9 (52), - Alczewsk: DonSTU, 2018. - Strona 142–148. (naukowo potwierdzona metoda okresowego kołowania dysków w celu stworzenia warunków sprzyjających niszczeniu surowców).

22. Levchenko, E. P. Modelowanie matematyczne procesu zużycia młotów przy kruszeniu materiału uderzeniem swobodnym [Tekst] / E. P. Levchenko, D. A. Vlasenko, N. A. Bondar // Biuletyn Donieckiego Narodowego Uniwersytetu Technicznego. DonNTU, Nr 1 (15), 2019. - s. 8–15. (opracowano metodę analizy matematycznej).

23. Zhiltsov, A.P. Badania i uzasadnienie konstruktywnych parametrów technologicznych procesu mielenia aglomeratów topniki w kruszarce młotkowej [Tekst] / A. P. Zhiltsov, D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko // Metale żelazne. Nie. 10 (1054). 2019. — S. 4–9. (przeprowadzono badania eksperymentalne dotyczące mielenia wapienia).

24. Spornyak, V. G. Wskazówki dotyczące obiecującego zastosowania dwustopniowa uniwersalna kruszarka młogabarytowa [Tekst] / V. G. Spornyak, E. P. Levchenko // Zbiór prac naukowych DonSTU. — Nie. 17 (60). — Alczewsk: DonSTU, 2019. s. — 113–118. (zasada łącznego niszczenia materiału jest analitycznie uzasadniona).

25. Zhiltsov, A.P. Analiza i uzasadnienie parametrów procesu rozłupywania stalowego śrutu kulistego z wymuszonym środkiem

dmuchać [Tekst] / A.P. Zhiltsov, E. P. Levchenko, O. I. Pavlinenko i inni // Metale żelazne. Nie. 8 (1064). 2020. — s. 29–33. (przeprowadzono badania eksperymentalne bezpośredniego oddziaływania ograniczonego).

26. Levchenko, E. P. Uzasadnienie głównych parametrów kruszarki udarowej obrotowej realizującej warunki uderzenia wymuszonego [Tekst] / E. P. Levchenko, O. I. Pavlinenko, V. G. Cheban i in. // Zbiór prac naukowych Donieckiego Państwowego Uniwersytetu Technicznego. — Nr 22 (65). — Alczewsk: DonGTI, 2021. — s. 100–105. (opracowano metodologię badawczą służącą do wyznaczania głównych parametrów).

27. Vlasenko, D. A. Uściślona klasyfikacja poszczególnych typów urządzeń kruszących dla przedsiębiorstw metalurgii żelaza [Tekst] / D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko // Biuletyn Ługańskiego Uniwersytetu Państwowego im. V. Dala: Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa Ługański Uniwersytet Państwowy im. V. Dahla. — Nr 6(48). — Ługańsk, 2021 — s. 43–50. (opracowano poprawioną klasyfikację kruszarek walcowych).

28. Levchenko, E. P. Opracowanie modelu symulacyjnego napędu hydraulicznego kruszarki zębatej jednowalcowej [Tekst] / E. P. Levchenko, A. N. Tumin, R. Yu. Tkaczow // Biuletyn Państwowego Uniwersytetu Władimira Dahla w Ługańsku, 2021. - nr 11 (53). — s. 137–140. (zaproponowano metodologię badania napędu hydraulicznego kruszarki).

29. Lewczenko E.P. Badania zasady skojarzonego oddziaływania na materiał w tarczowych maszynach krusząco-mielących [Tekst] / E. P. Levchenko // Zbiór prac naukowych DonSTU. — Alczewsk, 2023. — Wydanie. 30 (73). — s. 99–104.

Sprawozdania z konferencji naukowych

30. Levchenko, E. P. Budowa modeli eksperymentalnych procesów fizycznych w urządzeniach krusząco-mielących [Tekst] / Levchenko E. P., Moroz V. V., Vlasenko D. A. i in. // Matematyczne i eksperymentalne modelowanie procesów fizycznych: zbiór materiałów z Międzynarodowej korespondencyjnej konferencji naukowo-praktycznej. Część 2 – Birobidżan: IC im. Szolem Alejchem, 2016. - s. 90–94.

(zaproponowano kompleksową metodologię opracowywania i tworzenia modeli fizycznych).

31. Levchenko, E. P. Uogólnione podejście strukturalne do procesów mechanika urządzeń kruszących i mielących kompleksu metalurgicznego [Tekst] / E. P. Levchenko, V. V. Moroz, O. I. Pavlinenko i in. // Priorytetowe obszary rozwoju nauki, inżynierii i technologii: zbiór prac międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej. — Kemerowo, 2016. — s. 231–234. (uzasadnione są naukowe podejścia do badań wieloczynnikowych i zastosowania teorii podobieństwa).

32. Alferov, N. G. Hydrauliczne sterowanie sprężaniem obciążenia w młynie tarczowym [Tekst] / N. G. Alferov, E. P. Levchenko, A. N. Tumin // Sposoby udoskonalania procesów technologicznych i urządzeń produkcyjnych w przemyśle: materiał y międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej Don STU. — Alczewsk, 2016. — s. 26–27. (analizowano możliwości wykorzystania napędu hydraulicznego w celu zwiększenia koncentracji obciążeń łączonych na materiale).

33. Pawlinenko, O.I. Elektryfikacja podczas kruszenia materiałów i jego minimalizacja [Tekst] / O.I. Pawlinenko, M.A. Sawicka, E. P. Levchenko, D. A. Vishnevsky // Aktualne problemy efektywności zarządzania bezpieczeństwem pracy: materiał y międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej. - Łągańsk: wydawnictwo LNU nazwane na cześć. W. Dalia, 2017. — Strona 45–48. (analizowano wpływ ultradrobnych cząstek na przyczepność i przywieranie do ciał mielących z punktu widzenia redukcji kosztów energii).

34. Tumin, A. N. Rozwój układu sterowania napędem hydraulicznym kruszarka szczękowa [Tekst] / A. N. Tumin, R. Yu. Tkaczew, E. P. Lewczenko // Biuletyn Łągańskiego Uniwersytetu Narodowego imienia W. Dahla. I Międzynarodowa naukowo-techniczna konferencja internetowa „Aktualne problemy mechaniki płynów”, poświęcona 60. rocznicy powstania Katedry Żyrogazdynamiki Państwowej Wyższej Szkoły y Zawodowej Łągańskiego Uniwersytetu Narodowego im. W. Dahl. — Nr 4(6). - Część 2. - Łągańsk, 2017. - s. 110–114. (zaproponowano metodę kontrolowania łączonych sił oddziałujących na materiał).

35. Levchenko, E. P. Dyspersja materiałów w maszynach przyspieszająco-udarowych [Tekst] / E. P. Levchenko, A. S. Pankov, A. A. Brevnov i in. // Materiał y z III Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Praktycznej. Tom 3. Innowacyjne technologie projektowania, wytwarzania i eksploatacji maszyn i urządzeń przemysłowych. - Donieck. 2017. — Strona 68–71. (opracowano naukowe podejście do przeprowadzonych badań).

36. Vlasenko, D. A. Analiza układu przygotowania topnika Racionalne rozmiary w produkcji aglomeracyjnej [Tekst] / D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko // Innowacyjne technologie projektowania, wytwarzania i eksploatacji maszyn i zespołów przemysłowych: materiał y III Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Praktycznej. — T. 3. — Donieck. 2017. — S. 64–67. (określono wady nieracionalnej wielkości strumienia w procesie aglomeracji i sposoby ich eliminacji).

37. Frost, W.V. Problemy i perspektywy pozyskiwania rudy żelaza aglomerat wielkopiecowy frakcji handlowych [Tekst] / V.V. Frost, E.P. Levchenko, M.A. Savitskaya i in. // Badania podstawowe i stosowane: problemy i wyniki: artykuły, streszczenia doniesień z międzynarodowej konferencji naukowo-badawczej. — Trekhgorny, 2017. — S. 104–107. (zaproponowano metodę stabilizacji wymiarowej surowców).

38. Tumin, A. N. Eksperymentalne metody badań / procesy dyspersji metalurgii A. N. Tumin, E. P. Levchenko, O. A. Levchenko i in. // Nowe materiały i obiecujące technologie: [Tekst] czwarte interdyscyplinarne forum naukowe z udziałem międzynarodowym. Zbiór materiałów. T. I. - M.: OOO Buki Vedi, 2018. - S. 848-851. (metody badań eksperymentalnych są potwierdzane analizą naukową).

39. Levchenko, E. P. Procesy dyspersji odpadów ogniotrwałych w warunkach produkcji metalurgicznej [Tekst] / E. P. Levchenko, O. A. Levchenko, A. M. Zinchenko // Sposoby doskonalenia procesów technologicznych i urządzeń do produkcji przemysłowej: zbiórka. streszczenia sprawozdań III Int. konferencja naukowo-techniczna — Ał czewsk: Państwowa Instytucja Edukacyjna Wyższej Edukacji Zawodowej IRL DonSTU, 2018. — s. 12-13. (badano kruszenie materiałów ogniotrwałych w DIM przy łączonym oddziaływaniu na materiał).

40. Levchenko, E. P. Potrzeba i propozycja recyklingu odpadów budowlanych [Tekst] / E. P. Levchenko, A. M. Zinchenko, O. A. Levchenko // Planeta jest naszym domem: kolekcja materiałów z XII Międzynarodowej Międzyodzieżowej Konferencji Naukowej. — Ał czewsk: Państwowa Instytucja Edukacyjna Wyższej Edukacji Zawodowej IRL „DonSTU”, 2020. — s. 84-88. (zaproponowano metodologię przetwarzania żużli i odpadów budowlanych w celu uzyskania użytecznych komponentów i materiałów wtórnych).

41. Levchenko, E. P. Analiza i koordynacja warunków podawania materiału do maszyny krusząco-mielącej [Tekst] / E. P. Levchenko, A. M. Zinchenko, O. A. Levchenko // Sposoby doskonalenia procesów technologicznych i urządzeń do produkcji przemysłowej: zbiór. streszczenia sprawozdań IV Int. konferencja naukowo-techniczna — Ał czewsk: Państwowa Instytucja Edukacyjna Wyższej Edukacji Zawodowej IRL DonSTU, 2019. — S. 31-34. (teoretycznie badano warunki produktywności międzykomorowej w DIM przy łączonym oddziaływaniu na materiał).

42. Vlasenko, D. A. W sprawie zwiększenia efektywności procesu kruszenia paliw stałych w kruszarkach walcowych [Tekst] / D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko, R. S. Melezhik // Aktualne problemy metalurgii żelaza i stali: zbiór streszczeń doniesień z międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej. — Ał czewsk: Państwowa Wyższa Szkoła Edukacyjna IRL „DonGTI”, 2020. — s. 62-65. (zaproponowano pomysł zwiększenia wydajności).

43. Levchenko, E. P. Kumulacja sił niszczących podczas dyspersji materiałów w metalurgii [Tekst] / E. P. Levchenko // Innowacyjne perspektywy Donbasu. Innowacyjne technologie

projektowanie, produkcja i eksploatacja maszyn przemysłowych i jednostki. - T. 3. DonNTU, 2020. - S. 56-61.

44. Levchenko, E. P. Główne kierunki wykorzystania efektu energii kumulacyjnej w dyspersji materiałów [Tekst] / E. P. Levchenko // Sposoby udoskonalenia technologii

Procesy i urządzenia produkcji przemysłowej: zbiór. streszczenia raportów

V Międzynar. naukowo-techniczny. konf. — Ał czewsk: Państwowa Wyższa Szkoła Edukacyjna ĄRL DonGTI, 2020. — Str. 26–30.

45. Vlasenko, D. A. W sprawie udoskonalenia systematyzacji wał kół i kruszarki zębate obrotowe [Tekst] / D. A. Vlasenko, E. P. Levchenko // Innowacyjne perspektywy Donbasu. Innowacyjne technologie projektowanie, produkcja i eksploatacja maszyn przemysłowych i agregaty: materiał y z VII Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Praktycznej. — Donieck: DonNTU, 2021. — R. 3 — S. 88–92. (w odniesieniu do badanego zagadnienia uzasadniono metody podejścia systemowego).

46. Levchenko, E. P. Zastosowanie ż ż li metalurgicznych do normalizacja równowagi kwasowo-zasadowej wód [Tekst] / E. P. Levchenko, K. S. Balbukhov i in. // Sposoby udoskonalania procesów technologicznych i urządzeń do produkcji przemysłowej: zbiór. streszczenia sprawozdań VI Int. naukowo-techniczny. konf. — Ał czewsk: Państwowa Wyższa Szkoła Edukacyjna ĄRL DonGTI, 2021. — S. 195–198. (proponuje się hipotezę nowych sposobów przeróbki ż ż la i jego dalszego wykorzystania).

47. Levchenko, E. P. Kontrola sił ściskających na materiał z elementami automatyzacji pracy popychaczy kruszarki tarczowej [Tekst] / E. P. Levchenko, N. Z. Boyko, R.Yu. Tkaczew i in. // 65 lat Donieckiego Państwowego Uniwersytetu Technicznego. Nauka i praktyka. Bieżące kwestie i innowacje: zbiór streszczeń sprawozdań z rocznicowej międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej. Część 1. — Ał czewsk: Państwowa Wyższa Szkoła Edukacyjna ĄRL „DonGTI”, 2022. — Strona 174–176. (badano możliwość liwości automatyzacji DIM przy łączonym oddziaływaniu na materiał).

48. Levchenko, E. P. Ulepszanie procesu ruchu policzki w kruszarce szczękowej z napędem hydraulicznym [Tekst] / E. P. Levchenko, O. I. Pavlinenko, A. N. Tumin i in. // Aktualne problemy współczesnej nauki: punkt widzenia młodych naukowców: zbiór streszczeń doniesień z międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej. — Ał czewsk: Państwowa Instytucja Edukacyjna Wyższej Edukacji Zawodowej ĄRL „DonSTU”, 2020. — S. 73–74. (proponuje się skrócenie czasu cyklu sprężania).

49. Levchenko, E. P. Ulepszanie procesów oddziaływania kruszenie surowców [Tekst] / E. P. Levchenko, O. V. Brevnova, A. A. Brevnov i in. // Perspektywy rozwoju mechanizacji, elektryfikacji i automatyzacji produkcji rolnej: materiał y IV Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Praktycznej. konf. — Czeboksary: FGBOU VO Chuvashia SAU, 2022. — s. 130–134. (podejście do badania wpływu niszczenia surowców jest uzasadnione).

50. Levchenko, E. P. Cechy i perspektywy techniczne maszyny do kruszenia i mielenia tarczowe [Tekst] / E. P. Levchenko, D. A. Vishnevsky, O. A. Levchenko i in. // 65 lat Donieckiego Państwowego Uniwersytetu Technicznego. Nauka i praktyka.

Bieżące kwestie i innowacje: zbiór streszczeń sprawozdań z rocznicowej międzynarodowej konferencji naukowo-technicznej. Część 1. - Ał czewsk: Państwowa Wyższa Szkoła Edukacyjna ĄRL „DonGTI”, 2022. - s. 111-113. (analizowano i uzasadniano warunki nałożenia obowiązku podjęcia wspólnych wysiłków).

Patenty i certyfikaty praw autorskich

51. Tak. ZSRR nr 1551416 IPC B 02 C 7/06, B 02 C 7/08. Mill / Kosyak V. I., Lenovich A. S., Vedmedeva T. B., Levchenko E. P.; Wnioskodawca i właściciel patentu: Kommunariski Instytut Górniczo-Metalurgiczny. —

Nie. 4428619/31-33; ogł oszono 23.08.88; publ. 23.03.90, Byk. Nr 11. - 3 s.: il. (proponuje się i uzasadnia montaż noży w zawiasach).

52. Tak. ZSRR nr 1581381 MPK B 02 C 19/00. Urządzenie do mielenia / Altukhov V.N., Levchenko E.P., Borisochkin E.V., Titova A.V.; Wnioskodawca i właściciel patentu: Kommunariski Instytut Górniczo-Metalurgiczny. — Nr 4646404/23-33; ogł oszono 02.02.89; publ. 30.07.90, Byk. Nr 28. - 2 s.: il. (proponuje się i uzasadnia profilowanie wewnętrznych powierzchni nadwozia).

53. Tak. ZSRR nr 1592039 IPC B 02 C 19/00. Urządzenie do mielenia materiałów stałego / Kosyak V.I, Levchenko E.P.; Wnioskodawca i właściciel patentu: Kommunariski Instytut Górniczo-Metalurgiczny. —

Nie. 4450922/31-33; ogł oszono 29.06.88; publ. 15.09.90, Byk. Nr 34. - 3 s.: il. (proponuje się i uzasadnia sztywne połączenie pomiędzy tłokami).

54. Tak. ZSRR nr 1597215 MPK B 02 C 19/00. Urządzenie do mielenia / Levchenko E. P., Altukhov V. N., Borisochkin E. V., Titova A. V.; Wnioskodawca i właściciel patentu: Kommunariski Instytut Górniczo-Metalurgiczny. — Nr 4646403/23-33; ogł oszono 02.02.89; publ. 07.10.90, Byk. Nr 37. - 2 s.: il. (proponuje się i uzasadnia obecność śrub o przeciwnych kierunkach obrotu).

55. Tak. ZSRR nr 1744831 MPKV 02 C 7/12. Crusher / Korolev P.P., Levchenko E.P., Onopchenko A.N.; Wnioskodawca i właściciel patentu: Instytut Badawczo-Projektowy Kruszenia i Mielenia Materiałów przy Kommunariskim Instytucie Górnictwa i Metalurgii. — Nr 4870322/33; ogł oszono 01.08.90 (d.s.p.); — 3 str.: il. (proponuje się i uzasadnia obecność wielostopniowych wirników bijakowych).

56. Tak. ZSRR nr 1620130 IPC B 02 C 7/06. Instalacja dla cieniowego / Borisochkina E. V., Altukhov szlifowanie przybory V. N., Levchenko E. P., Kolesnikova R. G.; Wnioskodawca i właściciel patentu: Kommunariski Instytut Górniczo-Metalurgiczny. — Nr 4623094/33; ogł oszono 20.12.88; publ. 15.01.91, Byk. Nr 2. - 3 s.: il. (proponuje się i uzasadnia obecność napędu mimośrodowo połączonego z wałem jego napędu).

57. Tak. ZSRR nr 1625523 MPKV 02 C 7/08. Mł yn /
 Levchenko E. P., Altukhov V. N., Borisochkin E. V., Titova A. V.; Wnioskodawca i
 wł aściciel patentu: KommunarSKI Instytut Górniczo-Metalurgiczny. —
 Nie. 4663023/33; ogł oszono 20.03.89; publ. 07.02.91, Byk. Nr 5. - 3 s.: il.
 (zaproponowano i uzasadniono eliptyczny kształ t organu tarczowego).

58. Tak. ZSRR nr 1627246 IPC B 02 C 15/12, B 02 C 17/14.
 Urządzenie do kruszenia materiał ów sypkich / Borisochkin E. V., Altukhov V. N.,
 Levchenko E. P., wł aściciel patentu Titowa A.W.; petent I
 KommunarSKI Instytut Górniczo-Hutniczy. —
 Nie. 4653108/33; ogł oszono 22.02.89; publ. 15.02.91, Byk. Nr 6. - 3 s.: il.
 (zaproponowano i uzasadniono system regulacji szczeliny międzytarczowej w formie
 mimoskładów).

59. Tak. ZSRR nr 1629091 IPC V 02 C 7/14. Organy szlifujące
 mł yny / Borisochkin E. V., Altukhov V. N., Levchenko E. P., Titova A. V.; Wnioskodawca
 i wł aściciel patentu: KommunarSKI Instytut Górniczo-Metalurgiczny. — Nr
 4665668/33; ogł oszono 23.03.89; publ. 23.02.91, Byk. Nie. 7. —
 2 strony: ilustr. (zaproponowano i potwierdzono obecność pł tyt czoł owej z ł ukowatymi
 rowkami).

60. Tak jest. ZSRR nr 1634315 MPCB 02 C 7/08, B 02 C 7/10. Urządzenie
 do mielenia / Ulyanitsky V.N., Altukhov V.N., Levchenko E.P.; Wnioskodawca i
 wł aściciel patentu: KommunarSKI Instytut Górniczo-Metalurgiczny. — Nr 4626173/33;
 ogł oszono 27.12.88; publ. 15.02.91, Byk. Nr 10. —
 2 strony: ilustr. (zaproponowano i uzasadniono powierzchnię profilu tarczy stykającą
 się z rolkami).

61. Tak. ZSRR nr 1636041 MPKV 02 C 7/10. Mł yn tarczowy /
 Levchenko E. P., Altukhov V. N., Borisochkin E. V.; Wnioskodawca i wł aściciel patentu:
 KommunarSKI Instytut Górniczo-Metalurgiczny. —
 Nie. 4611831/33; ogł oszono 02.12.88; publ. 23.03.91, Byk. Nr 11. - 2 s.: il. (proponuje
 się i uzasadnia obecność wał u pustego).

62. Tak. ZSRR nr 1644999 MPKV 02 C 7/06. Metoda mielenia
 materiał y / Levchenko E. P., Altukhov V. N., Borisochkin E. V.; Wnioskodawca i
 wł aściciel patentu: KommunarSKI Instytut Górniczo-Metalurgiczny. —
 Nie. 4682584/33; ogł oszono 24.04.89; publ. 30.04.91, Byk. Nr 16. - 2 s.: il. (proponuje
 się i uzasadnia zmianę prędkości i kierunków obrotów).

63. Tak. ZSRR nr 1662679 MPKV 02 C 7/08. Mł yn tarczowy /
 Levchenko E. P., Altukhov V. N., Borisochkin E. V.; Wnioskodawca i wł aściciel patentu:
 KommunarSKI Instytut Górniczo-Metalurgiczny. —
 Nie. 4639654/33; ogł oszono 19.01.89; publ. 15.07.91, Byk. Nr 26. - 3 s.: il. (proponuje
 się i uzasadnia obecność szczelin rozł adowczych w dolnym dysku).

64. Tak. ZSRR nr 1717213 MPKV 02 C 8/00. Kruszarka /
 Levchenko E. P., Altukhov V. N., Zinchenko A. M.; Wł aściciel wnioskodawca i
 patentu: KommunarSKI Instytut Górniczo-Metalurgiczny. —

Nie. 4784653/33; ogł oszono 18.01.90; publ. 07.03.92, Byk. Nr 9. - 3 s.: il. (proponuje się i uzasadnia przeciwny ruch gał ęzi przenośnika).

65. Tak. ZSRR nr 1717218 IPC B 02 C 15/12. Mill / Borisochkin E. V., Levchenko E. P., Altukhov V. N., Titova A. V.; Wnioskodawca i wł aściciel patentu: Kommunariski Instytut Górniczo-Metalurgiczny. —

Nie. 4789766/33; ogł oszono 12.02.90; publ. 07.03.92, Byk. Nr 9. - 3 s.: il. (proponuje się i uzasadnia konieczność zastosowania elementu tocznego do interakcji z profilowaną powierzchnią pierścienia).

66. Patent. Nr 52417 (Patent na wzór uż ytkowy) Ukraina, IPC B 02 C 7/08. Urządzenie do kruszenia materiał ów / Levchenko E. P., Zinchenko A. M., Levchenko O. A., Onopchenko A. N.; Wnioskodawca i wł aściciel patentu: Donbass State Technical University. — Nie. u201002261; ogł oszono 01.03.10; publ. 25.08.10, Byk. Nr 16. - 3 s.: il. (proponuje się i uzasadnia konieczność ekscentryczności).

67. Patent. 54716 (Patent na wzór uż ytkowy) Ukraina, IPC B 02 C 4/14. Mill / Levchenko E. P., Altukhov V. N., Levchenko O. A.; Wnioskodawca i wł aściciel patentu Donbas. państwo. technologia. nie-t. — Nie. u201004440; ogł oszono 16.04.2010; publ. 25.11.2010, Byk. Nr 22. - 2 s.: il. (zaproponowano i uzasadniono potrzebę stoż kowego występu na dysku).

68. Patent. Nr 87360 (Patent na wzór uż ytkowy) Ukraina, IPC B 02 C 7/14. Tarcza maszyny do kruszenia i szlifowania / Levchenko E. P., Altukhova D. V., Levchenko O. A., Altukhov V. N., Vishnevsky D. A.; Wnioskodawca i wł aściciel patentu: Donbass State Technical University. — Nie. u201307533; ogł oszono 14.06.13; publ. 10.02.14, Byk. Nr 3. - 5 str.: il. (zaproponowano i uzasadniono potrzebę stosowania nici o róż nych kierunkach).

69. Patent. Nr 87379 (Patent na wzór uż ytkowy) Ukraina, IPC B 02 C 7/08. Chopper / Altukhov V.N., Levchenko E.P., Altukhova D.V., Levchenko O.A., Vishnevsky D.A.; Wnioskodawca i wł aściciel patentu: Donbass State Technical University. — Nie. u201308075; ogł oszono 25.06.13; publ. 10.02.14, Byk. Nr 3. - 5 str.: il. (zaproponowano i uzasadniono potrzebę kruszenia gł ów i zębów na dnie miski).

70. Patent. Federacja Rosyjska dla wynalazku 2683547 IPC B 02 C 13/16. Metoda kruszenia udarowego w kruszarce mł otkowej / Zhiltsov A.P., Vlasenko D.A., Levchenko E.P., Vishnevsky D.A. wnioskodawca i posiadacz patentu Budż et federalny. obraz. instytucja wyż sza arr. Lipiec. państwo. technologia. Uniwersytet — nr 2018116102; ogł oszono 27.04.2018; publ. 28.03.2019, Byk. Nr 10. - 5 str. (uzasadniony jest wpł yw sumarycznego impulsu kilku uderzeń mł ota z rzędu).

71. Patent. Federacja Rosyjska dla wynalazku 206594 (Patent na wzór uż ytkowy), IPC B 02 C 4/00. Kruszarka zębata jednowalcowa / Vlasenko D. A., Levchenko E. P., Karpov A. V., Chizhov T. A.; Wnioskodawca i posiadacz patentu Budż et federalny. obraz. instytucja wyż sza arr. Lipiec.

państwo. technologia. Uniwersytet — nr 2021112848; ogł oszono 04.05.2021; publ. 17.09.2021, Byk. Nr 26. - 5 str. (ukł ad zębów na wirniku jest uzasadniony).

ADNOTACJA

Lewczenko E.P. Podstawy naukowe dyspersji surowców i odpadów metalurgicznych w kruszarkach i mielnikach tarczowych o kombinowanym dział aniu. — Rękopis.

Rozprawa na stopień doktora nauk technicznych w specjalności 05.02.13 - Maszyny, urządzenia i procesy (wg gał ęzi przemysł u). Federalna Państwowa Instytucja Budż etowa Edukacyjna Szkolnictwa Wyż szego łRL „Donbasski Państwowy Uniwersytet Techniczny”. — Alczewsk, 2023.

W rozprawie opracowano naukowo uzasadnione podejścia, algorytmy, metody analizy i syntezy maszyn kruszących i mielących o ł ączonym oddział ywaniu na materiał . Rozwiązują one problem naukowo-techniczny teoretycznego obliczenia i projektowania urządzeń do rozdrabniania surowców i odpadów metalurgicznych pod względem wydajności, zuż ycia energii i skł adu frakcyjnego produktu gotowego w jednym etapie, w ramach jednej konstrukcji maszyny.

Sł owa kluczowe: kruszenie, mielenie, kruszarka, wydajność, zuż ycie energii, skł ad frakcyjny szlifowanie produktu gotowego.

STRESZCZENIE

Levchenko EP Podstawy naukowe dyspersji surowców i odpadów metalurgicznych w tarczowych kruszarkach i mł ynach o dział aniu kombinowanym. — Rękopis.

Rozprawa doktorska na stopień doktora nauk technicznych w specjalności 02.05.13 - Maszyny, urządzenia i procesy (wg gał ęzi przemysł u). FSBEI HE LPR „Donbasski Państwowy Uniwersytet Techniczny”. — Alczewsk, 2023.

W rozprawie doktorskiej opracowano naukowo uzasadnione podejścia, algorytmy, metody analizy i syntezy maszyn kruszących i mielących o ł ączonym oddział ywaniu na materiał . Rozwiązują one problem naukowo-techniczny obliczeń teoretycznych i inż ynierii urządzeń do rozdrabniania surowców i odpadów metalurgicznych pod względem wydajności, zuż ycia energii i skł adu frakcyjnego produktu gotowego w jednym etapie w maszynie o pojedynczej konstrukcji.

Sł owa kluczowe: kruszenie, mielenie, maszyna krusząco-mieląca, wydajność, zuż ycie energii, skł ad frakcyjny produktu końcowego.

ABSTRAKCYJNY

PODSTAWY NAUKOWE ROZPRASZANIA SUROWCÓW
METALURGICZNYCH I ODPADÓW W TARCZOWYCH MASZYNACH KRUSZĄCO-MIELĄCYCH
O DZIAŁANIU KOMBINOWANYM

LEWCZENKO EDUARD PIETROWICZ

Podpisano do druku w dniu 24.08.2023 r.
Format 60x80. Papier offsetowy. Czcionka Times. Druk
offsetowy. Stan. piekarnik L. 2.0
Nakł. ad 100 egzemplarzy. Wyd. Nie. 00000

Centrum wydawniczo-drukarskie
Donbasski Państwowy Uniwersytet Techniczny

Wydrukowano z gotowego oryginalnego układu w ośrodku wydawniczo-drukarskim

294204, Alczewsk, ul. Frunze, 39. Tel. (06442) 2-58-59