

Paweł Skalski

Testy tłumika magnetoreologicznego

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.471

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych prototypu tłumika magnetoreologicznego zaprojektowanego w Instytucie Lotnictwa. Rozwiązanie konstrukcyjne zostało zastrzeżone w Urzędzie Patentowym. W pracy kolejno omówiono zasadę działania tłumika, stanowisko badawcze, oraz wyniki badań. Praca kończy się podsumowaniem.

Słowa kluczowe: testy, prototyp, tłumik magnetoreologiczny, stanowisko badawcze, elastomer magnetoreologiczny

Wstęp

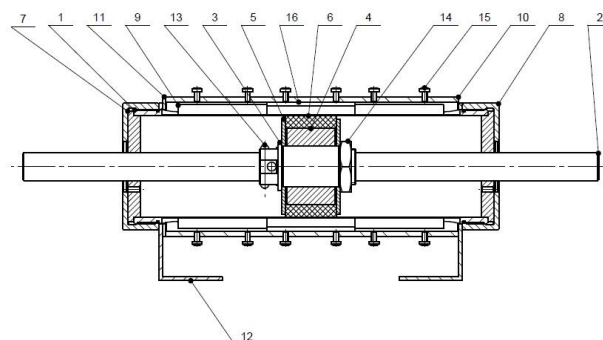
Tłumiki magnetoreologiczne zawierają w swojej konstrukcji ciecz lub elastomery magnetoreologiczne. Główną właściwością sterowalnych cieczy magnetycznych jest to, że w obecności działającego pola magnetycznego, wykazują granicę plastyczności i mogą zmieniać jej wartość. Tłumiki z cieczą magnetoreologiczną mają wiele wad, m.in. problemy uszczelnienia oraz sedimentacji pyłu magnetycznego w cieczy. Rozwiązaniem na te problemy jest zastąpienie cieczy elastomerami magnetoreologicznymi. Elastomery magnetoreologiczne to kompozyty, w których podatne magnetycznie, spolaryzowane cząstki znajdują się w osnowie polimerowej - zjawisko sedimentacji nie występuje. Cząstki mogą mieć kształt od nieregularnego po kulisty lub zbliżony do kulistego [1-4].

Celem pracy jest przeprowadzenie pierwszych testów prototypu tłumika z elastomerem magnetoreologicznym. Kolejno przedstawiono konstrukcję tłumika, następnie stanowisko badawcze i wyniki testów.

1 Obiekt testów

Obiekt testów to prototyp tłumika magnetoreologicznego zaprojektowanego i wykonanego w Instytucie Lotnictwa w Warszawie. Konstrukcja tłumika magnetoreologicznego została zastrzeżona w zgłoszeniu patentowym nr P-419845, dnia 16.12.2016 r.) [5]. Zgodnie z rys. 1 obiekt badań to urządzenie, które obejmuje cylinder 1, umieszczony wewnątrz niego tłok 3 wraz z tłoczyskiem 2. Na powierzchni tłoka 3 osadzony jest elastomer magnetoreologiczny 6. Tłumik zawiera dwie nakrętki 8, montowane do cylindra 1. Prowadzenie 7 zapewnia współosiowość i prowadzenie tłoczyska 2 w cylindrze 1. Magnesy stałe 16 umieszczone są na zewnętrznej powierzchni cylindra 1. Alternatywnie można zastosować jako elementy źródła pola magnetycznego cewki elektromagnetyczne. Magnesy stałe 16 wytwarzają pole magnetyczne, które oddziałuje na elastomer magnetoreologiczny 6, zmieniając jego właściwości reologiczne. Wytworzone przez magnesy stałe pole magnetyczne działa na elastomer magnetoreologiczny 6 tak, że przyciągają go z siłą powodującą wzrost siły docisku (w obszarze oddziaływania magnetycznego) między powierzchnią wewnętrzną cylindra 1 i powierzchnią elastomeru 6. Siła potrzebna do wsuwania i wysuwania tłoka 3 jest wynikiem tych oddziaływań oraz współczynnika tarcia między elastomerem 6 a powierzchnią wewnętrzną cylindra 1. Sterowanie parametrami tłumika odbywa się przez pole magnetyczne generowane przez magnesy stałe 16, działające na elastomer 6. W konstrukcji tłumika znajduje się również tuleja dystansowa 4, na

której osadzony jest elastomer, podkładka 5 zapewnia pozycjonowanie elastomeru na tulei, a nakrętka 14 blokuje ruch elastomeru z tłoka 3. Dystanse 9 blokują ruch magnesów stałych 16 w cylindrze 1. Nakładka 10 zabezpiecza magnesy przed wypadnięciem z cylindra 1. Podkładki elastyczne 11 służą do eliminacji luzu między nakładką 10, a nakrętkami 8. Łapy 12 umożliwiają montaż tłumika do stanowiska badawczego lub aplikacji tłumika. Magnesy 16 oraz dystanse 9 blokowane są w nakładce 10 za pomocą wkrętów 15.



Rys. 1. Schemat konstrukcyjny tłumika z elastomerem magnetoreologicznym: 1- cylinder, 2 - tłoczysko; 3 – tłok; 4 – tuleja dystansowa; 5 – podkładka; 6 – elastomer magnetoreologiczny; 7 – prowadzenie; 8 – nakrętka; 9 – dystans; 10 – nakrętka; 11 – podkładka elastyczna; 12 – łapa; 13 – nit; 14 – nakrętka; 15 – wkręt; 16 – magnes

W konstrukcji prototypu tłumika magnetoreologicznego zastosowano:

- 8 szt. magnesów neodymowych, w tym 4 szt. z biegunami N-S oraz 4 szt. z biegunami S-N,
- elastomer magnetoreologiczny.

Części i materiały zostały poprawnie wykonane, a konstrukcja tłumika wyróżniała się dużą sztywnością. W złożonym prototypie zrezygnowano z wkrętów nylonowych, gdyż okazały się one zbędne. Zarówno magnesy jak i dystanse pozostały na swoich miejscach i nie było konieczności ich dokręcania do cylindra.

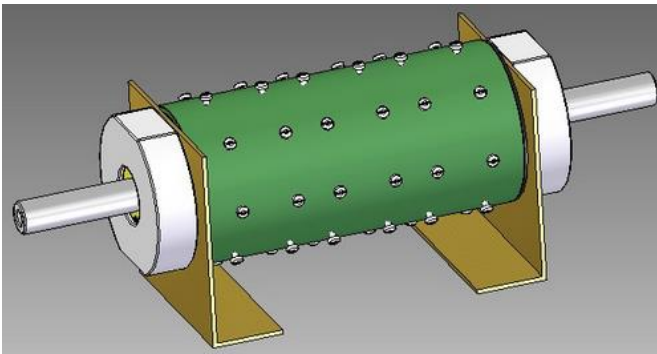
Widok złożonego prototypu tłumika magnetoreologicznego został przedstawiony na rys. 2. Na rys. 3 przedstawiono zamocowanie elastomeru magnetoreologicznego na tłoczysku. Na rys. 4 przedstawiono model 3D tłumika magnetoreologicznego.



Rys. 2. Widok prototypu tłumika magnetoreologicznego TMR-001



Rys. 3. Widok założonego elastomeru magnetoreologicznego na tloczynko



Rys. 4. Model 3D tłumika magnetoreologicznego (widok)

Tak przygotowany obiekt do badań został zamontowany na stanowisku badawczym. W kolejnej części artykułu opisano stanowisko badawcze, na którym testowano prototyp tłumika magnetoreologicznego o oznaczeniu TMR-001.

2 Opis stanowiska badawczego

Program badawczy zrealizowano w Instytucie Lotnictwa, na stanowisku zbudowanym w Laboratorium Badań Podwozi Lotniczych. Stanowisko badawcze jest przystosowane do badania tłumików i amortyzatorów. Przemieszczenie tloczynka regulowane jest skokowo poprzez zmianę położenia blokady. Obciążenie mocowane jest na szalce poprzez nałożenie odpowiednich ciężarów.

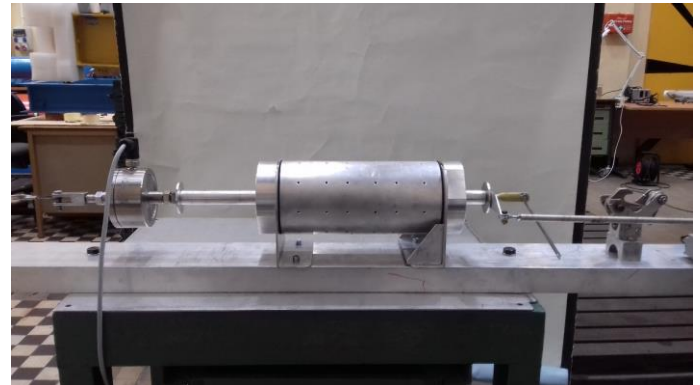


Rys. 5. Widok stanowiska badawczego

Rejestracja wyników badań eksperymentalnych odbywa się za pomocą czujników siły i przemieszczenia, a wyniki z czujników są rejestrowane na komputerze. W niniejszej pracy stanowisko badawcze posłużyło do badań prototypu tłumika TMR – 001. Przedstawio-

ne stanowisko dobrze sprawdza się w realizacji badań, oraz umożliwia ocenę siły tłumienia testowanego urządzenia.

Na rys. 5 zamieszczono ogólny widok stanowiska badawczego, a na rys. 6 widok zamontowanego obiektu – tłumika magnetoreologicznego na stanowisku badawczym.

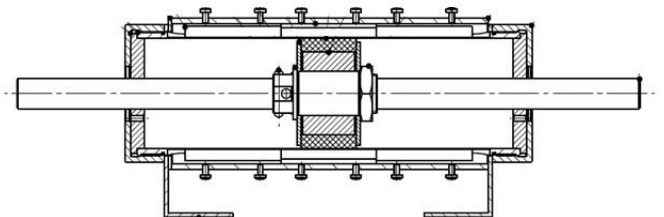


Rys. 6. Widok zamontowanego prototypu na stanowisku badawczym

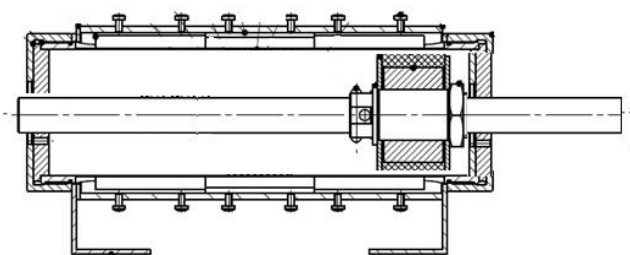
3 Realizacja badań

Realizacja badań została przeprowadzona dla dwóch położań elastomeru magnetoreologicznego względem działania pola magnetycznego pochodzącego od magnesów stałych zamontowanych w centralnej części tłumika. Na przedstawionym rys. 7 nazwanym wariantem 1, elastomer magnetoreologiczny znajduje się w działaniu pola magnetycznego. Jest to pozycja wyjściowa przed zwolnieniem blokady i wymuszeniem ruchu przez obciążniki umieszczone na szalce. W wariantcie 1, elastomer magnetoreologiczny przemieszcza się z części cylindra gdzie obecne jest pole magnetyczne i przemieszcza się w kierunku cylindra gdzie nie ma obecnego pola magnetycznego. W tym wariantcie, elastomer w pozycji wyjściowej przylega do ścianek cylindra i w momencie przejścia do części cylindra gdzie nie ma pola magnetycznego, zmienia swoje wymiary i przestaje trzeć o ścianki cylindra wewnętrznego.

Na przedstawionym na rys. 8, nazwanym wariantem 2, elastomer magnetoreologiczny znajduje się poza działaniem pola magnetycznego. Jest to pozycja wyjściowa przed zwolnieniem blokady i wymuszeniem ruchu przez obciążniki umieszczone na szalce. W wariantcie 2, elastomer magnetoreologiczny wraz z tloczynkiem przemieszcza się z części cylindra gdzie nie ma pola magnetycznego i następnie przechodzi przez część cylindra, gdzie wytworzone jest przez magnesy stałe pole magnetyczne, po czym ponownie wchodzi w obszar braku oddziaływania pola magnetycznego. W polu magnetycznym elastomer zmienia swoją geometrię, przylega do wewnętrznych ścianek cylindra, i pojawia się tarcie między elastomerem a cylindrem.



Rys. 7. Wariant 1 – elastomer magnetoreologiczny położony w polu magnetycznym



Rys. 8. Wariant 2 – elastomer magnetoreologiczny położony poza polem magnetycznym

Na rys. 9, 10, 11, 12 zamieszczono wyniki badań eksperymentalnych tłumika TMR-001 dla obciążenia 80 kg, w wariancie 1, kolejno przedstawiono:

- na rys. 9 wykres prędkości przemieszczenia tłoczyska w funkcji przemieszczenia Lx ;
- na rys. 10 wykres siły tłumienia w funkcji przemieszczenia Lx ;
- na rys. 11 wykres siły tłumienia w funkcji czasu t ;
- na rys. 12 wykres siły tłumienia w funkcji prędkości v .

Na wykresach (rys. 9-12) zauważalny jest wzrost prędkości, przemieszczenia oraz siły spowodowany zwolnieniem blokady i działaniem obciążenia na tłoczysko. Następnie siła maleje, a tłoczysko przemieszcza się do końca cylindra i zatrzymuje się.

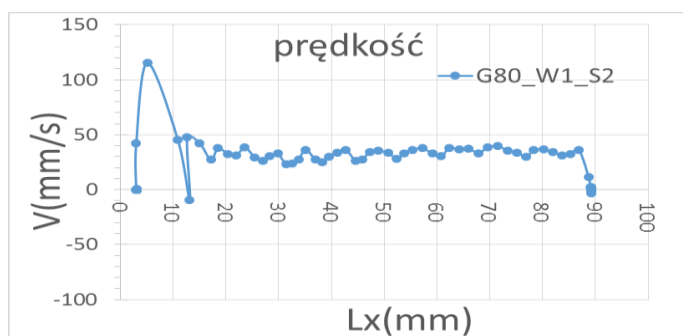
Na rys. 13, 14, 15, 16 zamieszczono wyniki badań dla obciążenia 80 kg, w wariancie 2, kolejno przedstawiono:

- na rys. 13 wykres prędkości przemieszczenia tłoczyska w funkcji przemieszczenia Lx ;
- na rys. 14 wykres siły tłumienia w funkcji przemieszczenia Lx ;
- na rys. 15 wykres siły tłumienia w funkcji czasu t ;
- na rys. 16 wykres siły tłumienia w funkcji prędkości V .

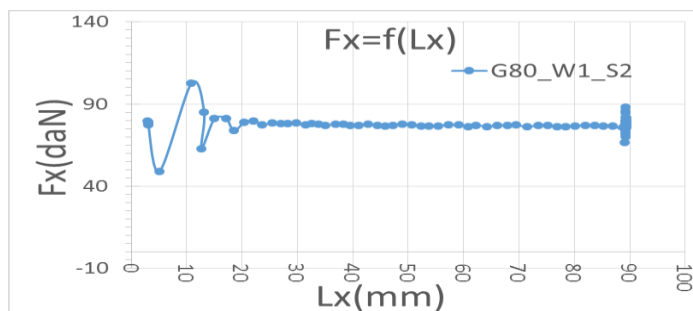
Na wykresach (rys. 13 - 16) zauważalny jest wzrost prędkości, przemieszczenia oraz siły spowodowany zwolnieniem blokady i działaniem obciążenia na tłoczysko. Prędkości przemieszczenia tłoczyska oraz wzrost siły jak i przemieszczenia różni się znacznie porównując do wariantu 1 przy tym samym obciążeniu tj. 80 kg. Spowodowane jest to tym, iż w pozycji startowej próby, elastomer magnetoreologiczny znajdują się w cylindrze poza działaniem pola magnetycznego. Przyłożone obciążenie i zwolnienie blokady powoduje przemieszczenie tłoczyska ze strefy braku pola magnetycznego do strefy działania pola magnetycznego. W związku z tym zmieniają się wymiary elastomeru oraz zmienia się tarcie powstające pomiędzy elastomerem, a wewnętrzną ścianką cylindra.

Analizując otrzymane wyniki badań eksperymentalnych tłumika TMR-001, można stwierdzić iż istnieje graniczna wartość siły tłumienia nie większa od minimalnej siły wymuszenia zapewniającej ruch tłoczyska na pełnym skoku. Prędkość rośnie wraz ze wzrostem obciążenia. Siła tłumienia jak i prędkość przemieszczenia tłoczyska zmienia się wraz z pozycją startową elastomeru tj. zależy czy elastomer magnetoreologiczny znajduje się w działaniu pola magnetycznego czy też znajduje się poza działaniem pola magnetycznego.

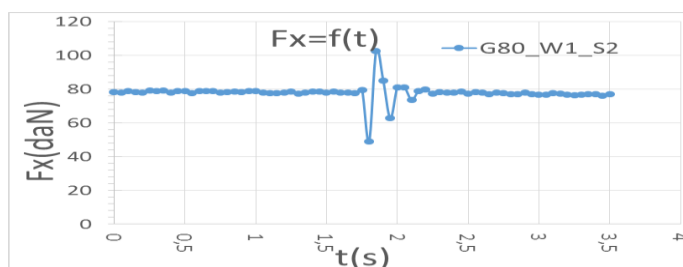
Po przeanalizowaniu wyników badań, stwierdzono, że w kolejnych badaniach należy zwiększyć częstotliwość próbkowania.



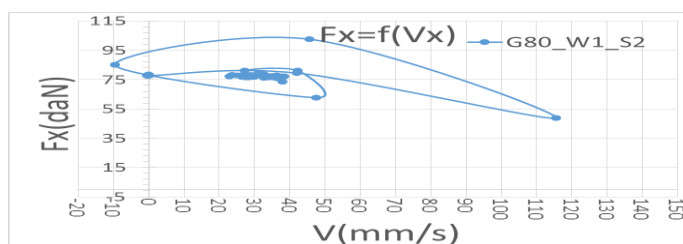
Rys. 9. Wyniki badań eksperymentalnych tłumika TMR – 001 dla obciążenia 80kg – wykres prędkości przemieszczenia tłoczyska w funkcji przemieszczenia Lx



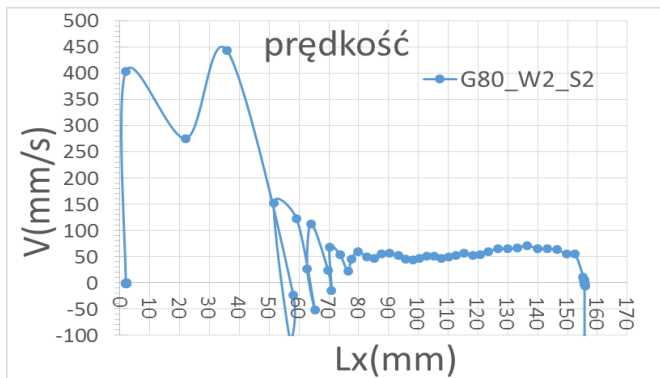
Rys. 10. Wyniki badań eksperymentalnych tłumika TMR – 001 dla obciążenia 80 kg – wykres siły tłumienia w funkcji przemieszczenia Lx



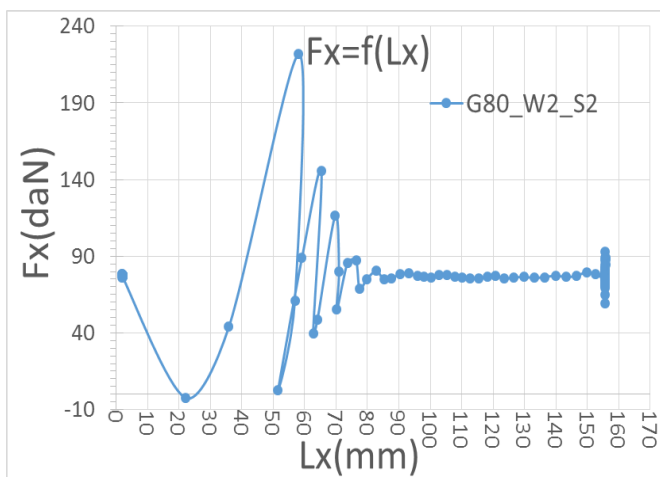
Rys. 11. Wyniki badań eksperymentalnych tłumika TMR – 001 dla obciążenia 80 kg – wykres siły tłumienia w funkcji czasu t



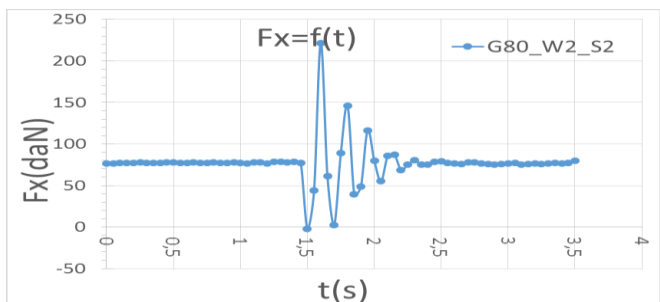
Rys. 12. Wyniki badań eksperymentalnych tłumika TMR – 001 dla obciążenia 80 kg – wykres siły tłumienia w funkcji prędkości V



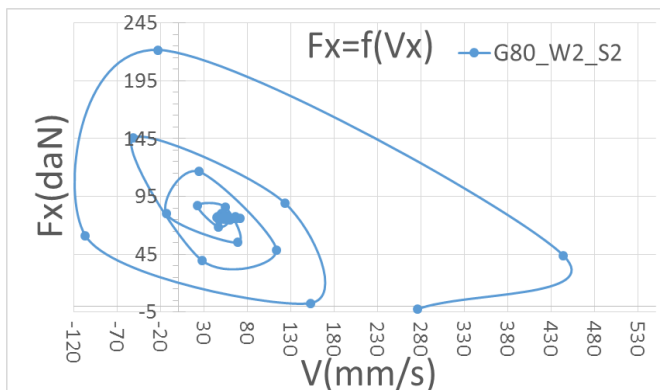
Rys. 13. Wyniki badań eksperymentalnych tłumika TMR – 001 dla obciążenia 80kg – wykres prędkości przemieszczenia tłoczyska w funkcji przemieszczenia Lx



Rys. 14. Wyniki badań eksperymentalnych tłumika TMR – 001 dla obciążenia 80 kg – wykres siły tłumienia w funkcji przemieszczenia Lx



Rys. 15. Wyniki badań eksperymentalnych tłumika TMR – 001 dla obciążenia 80 kg – wykres siły tłumienia w funkcji czasu t



Rys. 16. Wyniki badań eksperymentalnych tłumika TMR – 001 dla obciążenia 80 kg – wykres siły tłumienia w funkcji prędkości V

Dyskusja i podsumowanie

Analiza wyników otrzymanych badań jest niezwykle trudna ze względu na zastosowany materiał magnetoreologiczny (wieloelastomerowy kompozyt magnetoreologiczny) jest jeszcze w trakcie badań. Projektowany tłumik zawierający innowacyjny materiał jest prototypem rozwiązania zgłoszenia patentowego z grudnia 2016r. Prototyp jest w trakcie badań i potencjalnych zmian konstrukcyjnych.

W bezpośrednim oddziaływaniu wytworzonego pola magnetycznego elastomer magnetoreologiczny zmienia swoje wymiary, przylega do ścianek tłumika, tym samym powstaje tarcie pomiędzy elastomerem, a wewnętrzną ścianką cylindra, które powoduje wzrost siły tłumiącej.

Poprawność konstrukcji zaprojektowanego tłumika została zweryfikowana w badaniach laboratoryjnych. Eksperymenty zostały zrealizowane na stanowisku grawitacyjnym. Stanowisko to znajdująca się w Laboratorium Badań Podwozi Lotniczych, dedykowane jest do badań tłumików.

Przedstawione w pracy badania eksperymentalne są nowatorskie. Pierwsze badania stanowią podstawę do wstępnej analizy zachowania się nowoczesnego rozwiązania tłumika zawierającego nowoczesne rozwiązanie materiałowe.

Celem badań było przede wszystkim sprawdzenie działania nowego rozwiązania tłumika z elastomerem magnetoreologicznym.

Tłumiki z elastomerem magnetoreologicznym mogą zastąpić stosowane obecnie rozwiązania, lub uzupełnić o nowe innowacyjne rozwiązania wykorzystujące nowoczesne technologie materiałowe. Producenci pojazdów i statków powietrznych poszukują nowych rozwiązań absorpcji i rozpraszania energii, które mogą poprawić bezpieczeństwo użytkownika lub operatora w warunkach pracy.

Przewiduje się, że zaprojektowanie, przebadanie i późniejsze wprowadzenie do eksploatacji nowatorskich, wysoko innowacyjnych tłumików pozwoli podnieść poziom bezpieczeństwa środków transportu.

Bibliografia:

1. Carlson J. D., What makes a good MR fluid?, Proceedings of the Eighth International Conference, Electrorheological Fluids and Magnetorheological Suspensions, 2001.
2. Bajkowski J., Ciecze i tłumiki magnetoreologiczne, Właściwości, budowa, badania, modelowanie i zastosowania, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności WKŁ, Warszawa, 2014.
3. Skalski P., Dębek C., Storage and loss modulus investigations of magnetorheological elastomers, Logistyka, vol. 3, 2015.
4. Dębek C., Skalski P., Wieloelastomerowe kompozyty magnetoreologiczne, P-412907, 2015.
5. Skalski P., Skorupka Z., Harla R., Tywoniuk A., Dębek C., Tłumik magnetoreologiczny, P-419845, 2016.

Tests of a magnetorheological damper

Paper showed the results of experimental tests of a magnetorheological damper prototype. The damper construction is protected in the Polish Patent Office. In the paper the solution of the damper, the test stand, and results of experiments are presented.

Keywords: tests, prototype, magnetorheological damper, test stand, magnetorheological elastomer.

Autor:

dr inż. Paweł Skalski – Instytut Lotnictwa w Warszawie, Centrum Transportu i Konwersji Energii, Zakład Transportu, pawel.skalski@ilot.edu.pl