

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym

Modern material technologies in aerospace industry

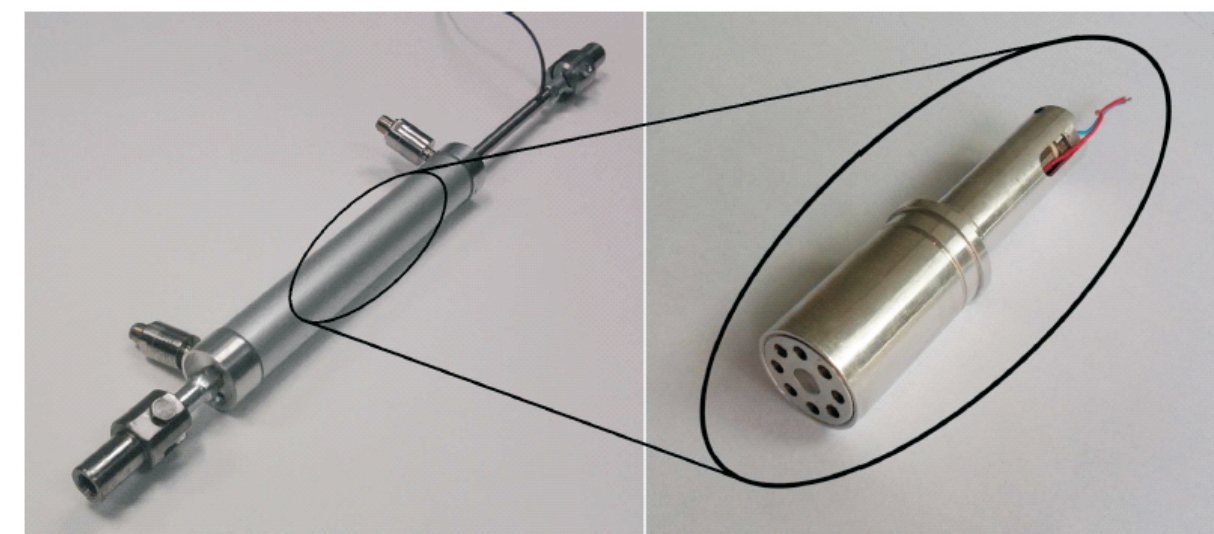
Materiały inteligentne - oraz bazujące na nich systemy zespolone (ang. smart embedded systems) do zastosowania w lotnictwie

Smart embedded systems based on intelligent materials

Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Instytut Lotnictwa w Warszawie, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska

Wyniki badań Results

Rozwój technologii wykonania i weryfikacji piezo-zaworu HPA Development of HPA technology and verification



Rys. 1: Adaptacyjny absorber gazowy i piezoelektryczny zawór HPA.
Fig. 1. Adaptive pneumatic absorber and piezoelectric valve HPA.

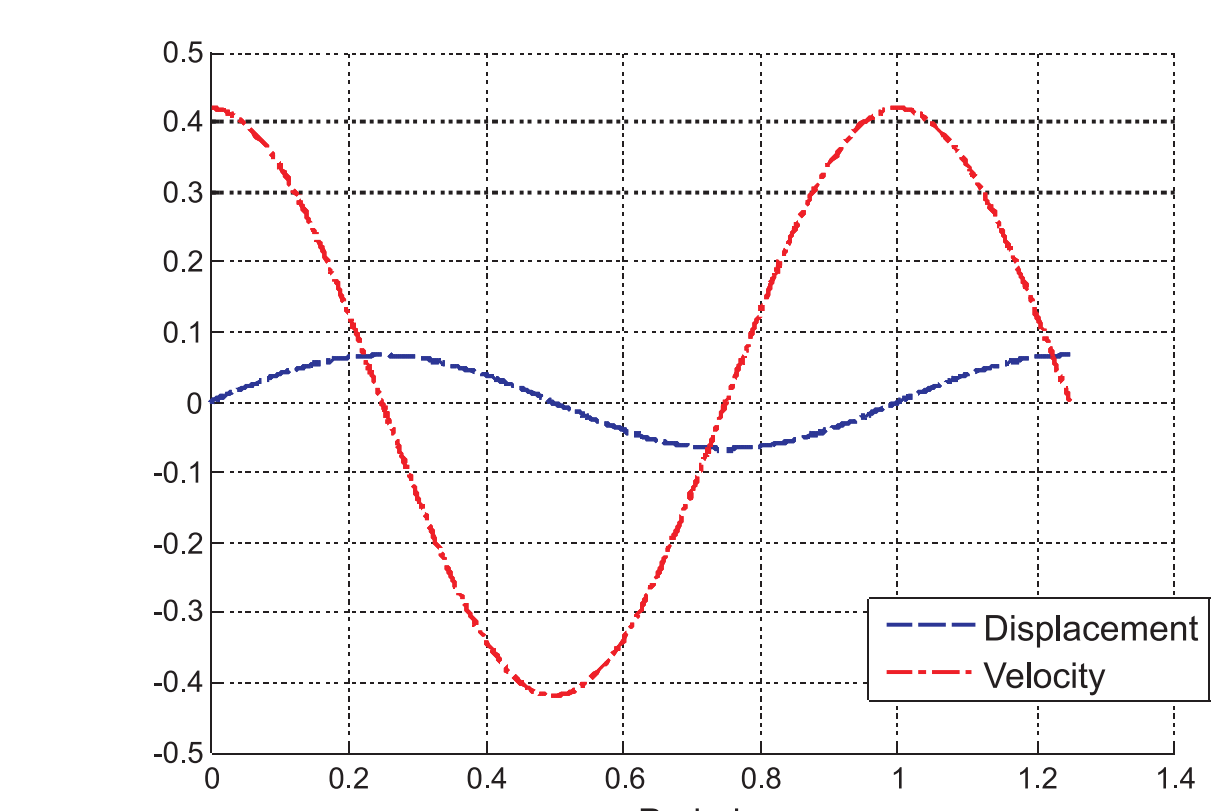
Idea badawcza: zastosowanie szybkich zaworów piezoelektrycznych do opracowania pneumatycznych absorberów adaptacyjnych o sprawności rozpraszania energii mechanicznej przekraczającej 90%.

Research idea: utilization of fast actuated piezoelectric valves for development of pneumatic adaptive absorbers characterised by efficiency factor higher than 90%.

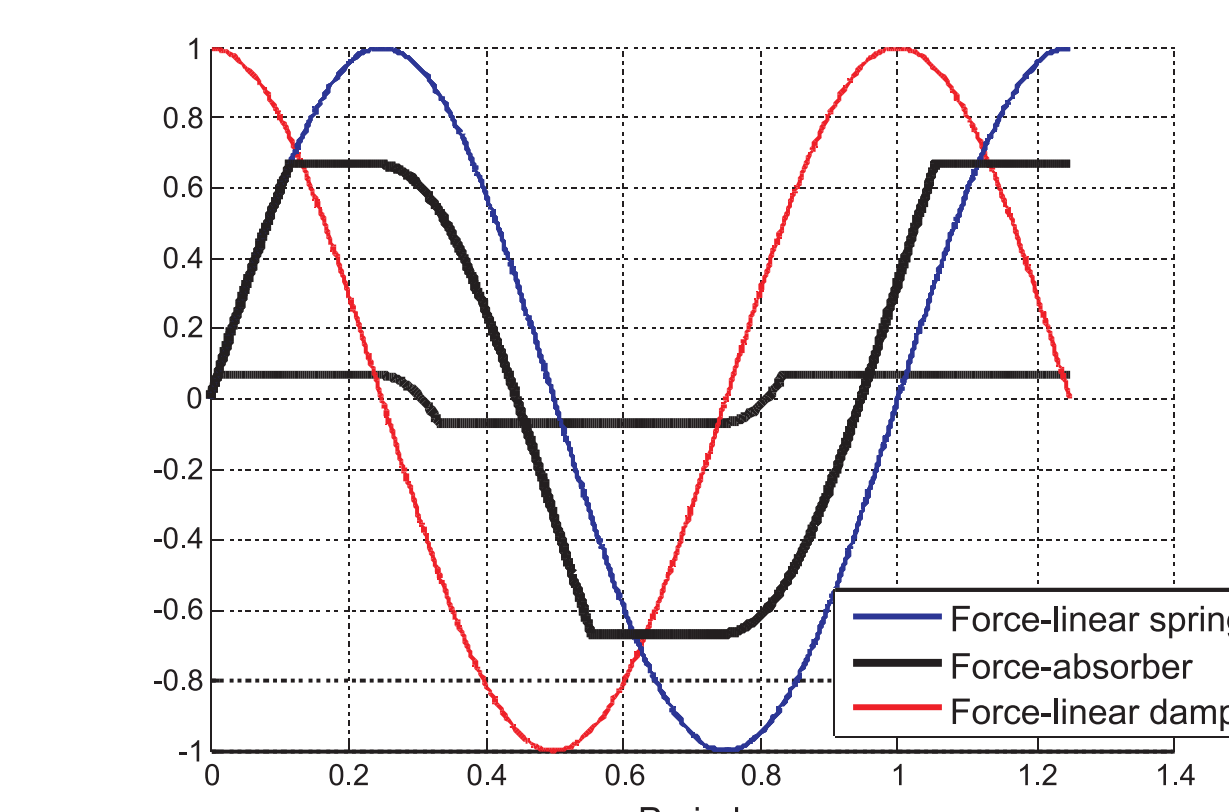
W celu określenia charakterystyk mechanicznych absorbera PAA w odniesieniu do elementarnych elementów mechanicznych, porównano jego siły reakcji na wymuszenia kinematyczne sinusoidalne do sił reakcji tłumika liniowego i sprężyny liniowej (Rys.2,3,4).

In order to specify mechanical characteristics of the PAA absorber in relation to the elementary mechanical elements, it was compared to linear damper and linear spring with regard to reaction forces (Fig. 2,3,4).

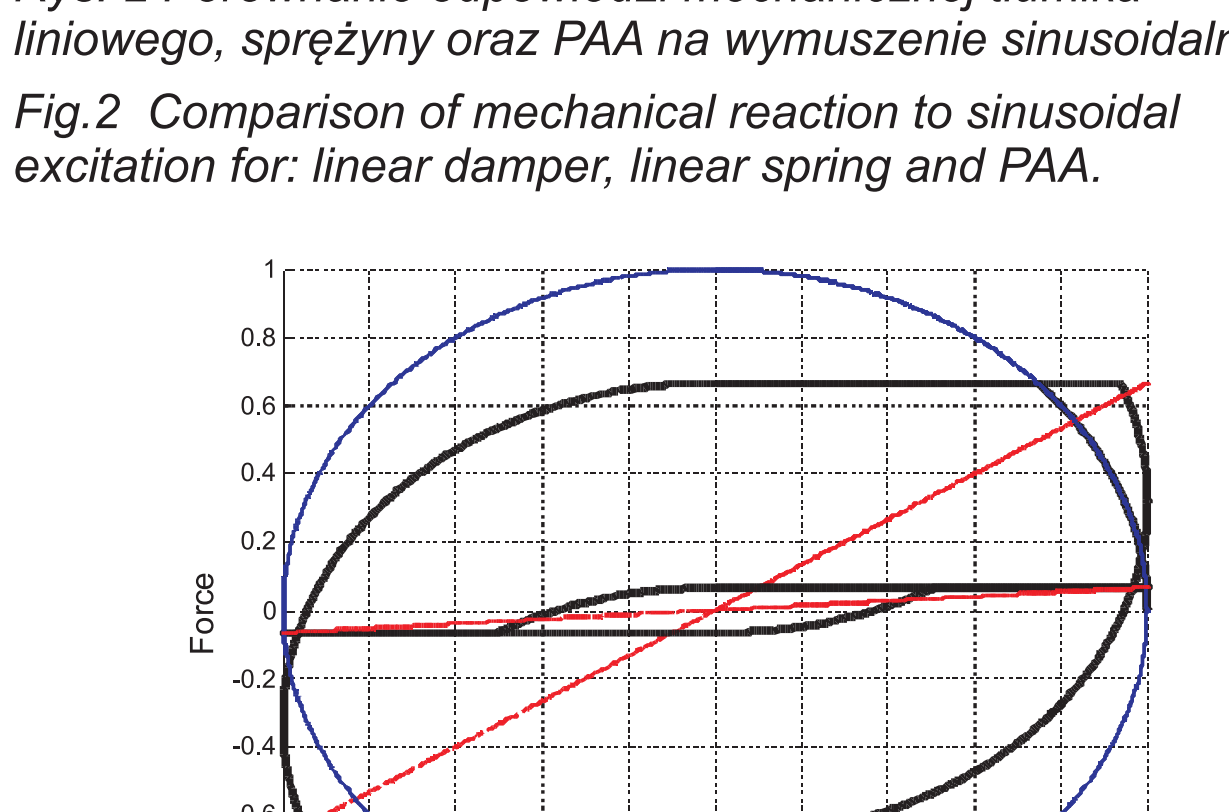
Cel badań Objective
Opracowanie pneumatycznych absorberów adaptacyjnych o wysokiej sprawności.
Development of high efficient Pneumatic



Rys. 2 Porównanie odpowiedzi mechanicznej tłumika liniowego, sprężyny oraz PAA na wymuszenie sinusoidalne.
Fig.2 Comparison of mechanical reaction to sinusoidal excitation for: linear damper, linear spring and PAA.



Rys. 3 Charakterystyki siła-przemieszczenia dla absorbera PAA, tłumika liniowego i sprężyny liniowej.
Fig.3 Force-displacement characteristics of PAA absorber, linear damper and linear spring.



Rys. 4 Charakterystyki siła-prędkość dla absorbera PAA, tłumika liniowego i sprężyny liniowej.
Fig.4 Force-velocity characteristics of PAA absorber, linear damper and linear spring.

Wnioski Conclusions

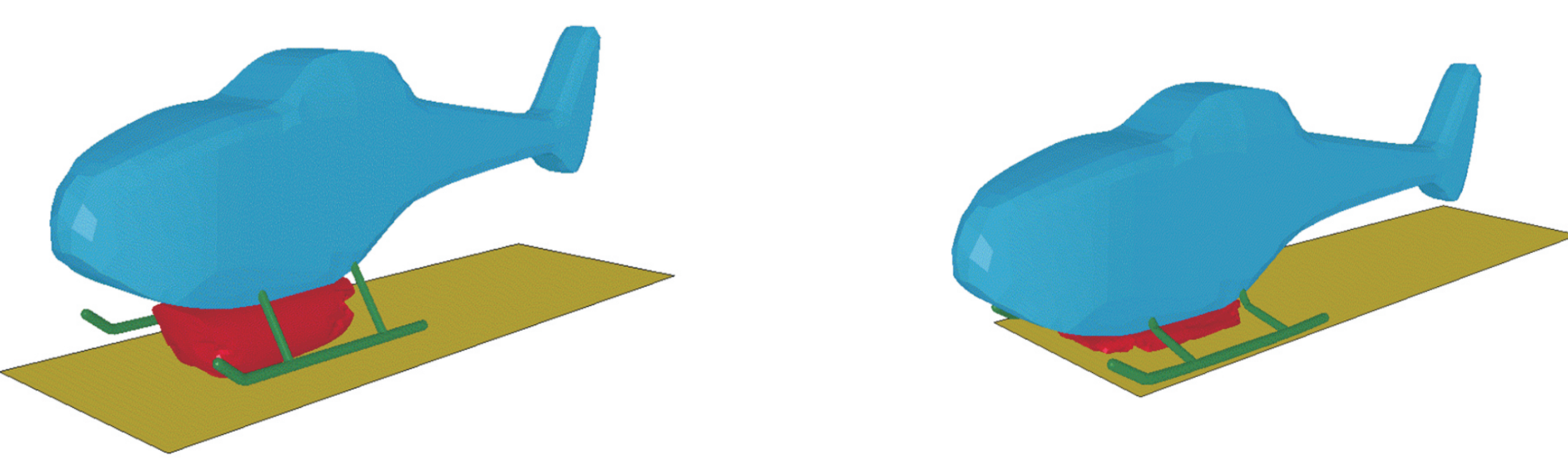
- sprawność rozpraszania energii przy użyciu absorbera PAA nie jest stała w całym zakresie poziomów sterowania i jest najwyższa w zakresie do 20% teoretycznej wartości maksymalnej reakcji absorbera. Optymalizacja wartości sprawności absorberów PAA może być uzyskana poprzez dobór sztywności bazowej absorbera.
- zwiększenie sztywności bazowej absorbera wpływa na zmniejszenie pętli histerezy na charakterystyce siła-prędkość i zwiększenie parametru sterowalności absorbera.
- energy absorption efficiency of PAA is not constant for the whole range of the controllable force levels and it is the highest for 20% of theoretical value of the absorber's reaction. Optimization of the absorber's efficiency can be conducted via proper level of the base stiffness of the absorber.
- Increase of the base stiffness of the absorber influences a decrease in the hysteresis of the force-velocity characteristic, which improves controllability of the device.

Wyniki badań Results

Opracowanie demonstratora HPV The development of HPV demonstrator

Jednym z przewidywanych zastosowań zaworu HPV jest adaptacyjna poduszka awaryjnego lądowania do lekkiego śmigłowca (Rys. 5). Proces ten na potrzeby obecnego etapu badań został sprowadzony do zagadnienia jednowymiarowego uderzenia centralnego masy opadającej z prędkością początkową V_0 i symulowanego w warunkach laboratoryjnych na stanowisku zrzutowym. W ramach prac projektowych wykonano symulację lądowania śmigłowca z uwzględnieniem zjawiska adaptacji poduszki do warunków lądowania do ustalenia sposobu przeprowadzania eksperymentów demonstracyjnych.

One of the anticipated applications of the HPV Valve is adaptive emergency air-bag for a light rotorcraft (Fig. 5) In the current stage of the research, the process analysis was simplified to 1D problem of center impact of drop mass with initial velocity V_0 , which was emulated on a laboratory drop test stand. In the frame of the project development a simulation of the rotorcraft landing was conducted with the adaptive control strategy included. The results will serve to define the parameters of the experimental campaign.

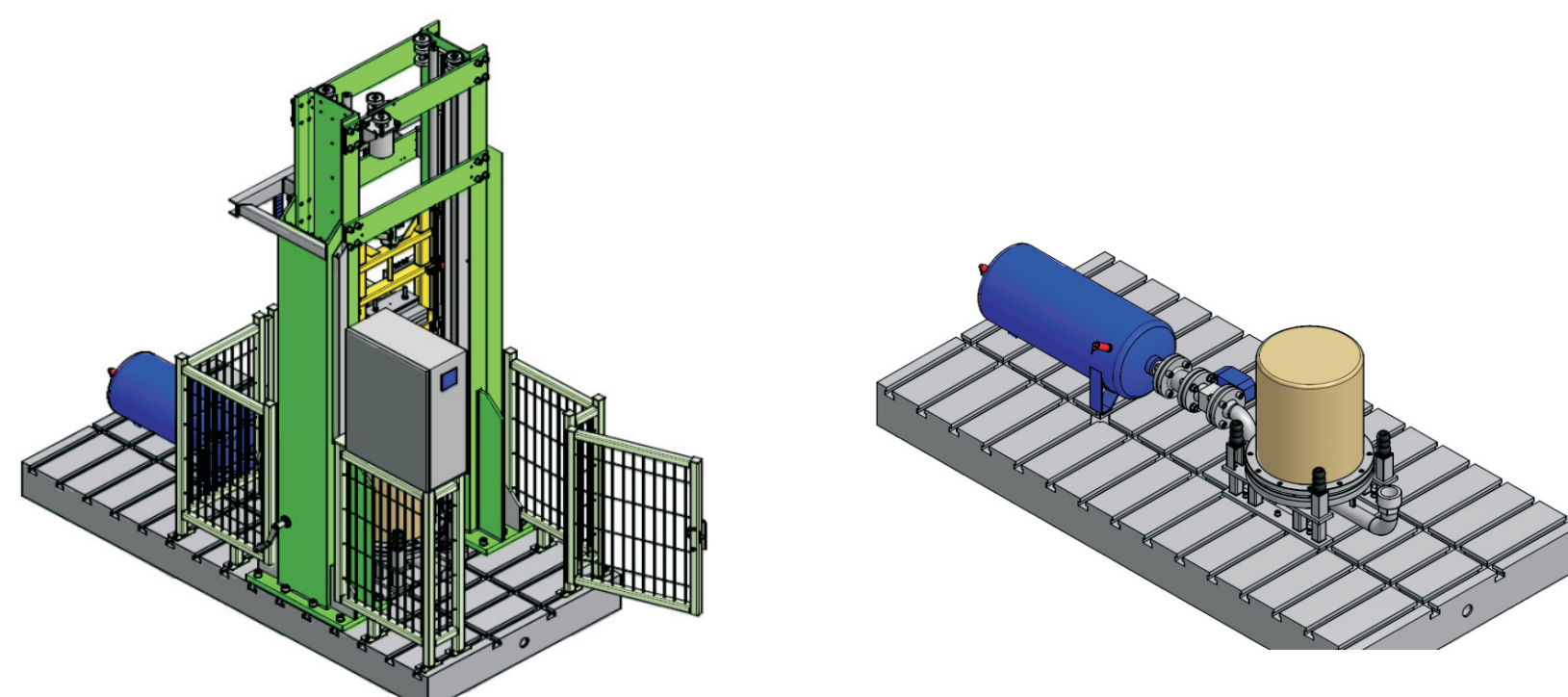


Rys. 5 Wyniki symulacji lądowania awaryjnego lekkiego śmigłowca wyposażonego w poduszkę awaryjnego lądowania
Fig. 5 Simulation results for emergency landing of a light rotorcraft equipped with protective airbag

Skonfigurowano oprzyrządowanie pomiarowe stanowiska badawczego Demonstratora HPV (rys. 6,7) na które składa się płyta bazowa, stanowisko zrzutowe (zrzutownik), zbiornik napełniania poduszki, zawór sterujący, głowica pomiarowo-bazowa poduszki oraz powłoka poduszki gazowej. Wykonano wstępne serie badań eksperymentalnych.

Experimental set-up for the HPV Demonstrator was configured (Fig. 5-6). The set-up consisted of: base plate, drop-test stand, gas container for filling the air-bag, control valve, measurement head for the air-bag, air-bag envelope. Initial, verification experimental sessions were conducted.

Wyniki badań Results



Rys. 6 Widok modelu stanowiska demonstratora HPV.
Fig. 5 View of the HPV demonstrator stand model.



Rys. 7 Widok sekwencji działania demonstratora poduszki adaptacyjnej.
Fig. 7 View of the HPV demonstrator model operation sequence.

Przeprowadzono dalsze prace uruchomieniowe i kalibracyjne stanowiska i wykonano próbną zrzut masy na badaną poduszkę gazową. Sterowanie stanowiskiem realizowano z poziomu komputera sterującego pomiarowego z systemem LabView. Na Rys. 7 pokazano sekwencję zrzutu wózka obciążającego poduszkę gazową. Widoczny jest również działający zawór HPV.

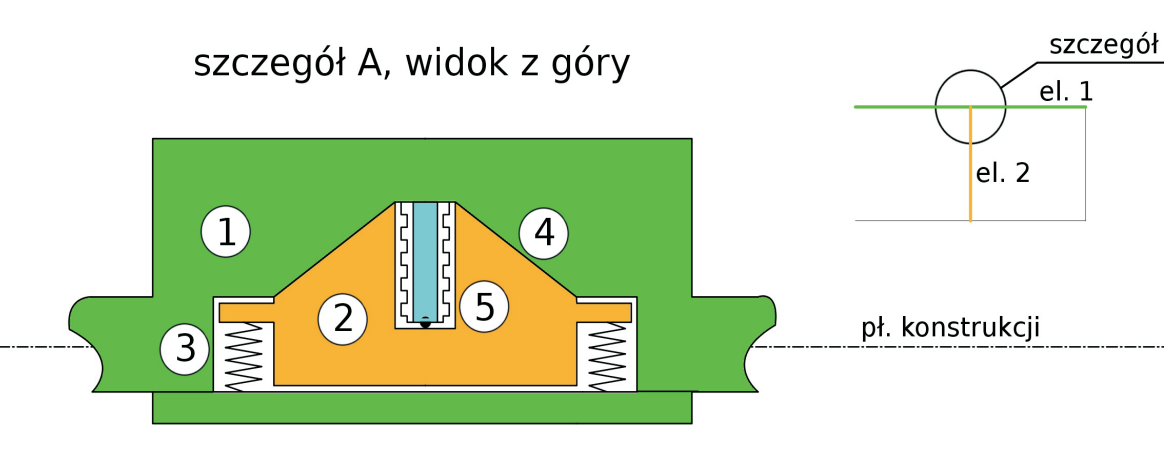
Calibration and preparation of the experimental set-up as well as trial drop test were conducted. Control of the stand was performed with Real-time control system based on LabView Software platform. Fig. 7 depicts a sequence of the drop mass impacting the air-bag. The figure presents also the HPV valve under operational conditions.

Wyniki badań Results

Opracowanie węzła aktywnego PAR dla konstrukcji ramowych. PAR node for frame structures.

węzeł aktywny PAR:
- jest przeznaczony do półaktywnego tłumienia drgań w konstrukcjach ramowych,
- jest wykonany w oparciu o aktywny piezoelektryczny oraz powierzchnie cierne - umożliwiają płynne przejście pomiędzy węzłem kratowym a ramowym.

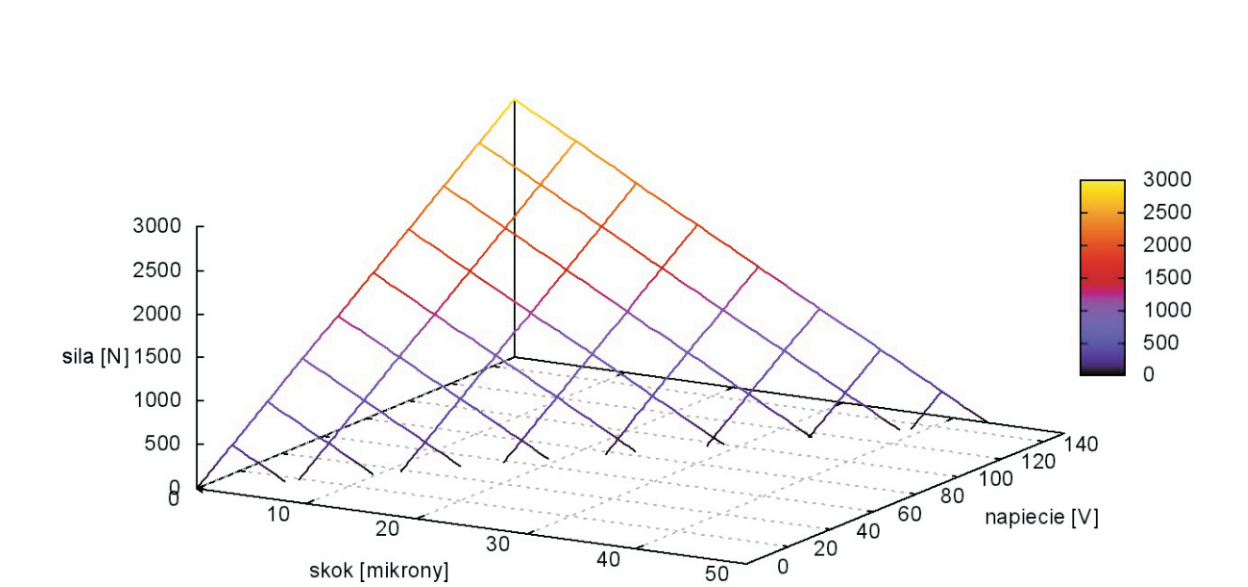
PAR active nodes:
• are dedicated to semi-active vibration reduction in frame structures,
• are fabricated with the use of piezoelectric actuator and friction surfaces
• enable transformations between two states: frame node and truss node.



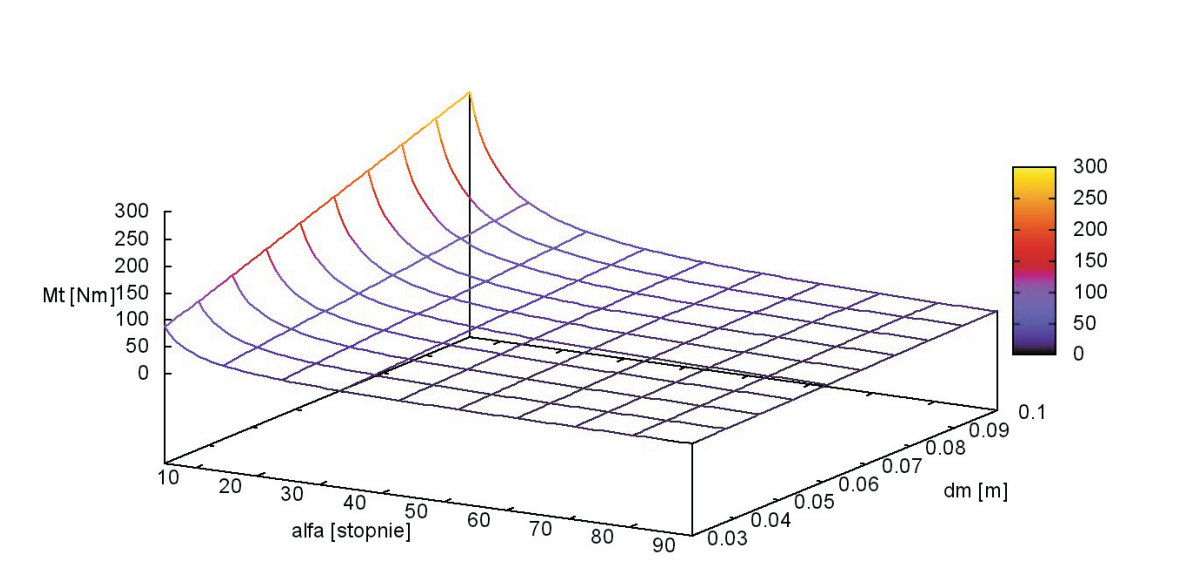
Rys. 9: Schemat przyjętego modelu wspornika ramowego.
Fig. 9. Assumed model of a frame structure.

Important features of PAR node:

- dimensions: diameter x height: 110 mm x 78 mm
- maximum torque transferred: 23 Nm
- actuator: Cedrat PPA 40L
- highest stiffness of the node with no actuation of the piezo-actuator
- minimum stiffness of the node by the maximum force on the piezo-actuator



Rys. 10: Charakterystyka aktywatora
Fig. 10: Piezoelectric actuator characteristic.



Rys. 11: Przeniesiony przez połączenie moment jako funkcja kąta i średnicy stożka.
Fig. 11: Max. transmitted moment as a function of cone angle and diameter.

Wnioski Conclusions

- Opracowany został projekt węzła aktywnego przeznaczonego do demonstracji metody PAR w konstrukcjach ramowych.
- Przyjęta konstrukcja umożliwia realizację różnych strategii sterowania, w szczególności umożliwiła przyjęcie pośrednich wartości sztywności węzła, pomiędzy sztywnością odpowiadającą węzłowi kratowemu i ramowemu.
- Przyjęta konstrukcja zapewnia pracę węzła w stanie odpowiadającym max. sztywności przy braku aktywacji, w szczególności przy wyłączonym zasilaniu.

- Active node for PAR method demonstration in frame structures was developed
- The adopted design allows realization of various control strategies. Specifically it allows to realize a range of stiffness values in between the frame like and truss like modes.
- The adopted design ensures functionality of the node with the maximum stiffness when the actuator is turned off, specifically in a lack of power supply condition.

Wyniki badań Results

Rozwój technologii ADBAG dla małych prędkości uderzenia. Development of ADBAG technology for low impact velocities.

Cel: Rozwój modułu sterującego dla technologii ADBAG.

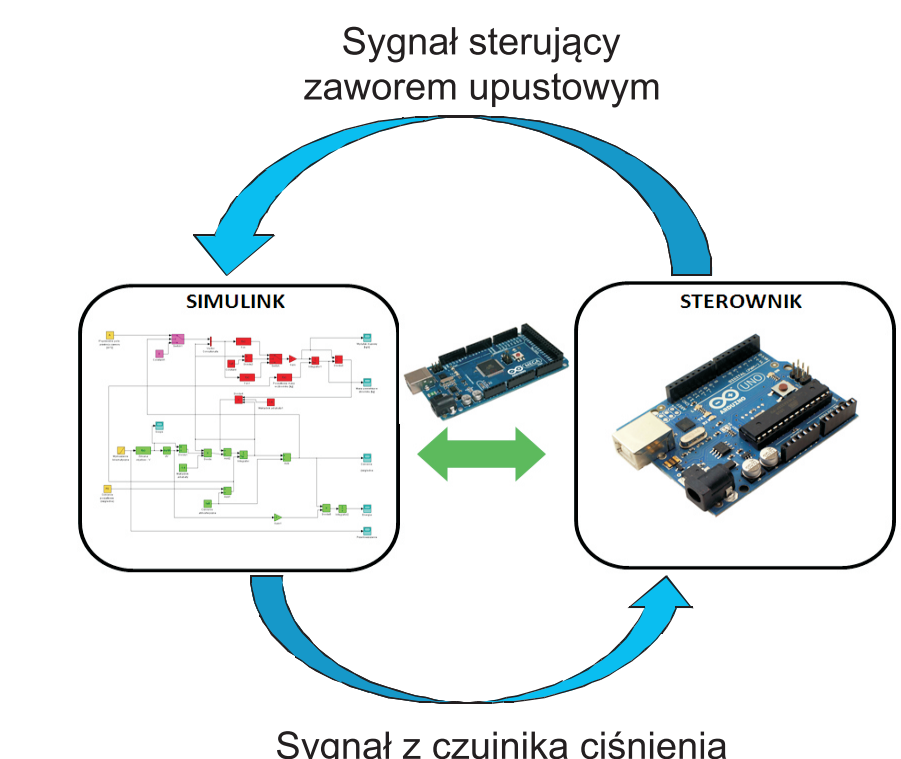
Aim: Develop of the controller for ADBAG technology for low impact velocities.

Moduł sterujący:
• rozwiązanie oparte o platformę Arduino
• system akwizycji danych
• komunikacja bezprzewodowa krótkiego zasięgu (XBee)

Control module:
• the Arduino platform has been used
• data acquisition system
• short range wireless communication (XBee)

Cosimulation (Hardware-Software) investigation

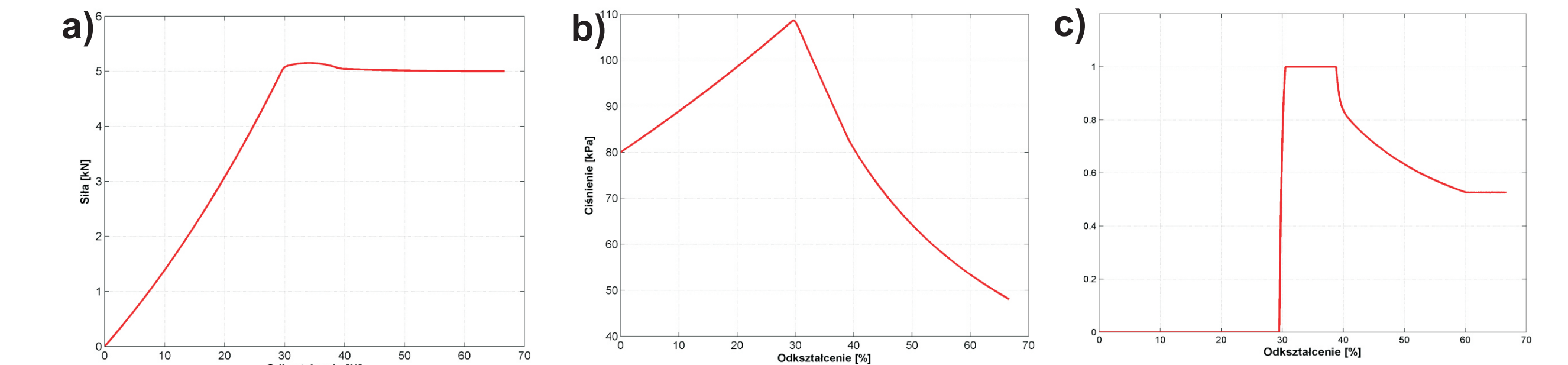
Warunki początkowe:
• ciśnienie początkowe w odbojnicy pneumatycznej
• masa i prędkość



Strategia sterowania:
• stałe ciśnienie
• stała siła kontaktowa

Control strategies:
• constant force
• constant pressure

Cosimulation (Hardware-Software) results



Rys. 12: a) siła kontaktowa między obiektem uderzającym a odbojnicą b) zmiana ciśnienia wewnątrz odbojnicy c) sygnał sterujący otwarciem zaworu upustowego.
Rys. 12: a) contact force between an object and fender b) pressure change in fender c) opening of the valve

Wnioski Conclusions

Działanie opracowanych strategii sterowania zostały zweryfikowane na podstawie symulacji. The control strategies were developed using cosimulation-based approach.

Wyniki badań Results

Utworzenie geometrii powłoki wykonanej z kompozytu lotniczego Geometry creation of a shell, made of an aviation composite

Cel badań Objective

Opracowanie metodyki projektowania siatek dla potrzeb modelowania numerycznego rzeczywistych elementów konstrukcyjnych.
Development of mesh design methodology for numerical modelling of real structural elements.

Idea badawcza: zastosowanie zdalnych bezkontaktowych pomiarów optycznych rzeczywistego elementu konstrukcyjnego i utworzenie cyfrowego, skalowalnego modelu elementu.

Research idea: application of remote contactless optical measurements of a real structural element and generation of a scalable digital model of the element.

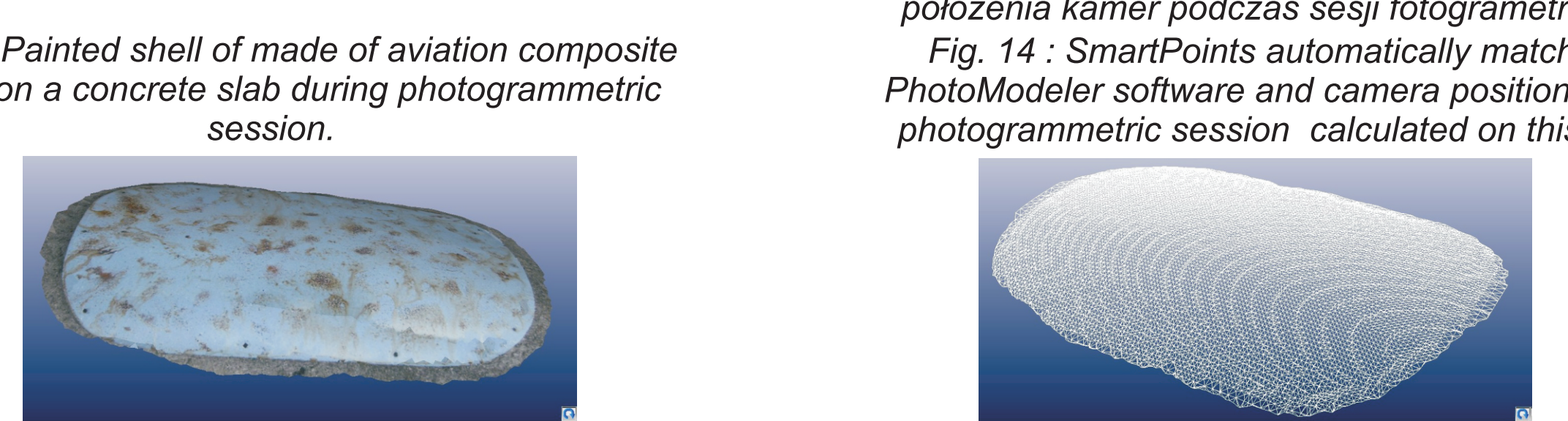
Zaproponowana metoda: użycie fotogrametrii bliskiego zasięgu dla otrzymania przekalowanego trójwymiarowego modelu elementu i wygenerowanie na tej podstawie siatki trójkątów opisujących tę geometrię dla potrzeb modelowania numerycznego.

Suggested methodology: usage of close range photogrammetry to obtain scaled 3D model of the element and generation of a triangle mesh characterizing this geometry for numerical modelling purposes.



Rys. 13: Pomalowana powłoka z kompozytu lotniczego na betonowej płycie w trakcie sesji fotogrametrycznej.
Fig. 13: Painted shell of made of aviation composite placed on a concrete slab during photogrammetric session.

Rys. 14: SmartPoints dopasowane automatycznie w programie PhotoModeler i obliczone na tej podstawie położenia kamer podczas sesji fotogrametrycznej.
Fig. 14: SmartPoints automatically matched in PhotoModeler software and camera positions during photogrammetric session calculated on this basis.



Rys. 15: Trójwymiarowa powierzchnia modelu fotogrametrycznego po nałożeniu tekstury.
Fig. 15: Texturized 3D photogrammetric model.

Rys. 16: Wynikowy siatkowy model powłoki opisującej geometrię badanego elementu.
Fig. 16: Resulting mesh model characterizing geometry of the structural element under study.

Wnioski
• wykazano poprawność proponowanej metody generowania siatek modelu obliczeniowych na podstawie pomiarów fotogrametrycznych bliskiego zasięgu.
• uzyskano siatkę ponad 100 tys. trójkątów dla powierzchni modelu ok. 1/4 m².
• w przypadku powierzchni elementów konstrukcyjnych bez wyraźnej tekstury konieczne jest sztuczne naniesienie znaczników na badanej powierzchni.

Conclusions
• the correctness of the suggested methodology of numerical model mesh generation based on close range photogrammetric measurements has been proved.
• the resulting mesh has over 100 thousands of triangles for the model area of approx. 1/4 m²
• in the case of structural elements of no pronounced texture artificial marking of the surface is necessary.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

1. Arkadiusz Mróz, Jan Biczycy, Jan Holnicki-Szulc, **Prestress Accumulation - Release for Damping of Impact-Borne Vibrations**. Numerical Analysis of Simple Frame Structures, 6th World Conference on Structural Control and Monitoring, 15-17 July, 2014, Barcelona, Spain.
2. G. Mikułowski, R. Wiszowaty, J. Holnicki-Szulc, **Analysis and thermodynamic modeling of a pneumatic adaptive absorber**, Proc. of Sixth World Conference on Structural Control and Monitoring, 6WCSCM, 15-17 July 2014, Barcelona, Spain
3. R. Wiszowaty, G. Mikułowski, K. Sekula, J. Biczycy, **Application of Piezoelectric Actuators for the Gas Valve Opening Control**, 39th Solid Mechanics Conference SOLMECH, Book of Abstracts, Z.L. Kowalewski (Editor), Zakopane, Poland, September 1-5, 2014, pp. 111-112

Zgłoszenia patentowe:

1. Arkadiusz Mróz, Jan Holnicki-Szulc, **Półaktywny węzeł zwłaszcza do tłumienia drgań**.