

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **241072**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **432369**

(22) Data zgłoszenia: **23.12.2019**

(51) Int.Cl.

B65G 27/32 (2006.01)

B07B 1/42 (2006.01)

(54) **Przesiewacz wibracyjny, zwłaszcza z sitem szczelinowym oraz sposób sterowania
pracą przesiewacza, zwłaszcza z sitem szczelinowym**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

28.06.2021 BUP 13/21

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

01.08.2022 WUP 31/22

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**PIOTR CZUBAK, Kraków, PL
ROBERT KLISOWSKI, Wieliczka, PL
TOMASZ GAWENDA, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Patrycja Rosół

PL 241072 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przesiewacz wibracyjny, zwłaszcza z sitem szczelinowym oraz sposób sterowania pracą przesiewacza, zwłaszcza z sitem szczelinowym, mający zastosowanie m.in. w przemyśle górniczym, hutniczym, cementowo-wapienniczym, w przeróbce surowców mineralnych i odpadów, a szczególnie przy produkcji mineralnych kruszyw uszlachetnionych wysokojakościowych – do odsiewania ziaren foremnych od ziaren nieforemnych.

Skuteczność separacji ziaren foremnych i nieforemnych na przesiewaczach z sitami szczelinowymi w warunkach przemysłowych, zależy m.in. od zakresu uziarnienia oraz kształtu klasyfikowanego kruszywa, od rodzaju sit oraz dynamiki pracy przesiewacza, na którą wpływa wiele parametrów jego pracy.

Z polskiego opisu patentowego PL160340B1 znany jest przesiewacz który charakteryzuje się tym, że na dwóch naprzeciwległych, równoległych do siebie, ścianach rzeszota, prostopadłych do płaszczyzny sita, są usytuowane przegubowo skrajne wibratory w taki sposób, że linie działania sił wymuszających, przecinają się w środku ciężkości rzeszota lub są wibrowane w stosunku do jego osi. Nadto, w osi rzeszota, nad lub pod rzeszotem jest usytuowany wibrator centralny. W przesiewaczu według wynalazku wały wibratorów skrajnych obracają się z jednakową prędkością i mogą pracować wspólnie oraz przeciwbieżnie, będąc zsynchronizowane. W przesiewaczu według wynalazku, zostają jednocześnie włączone skrajne wibratory, a następnie centralny wibrator. Uzyskana synchronizacja powoduje, iż wibratory skrajne wywołują ruch krążący przesiewacza w płaszczyźnie poziomej, natomiast centralny wibrator – ruch krążący w płaszczyźnie pionowej.

Z innego polskiego opisu patentowego PL167019B1, znany jest przesiewacz wibracyjny, zawieszany sprężysto na zawieszeniu podporowym, wyposażony w prostopadłościenny rzeszoto z rozpiętymi sitami oraz wibratory napędowe. Przesiewacz charakteryzuje się tym, że do przedniej i tylnej ściany rzeszota są dołączone dwa wibratory, zwane bocznymi, każdy o różnej sile wymuszającej i o różnej prędkości obrotowej, pracujące na zasadzie samosynchronizacji. Wibratory boczne wywołują płaski ruch drgający, który odbywa się w płaszczyźnie pionowej, prostopadłej do powierzchni sita, generowany wzdłużnie w stosunku do rzeszota. W innym wariantie rozwiązania, przesiewacz może być także wyposażony w jeden wibrator boczny, dołączony do przedniej ściany rzeszota, wywołujący ruch płaski, nieliniowy. Nadto przesiewacz jest wyposażony w dwa jednakowe wibratory rotacyjne usytuowane na podstawie tak, że ich poprzeczne osie symetrii, prostopadłe do osi obrotów wibratorów dołączonych do przedniej i tylnej ściany rzeszota, przechodzą przez środek ciężkości całego rzeszota. Wibratory te wymuszają drgania w płaszczyźnie prostopadłej do poprzedniej płaszczyzny drgań i przecinającej się pod kątem ostrym z płaszczyzną sita. W wyniku nakładania się drgających ruchów składowych uzyskuje się nieliniowy, eliptyczny ruch wypadkowy. Działanie przesiewacza jest następujące. Wibratory boczne są uruchamiane jednocześnie, co powoduje ich synchronizację dynamiczną. Kierunki ruchu obrotowego tych wibratorów mogą być zgodne lub przeciwne, co powoduje różne tory ruchu drgającego sita. Następnie uruchamia się wibratory rotacyjne, które mogą obracać się w kierunkach zgodnych lub przeciwnych.

Również przesiewacz ujawniony w amerykańskim opisie patentowym US6513664B1, umożliwia pracę przy wykorzystaniu drgań eliptycznych. Przesiewacz posiada trzy wibratory bezwładnościowe. Dwa wibratory przeciwbieżne, usytuowane są symetrycznie na poprzecznej belce łączącej burty rzeszota, w taki sposób, że ich osie obrotu są równoległe do płaszczyzny symetrii przesiewacza, na której leży środek ciężkości przesiewacza, zaś kierunek działania wypadkowej siły wymuszającej w trybie pracy z wibratorami zsynchronizowanymi przechodzi przez środek ciężkości przesiewacza skośnie względem pokładu sita. Trzeci wibrator usytuowany jest na poprzecznej belce w taki sposób, iż jego oś obrotu jest prostopadła do płaszczyzny symetrii przesiewacza, a siła wypadkowa działa w tej płaszczyźnie. Każdy wibrator stanowią niewyważone masy osadzone na dwóch końcach wału, napędzanego przez wirnik silnika elektrycznego. Każdy silnik elektryczny połączony jest z regulatorem prędkości obrotowej. Sito przesiewacza zamontowane jest na rzeszocie, podpartym za pomocą sprężystych podpór na nieodkształcalnym podłożu. Możliwe jest sterowanie pracą przesiewacza za pomocą kontrolera, realizującego zaimplementowany program, pozwalający wybrać jeden z dwóch trybów pracy przesiewacza: tryb drgań liniowych – przy uruchomionych dwóch przeciwbieżnych wibratorach lub tryb drgań eliptycznych w płaszczyźnie symetrii przesiewacza, poprzez włączenie trzeciego wibratora. Podobne wymuszenie drgań eliptycznych realizuje przesiewacz opisany w chińskim opisie patentowym CN101690931B.

Celem wynalazku jest opracowanie przesiewacza oraz sposobu sterowania jego pracą, tak, aby poza zapewnieniem optymalnego wskaźnika podrzutu ziaren wywoływał także zmianę charakteru ich ruchu, nadając im zmienną trajektorię oraz wywołując ich obrót w dwóch osiach. W ten sposób zwiększa się prawdopodobieństwo, iż ziarna płaskie, zwłaszcza większe, zostaną podrzucone i w wyniku obrotu spadną minimalną powierzchnią projekcyjną w szczeliny sita, dzięki czemu osiąga się większą skuteczność separacji ziaren. Ponadto optymalny wskaźnik podrzutu umożliwi wybicie się ziaren trudnych zaklinowanych w oczkach (szczelinach) sit i przetransportowanie ich do produktu górnego przesiewacza.

Przesiewacz zawiera rzeszoto, usytuowane za pomocą sprężystych podpór na sztywnej podstawie, w którym usytuowany jest co najmniej jeden pokład sita, do którego podwieszone są dwa bezwładnościowe wibratory przeciwbieżne, usytuowane symetrycznie, w taki sposób, że ich osie obrotu są równoległe do płaszczyzny symetrii przesiewacza, na której leży środek ciężkości przesiewacza, zaś kierunek działania wypadkowej siły wymuszającej w trybie pracy z wibratorami zsynchronizowanymi przechodzi przez środek ciężkości przesiewacza, skośnie względem pokładu sita, a ponadto wibratory połączone są za pośrednictwem znanych środków przeniesienia napędu z silnikami elektrycznymi wyposażonymi w regulatory prędkości obrotowej, które stanowią falowniki. Istota przesiewacza wibracyjnego, zwłaszcza z sitem szczelinowym, polega na tym, że falowniki posiadają dodatkowo układ sterowania kątem fazowym ustawienia wibratorów, tak że w trybie pracy przy kącie fazowym różnym od zera, siła wymuszająca W , będąca wypadkową sił działania wibratorów, działa w płaszczyźnie wyznaczonej przez dwie osie centralne: oś centralną prostopadłą do płaszczyzny symetrii przesiewacza oraz oś centralną, nachyloną skośnie względem pokładu sita, której kierunek z kolei wyznacza środek ciężkości przesiewacza i punkt leżący na płaszczyźnie symetrii przesiewacza, stanowiący środek odcinka łączącego osie wibratorów.

Korzystnym jest, gdy wibratory podwieszone są do przesiewacza w taki sposób, że skośne nachylenie osi centralnej względem pokładu sita zawiera się w przedziale od 30° do 45° .

Również korzystnym jest, gdy rozstaw sprężystych podpór jest symetryczny względem środka ciężkości przesiewacza i nie przekracza $0,6$ długości przesiewacza.

Także korzystnym jest, gdy odległość punktu, stanowiącego środek odcinka łączącego osie wibratorów od środka ciężkości przesiewacza jest większa od $0,25$ długości przesiewacza.

Istota sposobu sterowania pracą przesiewacza, zwłaszcza z sitem szczelinowym, realizowanego w ten sposób, że reguluje się amplitudę i prędkość drgań przesiewacza działających w jego płaszczyźnie symetrii poprzez zmianę prędkości obrotowej wibratorów polega na tym, że poprzez sterowanie kątem fazowym ustawienia wibratorów, zmienia się kierunek działania siły wypadkowej tak, że nie przebiega ona w płaszczyźnie symetrii przesiewacza i na skutek tego wywołuje się drgania kątowe przesiewacza w płaszczyźnie wyznaczonej przez oś centralną, prostopadłą do płaszczyzny symetrii przesiewacza oraz przez oś centralną nachyloną skośnie względem pokładu sita, której kierunek wyznaczają: środek ciężkości przesiewacza i punkt leżący na płaszczyźnie symetrii przesiewacza, stanowiący środek odcinka łączącego osie wibratorów.

Przesiewacz wibracyjny oraz sposób sterowania pracą przesiewacza według wynalazku zostały bliżej przedstawione w przykładzie realizacji oraz uwidocznione na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia widok ogólny przesiewacza w ujęciu perspektywicznym, fig. 2 – widok uproszczony modelu fizycznego przesiewacza w płaszczyźnie symetrii π , a fig. 3 – fragment widoku przesiewacza w przekroju A-A, równoległym do płaszczyzny działania sił wymuszających, dla chwilowego położenia wibratorów.

Przesiewacz (fig. 1, fig. 2) posiada rzeszoto 1, w którym usytuowany jest pokład sita szczelinowego 2. Rzeszoto 1 usytuowane jest za pomocą sprężystego podparcia 3 na sztywnej podstawie. Rozstaw podpór stanowi $0,6$ długości przesiewacza i jest usytuowany symetrycznie względem jego środka ciężkości C . Na wspólnej belce, łączącej burty rzeszota usytuowane są w układzie górnym dwa bezwładnościowe wibratory 4 przeciwbieżne, napędzane silnikami elektrycznymi, wyposażonymi w regulatory prędkości obrotowej 5, które stanowią falowniki wyposażone w układ sterowania kątem fazowym $\Delta\varphi$ ustawienia wibratorów 4. Wibratory 4 usytuowane są symetrycznie, w taki sposób, że ich osie obrotu są do siebie równoległe i są równoległe do płaszczyzny symetrii π przesiewacza, na której leży środek ciężkości C przesiewacza. Punkt J , leżący również na płaszczyźnie symetrii π , stanowiący środek odcinka łączącego osie wibratorów 4 wraz ze środkiem ciężkości C przesiewacza wyznaczają kierunek osi centralnej z_c , nachylonej pod kątem $\alpha = 30^\circ$ względem pokładu sita szczelinowego 2. Oś centralna z_c oraz prostopadła do płaszczyzny symetrii π – oś centralna x_c wyznaczają płaszczyznę w której działa siła wymuszająca W , stanowiąca wypadkową sił F działania wibratorów 4 (fig. 3). Odległość punktu J od środka ciężkości C przesiewacza wynosi $0,25$ długości przesiewacza.

Sposób sterowania pracą przesiewacza polega na tym, że w celu regulacji prędkości transportu materiału przesiewanego wzdłuż pokładu sita 2, steruje się częstością wymuszenia poprzez zmianę prędkości obrotowej wibratorów. Przy wibratorach zsynchronizowanych ($\varphi_1 = \varphi_2$), siła wymuszająca W ($W = W_z$), działająca wzdłuż osi centralnej z_c , zmienia pulsacyjnie wartość oraz zwrot i wywołuje jedynie drgania liniowe przesiewacza w płaszczyźnie osi centralnych $z_c y_c$ i transport nadawy tak, jak w klasycznym przesiewaczu. W celu wywołania drgań w płaszczyźnie osi centralnych $z_c x_c$ steruje się kątem fazowym $\Delta\varphi = |\varphi_1 - \varphi_2|$ ustawienia wibratorów 4 za pomocą falowników 5, wyposażonych w układ sterowania kątem fazowym wibratorów 4. Na skutek sterowanego rozfazowania wibratorów 4 pochodząca od nich wypadkowa siła W powoduje dodatkowe drgania kątowe β przesiewacza. Związane jest to z tym, że kierunek działania zmiennej co o wartości wypadkowej siły wymuszającej W nie przechodzi przez środek ciężkości C przesiewacza, tylko się z nim rozmija działając na płaszczyźnie $z_c x_c$, wzdłuż osi ξ o zmiennym kierunku. Na skutek działania momentu wypadkowej siły wymuszającej W na ramieniu r , wywołuje się drgania kątowe β przesiewacza w płaszczyźnie $z_c x_c$, mające na celu podbicie i obrót ziaren. Dzięki temu zwiększa się prawdopodobieństwo ich spadania w szczeliny sita 2 najmniejszą powierzchnią projekcyjną ziarna i skuteczne odsianie (odseparowanie) ziaren płaskich lub wydłużonych, (nieforemnych) od ziaren foremnych (kubicznych). W zależności od przesiewanej frakcji i zastosowanego rozmiaru oczka (szczeliny) sita, dopasowuje się parametry pracy przesiewacza, sterując częstością wymuszenia oraz kątem fazowym $\Delta\varphi$ ustawienia wibratorów 5. Im większy kąt rozfazowania $\Delta\varphi$, tym większe ramię r działania wypadkowej siły W i tym większa jest amplituda drgań kątowych β .

W innym przykładzie wykonania przesiewacza, wibratory 4 podwieszone są do przesiewacza w taki sposób, że oś centralna z_c jest nachylona względem pokładu sita 2 pod kątem $\alpha = 45^\circ$. Na skutek zwiększenia kąta α nachylenia osi centralnej z_c zwiększa się składową drgań przesiewacza, wywołujących zmianę trajektorii ruchu ziaren, kosztem składowej drgań wywołującej transport ziaren wzdłuż pokładu sita.

Rozwiązanie będące przedmiotem wynalazku umożliwia wymuszenie drgań osiowych w płaszczyźnie symetrii π przesiewacza oraz drgań kątowych β wibratora w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny symetrii π przesiewacza, bez konieczności instalowania na nim dodatkowych urządzeń wymuszających drgania.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przesiewacz wibracyjny, zwłaszcza z sitem szczelinowym, zawierający rzeszoto, usytuowane za pomocą sprężystych podpór na sztywnej podstawie, w którym usytuowany jest co najmniej jeden pokład sita, do którego podwieszone są dwa bezwładnościowe wibratory przeciwbieżne, usytuowane symetrycznie, w taki sposób, że ich osie obrotu są równoległe do płaszczyzny symetrii przesiewacza, na której leży środek ciężkości przesiewacza, zaś kierunek działania wypadkowej siły wymuszającej w trybie pracy z wibratorami zsynchronizowanymi przechodzi przez środek ciężkości przesiewacza skośnie względem pokładu sita, a ponadto wibratory połączone są za pośrednictwem znanych środków przeniesienia napędu z silnikami elektrycznymi, wyposażonymi w regulatory prędkości obrotowej, które stanowią falowniki, **znamienny tym**, że falowniki (5) posiadają dodatkowo układ sterowania kątem fazowym ustawienia wibratorów (4), tak że w trybie pracy przy kącie fazowym różnym od zera, siła wymuszająca (W), będąca wypadkową sił (F) działania wibratorów (4), działa w płaszczyźnie (x_c, z_c) wyznaczonej przez prostopadłą do płaszczyzny symetrii (π) przesiewacza – oś centralną (x_c) oraz przez nachyloną pod kątem (α) względem pokładu sita (2) – oś centralną (z_c), której kierunek z kolei wyznacza środek ciężkości (C) przesiewacza i punkt (J) leżący na płaszczyźnie symetrii (π) przesiewacza, stanowiący środek odcinka łączącego osie wibratorów (4).
2. Przesiewacz wibracyjny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wibratory (4) podwieszone są do przesiewacza w taki sposób, że oś centralna (z_c) jest nachylona względem pokładu sita (2) pod kątem (α), zawierającym się w przedziale od 30° do 45° .
3. Przesiewacz wibracyjny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że rozstaw sprężystych podpór (3) względem środka ciężkości (C) jest symetryczny i nie przekracza 0,6 długości przesiewacza.
4. Przesiewacz wibracyjny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że odległość punktu (J), stanowiącego środek odcinka łączącego osie wibratorów (4) od środka ciężkości (C) przesiewacza jest większa od 0,25 długości przesiewacza.

5. Sposób sterowania pracą przesiewacza, zwłaszcza z sitem szczelinowym, polegający na tym, że reguluje się amplitudę i prędkość drgań przesiewacza działających w jego płaszczyźnie symetrii poprzez zmianę prędkości obrotowej wibratorów **znamienny tym**, że poprzez sterowanie kątem fazowym ustawienia wibratorów (4) zmienia się kierunek działania siły wypadkowej (W) tak, że nie przebiega on w płaszczyźnie symetrii (π) przesiewacza i na skutek tego wywołuje się drgania kątowe (β) przesiewacza w płaszczyźnie (x_c, z_c) wyznaczonej przez oś centralną (x_c), prostopadłą do płaszczyzny symetrii (π) przesiewacza oraz przez nachyloną pod kątem (α) względem pokładu sita (2) – oś centralną (z_c), której kierunek wyznacza środek ciężkości (C) przesiewacza i punkt (J) leżący na płaszczyźnie symetrii (π) przesiewacza, stanowiący środek odcinka łączącego osie wibratorów (4).

Rysunki

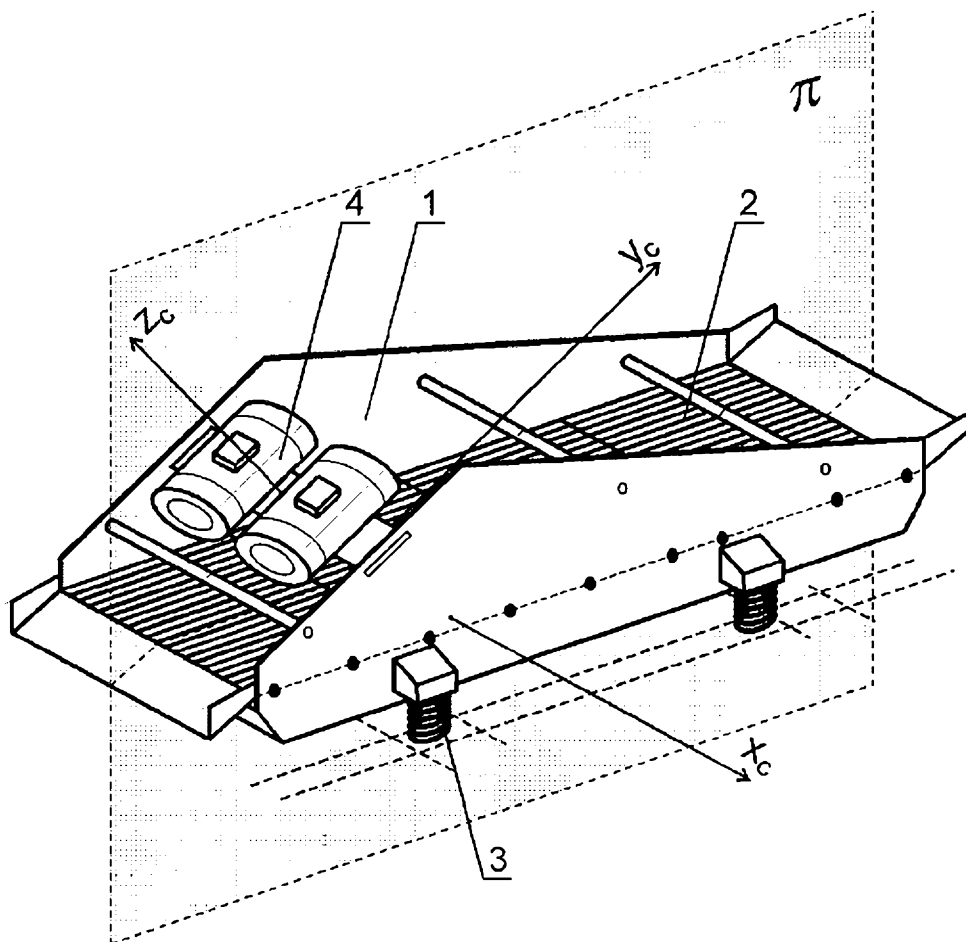


Fig. 1

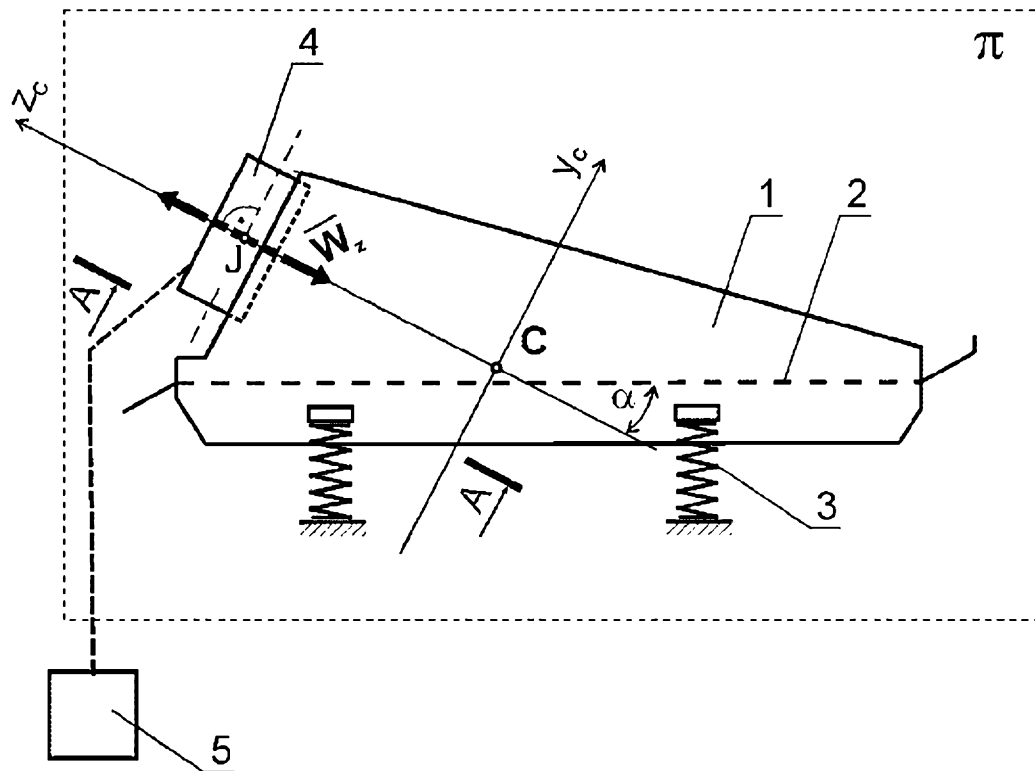


Fig. 2

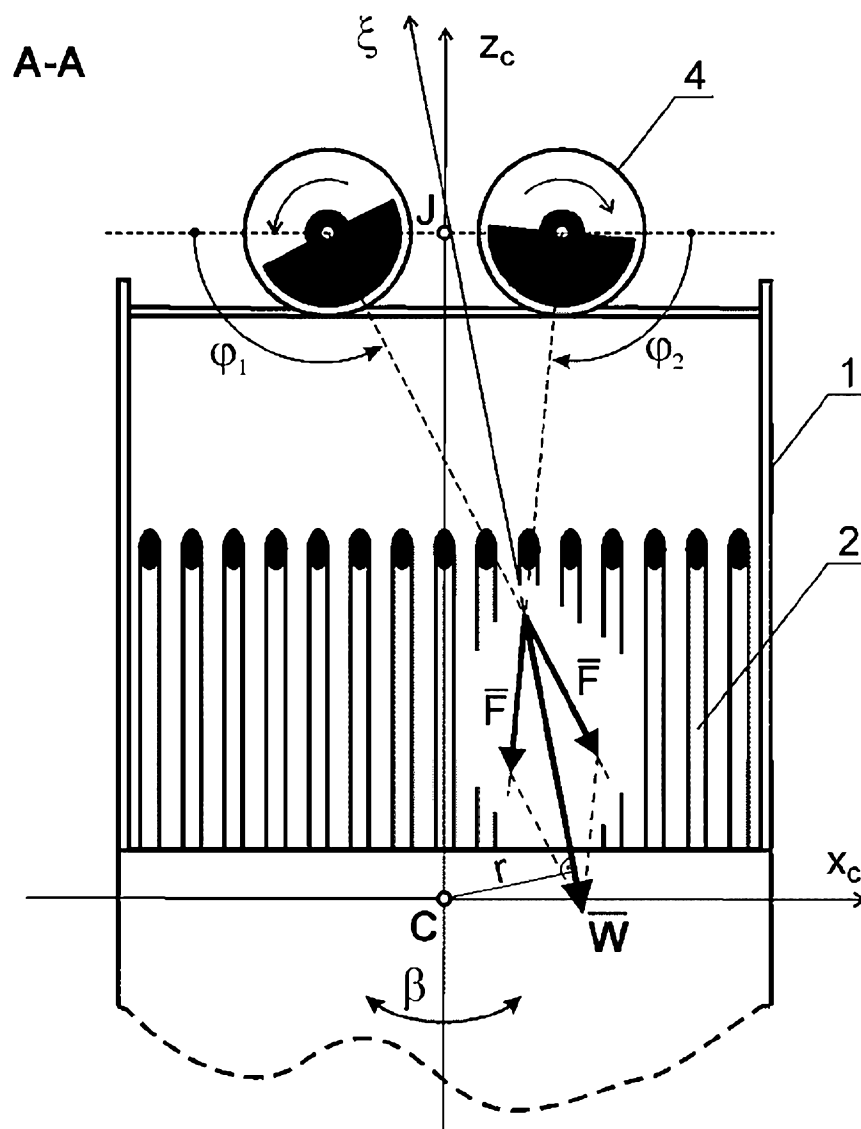


Fig. 3