

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **239889**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **428426**

(51) Int.Cl.  
**F16F 9/12 (2006.01)**  
**F16F 9/32 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **28.12.2018**

(54)

**Tłumik liniowo-rotacyjny o charakterystyce dylatacyjnej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**29.06.2020 BUP 14/20**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**24.01.2022 WUP 04/22**

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW  
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,  
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ROBERT KONOWROCKI, Otwock, PL  
DOMINIK PISARSKI, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzec. pat. Anna Grzelak**

**PL 239889 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest tłumik liniowy, w którym siła tłumiąca o kierunku przeciwnym do kierunku prędkości ruchu postępowego jego trzpienia jest wynikiem oddziaływania ścinającego łopat wirnika rotującego w płynie dylatancyjnym.

Stan techniki obejmuje wiele typów tłumików, absorberów i amortyzatorów liniowych lub rotacyjnych, działających w trybie pasywnym lub aktywnym. Występują również przypadki tłumików liniowych wykorzystujących do dyssypacji energii zamianę ruchu posuwistego na rotacyjny. Czynniki roboczymi w tych rozwiązaniach mogą być: układy rozpraszania energii kinetycznej przez kinematykę bezwładności ich elementów, oddziaływanie elektromagnetyczne, gazy, ciecze o własnościach newtonowskich lub nienewtonowskich oraz ich rozmaite kombinacje. Tłumiki stosuje się do eliminacji drgań, w szczególności do zabezpieczania urządzeń narażonych na obciążenia udarowe lub harmoniczne. Charakterystyki tłumików cechują zwykle przebiegi dopasowane do danego typu ich zastosowania. Cecha ta nie zawsze pozwala jednak na kompleksową eliminację szkodliwego oddziaływania, zwłaszcza wtedy, gdy zakres oddziaływania ulega zmianie lub bazujący na działaniu tłumików układ sterowania ulegnie awarii.

Znany jest z polskiego opisu zgłoszeniowego nr PL228676 tłumik bezwładnościowy, który w celu rozproszenia energii wykorzystuje zamianę ruchu liniowego na ruch obrotowy z oddziaływaniem elektromagnetycznym. W rozwiązaniu tym energię wymuszenia absorbuje trzpień tłumika, umieszczony w ramie i wyposażony w tuleję o śrubowej powierzchni zewnętrznej, z gwintem niesamohamownym. Wewnątrz tłumika znajdują się trzy oddziałujące ze sobą przez połączenia śrubowe o przeciwnych liniach śrubowych. Jeden z pierścieni wyposażony jest dodatkowo w rozsuwalne, osadzone na ramionach ciężarki, które regulują moment bezwładności wirującej masy. Pomiędzy ww. pierścieniami znajdują się kanaliki wypełnione cieczą magnetoreologiczną, na zewnątrz których umieszczone są elektromagnesy. Pomiędzy powierzchniami łączącymi tuleję z pierwszym pierścieniem oraz między powierzchniami łączącymi pozostałe pierścienie znajdują się piezo-blokery. Piezo-blokery oraz elektromagnesy połączone są ze sterownikiem, który za pośrednictwem czujnika przemieszczenia otrzymuje informację o pozycji trzpienia. W trakcie pracy tłumika mierzona jest zmiana przemieszczenia i na jej podstawie generowane są sygnały sterujące elektromagnesami i piezo-blokerami.

Inny polski opis patentowy o numerze PL230102 opisuje tłumik rotacyjny. Budowa tego tłumika charakteryzuje się tym, że w jego cylindrycznej obudowie znajduje się jedna lub dwie utwierdzone szczelnie tarczowe nakrętki, w których wkręcona jest śruba z gwintem niesamohamownym. Na jednym końcu każdej ze śrub, znajdującej się wewnątrz obudowy, zamocowany jest wirnik z łopatkami. Drugi koniec śrub, skierowany na zewnątrz, łożyskowany jest w płycie, która jest przesuwna względem obudowy. W przypadku rozwiązania z dwoma wirnikami występują dwa rodzaje łopatek. Łopatki wirników rozmieszczone są obwodowo i ustawione osiowo. Łopatki pierwszego wirnika rozstawione są na mniejszej średnicy aniżeli łopatki wirnika drugiego, co pozwala na ich wzajemne nakładanie na siebie. W przestrzeni pomiędzy nakrętkami znajduje się materiał sypki lub lepka ciecz.

Europejski opis patentowy o numerze EP 1510721 B1 opisuje amortyzator oparty na mechanizmie śrubowym z nakrętką kulkową, przekształcającym ruch teleskopowy na ruch obrotowy, używany do napędu silnika. W wyniku ruchu obrotowego w silniku powstaje siła elektromagnetyczna stawiająca opór, wykorzystywany do tłumienia drgań.

Z amerykańskiego opisu patentowego numer US 5449054 znany jest tłumik rotacyjny, który posiada komorę wypełnioną cieczą, w której umieszczony jest obrotowo wirnik z elastycznymi łopatkami, zorientowanymi pod kątem ostrym w stosunku do osi wirnika.

Istnieje rozwiązanie, które zostało zaprezentowane w amerykańskim opisie patentowym o numerze US 20090159382. Rozwiązanie to dotyczy tłumika obrotowego, na który składają się: obudowa, stojan i wirnik. Stojan i wirnik służą do rozpraszania energii ruchu obrotowego. Wirnik tłumika zlokalizowany jest w przestrzeni wypełnionej lepkosprężystym płynem lub cieczą magnetoreologiczną. Łopatki wirnika ustawione są równomiernie oraz promieniowo do jego osi tworząc ze stojanem i obudową komory. W ścianach tych komór wyżłobione są kanały o różnych kształtach, które pozwalają na przepływ cieczy roboczej między komorami. Ponadto tłumik zawiera stożkowe łożysko zbudowane z elastomeru i umiejscowione pomiędzy stojanem i wirnikiem. Łožysko to pełni rolę uszczelnienia dynamicznego oraz prowadnicy. Obudowa wyposażona jest w radiatory, które odprowadzają ciepło płynu na zewnątrz tłumika. W warunkach niskich temperatur elementy grzewcze zainstalowane na zewnątrz lub we wnętrzu

komory tłumiącej podgrzewają płyn, redukując czas rozruchu amortyzatora. Obudowa wyposażona jest w system monitorowania ciśnienia, który określa aktualną charakterystykę tłumienia podczas pracy.

Inny polski opis patentowy o numerze PL214845 przedstawia sposób dyssypacji energii kinetycznej obiektu będącego w ruchu przy użyciu pneumatycznego absorbera aktywnego. W dwukomorowej przestrzeni tłumika zamontowane są dwa czujniki ciśnienia, z których jeden podłączony jest do komory podtłokowej, a drugi do komory nadtłokowej. W tłoczysku zamocowany jest zawór elektryczny, czujnik siły kontaktowej oraz czujnik przyspieszenia. Tłumienie energii realizowane jest dzięki zaworowi elektrycznemu, który steruje przepływem gazu między komorami. Czujniki ciśnienia, przyspieszenia, siły kontaktowej oraz prędkości połączone są z wejściami bloku sterującego, natomiast wyjście bloku sterującego połączone jest ze sterownikiem zaworu elektrycznego. Charakterystyczną cechą rozwiązania jest to, że przed uderzeniem oraz w jego początkowej fazie dokonuje się identyfikacji położenia i prędkości uderzającego obiektu. Czujnik przyspieszenia umieszczony na uderzanym obiekcie dostarcza sygnał, który poprzez całkowanie równań ruchu, pozwala ustalić masę i prędkość uderzającego obiektu. Zgromadzone informacje pozwalają na optymalną realizację procesu dyssypacji energii.

Z polskiego opisu zgłoszeniowego o numerze P-329416 znany jest amortyzator hydrauliczny z możliwością kształtowania charakterystyki tłumienia i sztywności przy wykorzystaniu impulsów elektrycznych. Amortyzator składa się z dwóch cylindrów, gdzie w wewnętrznym cylindrze umieszczony jest tłok dzielący objętość tego cylindra na dwie komory połączone izolowaną przestrzenią zewnętrznego cylindra. Pomędzy komorami umieszczony jest sterowany elektrycznie zawór. Sterowanie odbywa się za pośrednictwem układu elektronicznego wyposażonego w czujniki przeciążeń. Rozwiązanie jest przykładem absorbera aktywnego, który wymaga zaawansowanego systemu sterowania.

Z amerykańskiego opisu zgłoszeniowego o numerze US 3442501A znane jest zastosowanie własności nienewtonowskiej cieczy do autoregulacji przepływu cieczy roboczej przez otwór w tłoczysku amortyzatora wykonującego ruch liniowy. Amortyzator wyposażony jest w komorę zawierającą płyn roboczy. Komora wyposażona jest w cylindryczną ściankę boczną zamkniętą na górnym i dolnym końcu przez nagwintowane pokrywy łączące się z obudową cylindryczną za pośrednictwem tych gwintów. Komora zawiera zespół roboczy, tj. tłoczysko i tłok. Tłok posiada gwintowany otwór do mocowania tłoczyska. Tłok ma przekrój cylindryczny. W tłoku znajduje się otwór, który umożliwia przepływ cieczy roboczej między komorami. Dzięki zastosowaniu cieczy nienewtonowskiej, której reakcja względem siły ścinającej zmienia się nieliniowo z natężeniem przepływu, uzyskano zmienną, progresywną charakterystykę amortyzatora. W tym przypadku ww. cecha pozwala uzyskać własność zmiennego efektu zwężki dławiącej przy stałej średnicy otworu w tłoku. Rozwiązanie znajduje zastosowanie w amortyzatorach wstrząsu, których zadaniem jest tłumienie sił uderowych o wysokich amplitudach. Znaczącym ograniczeniem rozwiązania jest brak możliwości uzyskania żądanych sił tłumiących w zakresie niskich prędkości przesuwu tłoczyska, co związane jest z silnie progresywną charakterystyką cieczy nienewtonowskiej przy kontakcie uderowym.

Z amerykańskiego opisu zgłoszeniowego o numerze US 20170284494 A1 znana jest metoda tłumienia drgań, która również wykorzystuje własności cieczy nienewtonowskich. Rozwiązanie to nie dotyczy bezpośrednio metody absorpcji energii zbliżonej do charakteru pracy tłumików liniowych, lecz polega na wykorzystaniu płynu nienewtonowskiego do wyizolowania i ochrony obiektu w niej zanurzonego. Oparty o tę ideę amortyzator pochłania i rozprasza siłę uderzenia, z dala od przedmiotu, który ma być chroniony.

Istotą wynalazku jest tłumik liniowy zawierający obudowę o wewnętrznym przekroju, zamkniętą z jednej strony pierwszą pokrywą a z drugiej strony drugą pokrywą, w otworze której znajduje się ruchomy trzpień charakteryzujący się tym, że wewnętrzny przekrój obudowy wzdłuż długości obudowy posiada prowadzenie jarzma, do którego za pośrednictwem osi obrotowo zamocowany jest wirnik zlokalizowany w komorze roboczej wypełnionej płynem dylatancyjnym, przy czym wspomniany wirnik jest zintegrowany z kołem zębatym, którego zęby poprzez ruchome połączenie zębate łączą listę zębatą zamocowaną do obudowy z wirnikiem.

Korzystnie, prowadzenie jest ukształtowane rowkowo na całej długości obudowy.

Korzystnie, wirnik jest połączony z trzpieniem za pomocą jarzma.

Korzystnie, wirnik jest wyposażony w łopaty, które są rozłożone równomiernie na obwodzie zewnętrznym wirnika.

Korzystnie, wirnik ma ażurową konstrukcję.

Korzystnie, w komorze roboczej znajduje się przeponowa, poprzecznie umieszczona elastyczna membrana.

Przedmiot wynalazku pokazany jest szczegółowo w przykładzie wykonania oraz zaprezentowany na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia rzut aksonometryczny elementów składowych tłumika, fig. 2 i 3 prezentują przekrój wzdłużny (fig. 2) i poprzeczny (fig. 3) tłumika w postaci złożeniowej, fig. 4 przedstawia wirnik w dwóch widokach z oznaczonymi łopatkami i kołem zębatym. Wykres prezentowany na fig. 5 przedstawia charakterystykę tłumienia uzyskaną podczas eksperymentalnych badań wykonanych na prototypie rozpatrywanego tłumika liniowego z obrotowym wirnikiem.

Z uwagi na progresywny, dylatancyjny przebieg tej charakterystyki tłumik może zostać wykorzystany w szerokiej gamie zagadnień związanych z inteligentnym tłumieniem drgań konstrukcji i maszyn, zastępując złożone układy sterowania półaktywnego. W szczególności, wśród potencjalnych zastosowań tłumika można wyróżnić konstrukcje inżynierii budownictwa, transportu oraz robotyki, m.in. maszty, smukłe budynki, mosty, wiadukty, taśmy transportowe, aktywne zawieszania pojazdów, aktywne warstwy wibroizolacyjne, chwytaki i złącza robotów przemysłowych.

Przykład wykonania tłumika podany jest jedynie w charakterze nieograniczających wskazań dotyczących wynalazku i nie może w żaden sposób ograniczać zakresu ochrony, który jest określony przez zastrzeżenia patentowe.

Liniowy tłumik z obrotowym wirnikiem wykorzystujący jako czynnik roboczy nienewtonowski płyn dylatancyjny zawiera obudowę **A** o przekroju **L** i obrotowo zamocowanym na osi **J** do jarzma mocującego **C** wirnikiem **B**, poruszającym się w przewodzeniu **I** wykonanym w obudowie tłumika **A**. Wirnik **B**, w wyniku liniowego ruchu jarzma **C** wzdłuż przewodzenia **I**, obraca się w komorze roboczej **N** obudowy wypełnionej płynem dylatancyjnym. Komorę roboczą **N** tworzy wewnętrzna objętość obudowy **A**, ograniczona przez dwie pokrywy **H** i **G**, szczelnie zamocowane do obudowy **A** oraz objętość pomocniczej komory **E**, którą stanowi przeponowa, poprzecznie umieszczona elastyczna membrana **O**. Membrana **O** ma możliwość osiowego odkształcenia i pełni rolę regulatora objętości komory roboczej **N**. Objętość ta zmienia się w wyniku przemieszczania się jarzma **C** i tłoczyska (tj. trzpienia) **K**.

Ruch obrotowy wirnika **B** wywołany jest przez zmianę ruchu wzdłużnego jarzma **C** w wyniku działania koła zębatego **F** o określonej liczbie zębów, zamocowanego do wirnika **B** oraz listwy zębatej **D** przytwierdzonej do obudowy **A**. Przełożenie połączenia zębatego dobierane jest w zależności od zastosowania tłumika. Łopatki **M** wirnika **B** ukształtowane są tak, by ich powierzchnie boczne działały na ścinanie z płynem dylatancyjnym wypełniającym komorę roboczą **N**. Kształt, pozycja oraz powierzchnia łopatek **M** dobrane są tak, by ułatwiały przepływ płynu roboczego przez ażurową konstrukcję wirnika **B**, co pozwala na pracę tłumika w warunkach niewielkich prędkości przemieszczenia tłoczyska.

Progresywną charakterystykę tłumienia (fig. 5) w proponowanym rozwiązaniu tłumika liniowego z obrotowym wirnikiem osiąga się poprzez względny rotacyjny ruch wirnika **B** w płynie dylatancyjnym zgromadzonym w komorze roboczej **N**. Płyn dylatancyjny charakteryzuje się tym, że jego opór silnie rośnie w miarę wzrostu szybkości ścinania. Zjawisko to nazywane jest również zagęszczeniem przez ścinanie. W wyniku zastosowania łopat **M** w wirniku wzrasta powierzchnia oddziaływania ścinającego w porównaniu do typowego rozwiązania, jakim jest zastosowanie tłoka w klasycznym tłumiku liniowym. Wynika to z faktu, że płyn roboczy ma kontakt z całą powierzchnią łopat **M**, po obu jego stronach. Gdy wzrasta prędkość liniowa tłoczyska **K**, wzrasta również prędkość kątowna wirnika **B**. Płyn roboczy opływając łopatki wirnika, jest ścinany przez powierzchnię łopat, stawiając progresywny opór dla jarzma **C**. Dodatkową zaletą rotacji wirnika **B** jest mieszanie płynu roboczego, a co za tym idzie ograniczenie – typowego dla cieczy dylatancyjnych – zjawiska sedymentacji.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Tłumik liniowy zawierający obudowę (**A**) o wewnętrznym przekroju (**L**), zamkniętą z jednej strony pierwszą pokrywą (**H**) a z drugiej strony drugą pokrywą (**G**), w otworze której znajduje się ruchomy trzpień (**K**), **znamienny tym**, że wewnętrzny przekrój (**L**) obudowy (**A**) wzdłuż długości obudowy (**A**) posiada prowadzenie (**I**) jarzma (**C**), do którego za pośrednictwem osi (**J**) obrotowo zamocowany jest wirnik (**B**) zlokalizowany w komorze roboczej (**N**) wypełnionej płynem dylatancyjnym, przy czym wspomniany wirnik (**B**) jest zintegrowany z kołem zębatym (**F**), którego zęby poprzez ruchome połączenie zębate łączą listwę zębatą (**D**) zamocowaną do obudowy (**A**) z wirnikiem (**B**).
2. Tłumik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że prowadzenie (**I**) jest ukształtowane rowkowo na całej długości obudowy (**A**).

3. Tłumik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wirnik (**B**) jest połączony z trzpieniem (**K**) za pomocą jarzma (**C**).
4. Tłumik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wirnik (**B**) jest wyposażony w łopaty (**M**), które są rozłożone równomiernie na obwodzie zewnętrznym wirnika (**B**).
5. Tłumik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wirnik (**B**) ma ażurową konstrukcję.
6. Tłumik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w komorze roboczej (**N**) znajduje się przeporna, poprzecznie umieszczona elastyczna membrana (**O**).

## Rysunki

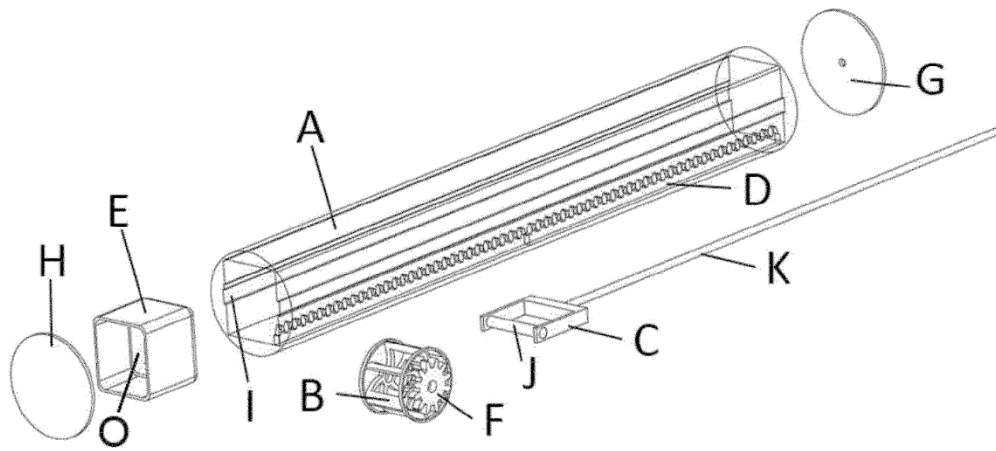


Fig. 1

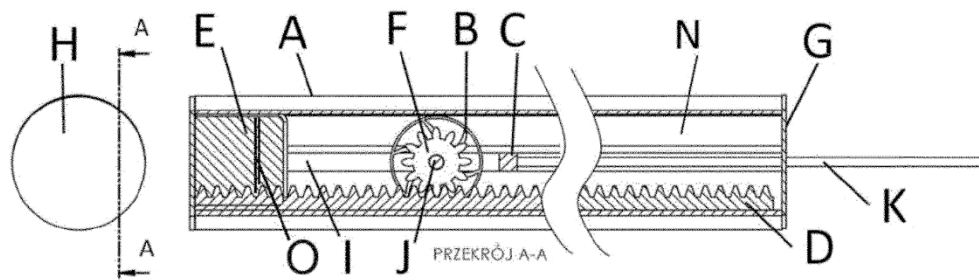


Fig. 2

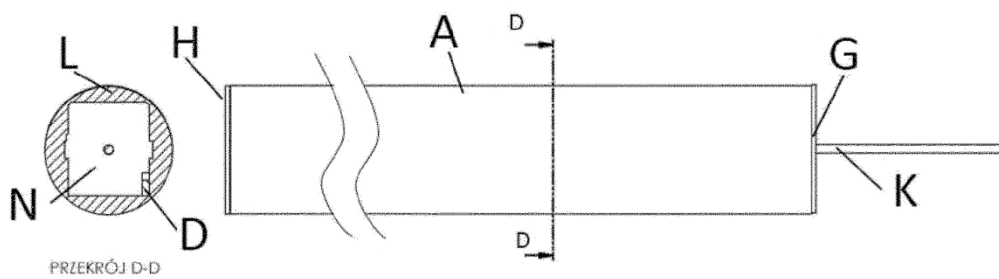


Fig. 3

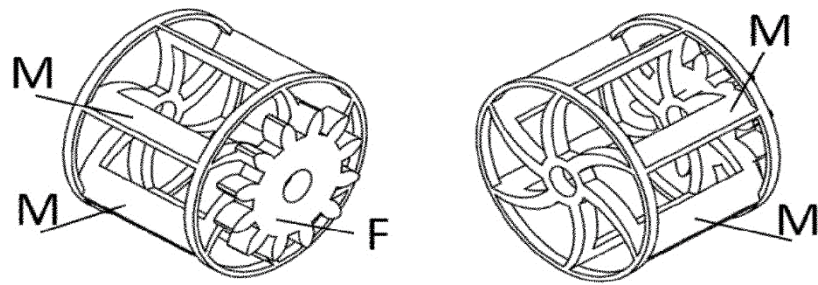


Fig. 4

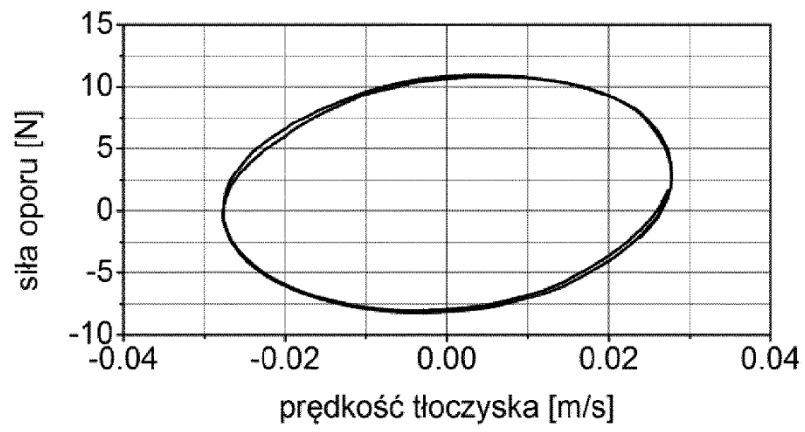


Fig. 5