

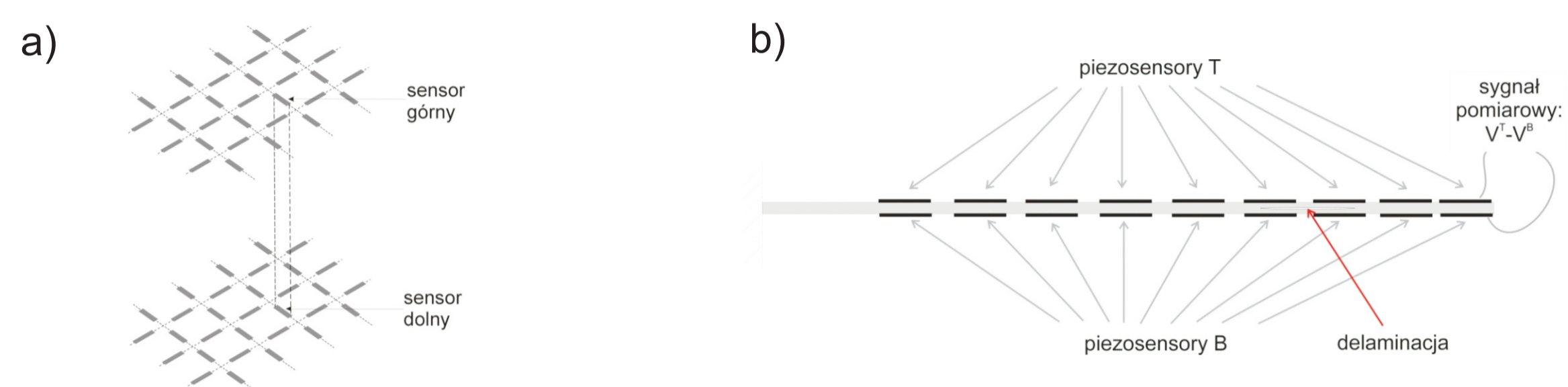
Materiały inteligentne - oraz bazujące na nich systemy zespolone (ang. smart embedded systems) do zastosowania w lotnictwie

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 wibroakustycznych technik i procedur pomiarowych dla lotnictwa The development of the vibroacoustic method and procedures for aviation

Systemy czasu rzeczywistego wspomagające wykrywanie uszkodzeń, bazujące na analizie sygnałów drganiowych: Real-time systems for delamination monitoring:



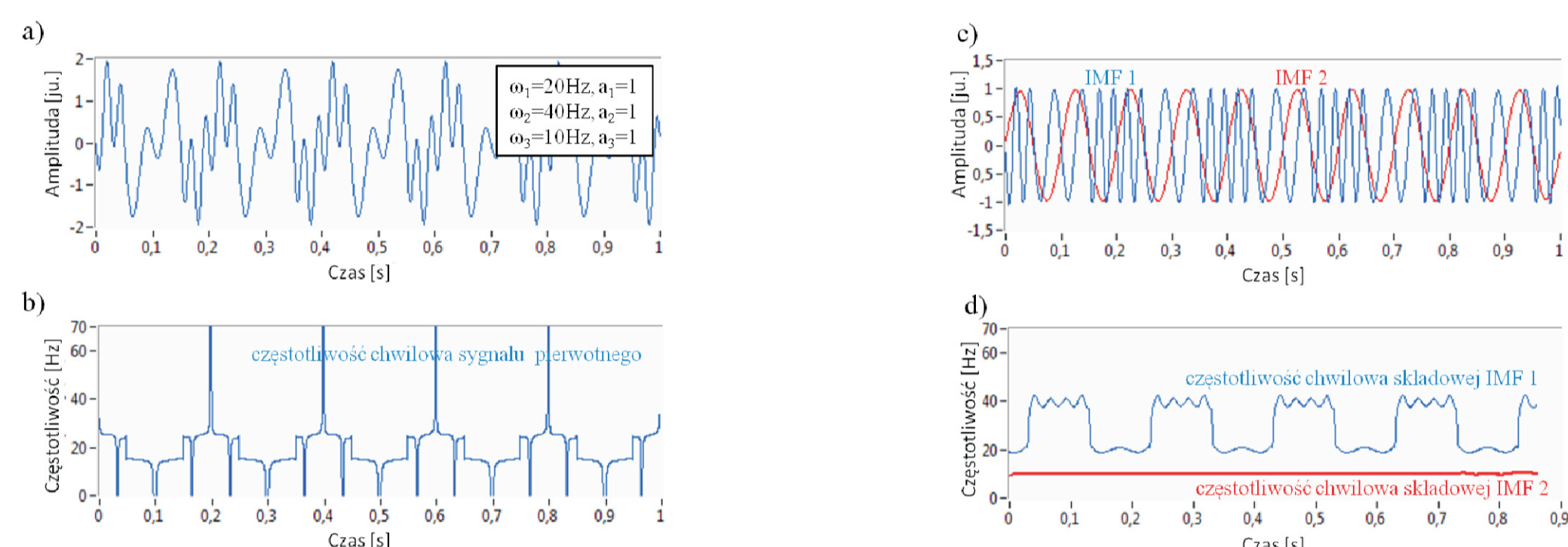
Rys. 1: Systemy SHM bazujące na zintegrowanych sieciach czujników: a) sieć 3D czujników piezoelektrycznych zintegrowanych z elementem kompozytowym, b) schemat analizy porównawczej sygnałów wykorzystywanej do Fig. 1: Systems basing on integrated nets of sensors: a) 3D network of piezoelectric sensors integrated with the composite material, b) scheme for delamination identification based on comparative analysis of the vibration signals.

Identyfikacja efektu modulacji częstotliwościowej sygnału drganiowego:

- Cel: wspomaganie procedur wykrywających delaminację - Założenie: powstanie delaminacji w materiale warstwowym wprowadza nieliniowość materiałową, w następstwie czego w sygnale drganiowym generowanym w wyniku działania obciążeń zewnętrznych pojawia się składowa o okresowo modulowanej częstotliwości.

The identification of the frequency modulation effect of the vibration signal:

- The aim: support for delamination identification procedures - Assumption: the existence of delamination in the layered material cause a material nonlinearity, as a result the component with periodically modulated frequency appear in the vibrational signal generated by external loads



Rys. 2: Sygnal $x(t)$ o okresowo zmiennej częstotliwości (a), charakterystyka częstotliwościowo-czasowa sygnału obliczona z pominięciem procedury EMD (b), uzyskane w wyniku dekompozycji EMD składowe sygnału (d), charakterystyka częstotliwościowo-czasowa sygnału zdekomponowanego (c). Fig. 2: The signal $x(t)$ with periodically modulated frequency (a), time-frequency characteristic computed with disregard of the EMD procedure (b), components of the signal obtained by EMD decomposition (d), time-frequency characteristic of the decomposed signal (d).

Wnioski Conclusions

- Zaimplementowano algorytm HHT (ang. Hilbert-Huang Transform) i zbadano jego możliwości w zakresie wykrywania w sygnałach efektów powstających w wyniku ujawnienia się nieliniowych własności źródła sygnału
- Potwierdzono przydatność algorytmu HHT do wyodrębnienia składowych sygnału o okresowo modulowanej częstotliwości
- The Hilbert-Huang Transform algorithm was implemented. Its effectiveness in context of identification of frequency modulation effect was examined.
- The usefulness of HHT algorithm in mentioned task was confirmed.

Wyniki badań Results

Rozwój technologii testowania pianek aukstycznych The development of technologies for testing of auxetic foams

Cel badań

Celem badań jest opracowanie metodologii wyznaczania właściwości tłumiących i parametrów rozpraszania energii uderzenia pianek aukstycznych w warunkach prób uderzeniowych na stanowisku zrzutowym (Rys. 3 a).

Objective of the research

The objective is to develop the methodology for estimation of the damping properties and impact energy dissipated by the auxetic foams in terms of impact testing performed by use of free fall testing stand (Fig. 3a).

Sposób pomiaru

Metoda bazuje na detekcji parametrów rozpraszania energii spadającego obiektu który uderza w badaną próbkę. Energia uderzenia jest regulowana wysokością zrzutu i masą obiektu. W czasie prób uderzeniowych bezpośredniej rejestracji podlegają przemieszczenie i przyspieszenie wózka zrzutownika połączonego z młotem uderzającym w próbkę. Inne wielkości jak prędkość wózka, odkształcenie próbki, wartość siły uderzenia oraz energii odkształcenia próbki określano pośrednio na podstawie przemieszczenia i przyspieszenia. Przykładowe wyniki pomiarów które zarejestrowano na stanowisku przedstawiono na Rys. 3 b. Zaznaczono fazę spadku swobodnego uderzenia.

Methodology of measurement

The method is based on the impact energy dissipation parameters of the free fall object which impact in to the sample. The impact energy is adjusted by the dropped high and mass of the impacting object. During the tests displacement and acceleration of the test stand trolley are directly measured. Other sizes as the speed of the impacting object, the deformation of the sample, the impacting force and the deformation energy of the sample was determined indirectly on the basis of the displacement and acceleration. The exemplary results detected by use of testing stand are show in the Fig. 3b. The free fall and the impact phase was depicted.



Rys. 3: Próby uderzeniowe pianek poliuretanowych: a) widok ogólny stanowiska b) przykładowe wyniki pomiaru Fig. 3: Impact testing of the polyurethane foams: a) general view of testing stand b) exemplary results

Wnioski

Metoda może być użyta do detekcji właściwości pianek poliuretanowych. Uzyskane wyniki pomiarowe mogą być podstawą do dalszej obróbki i interpretacji rezultatów.

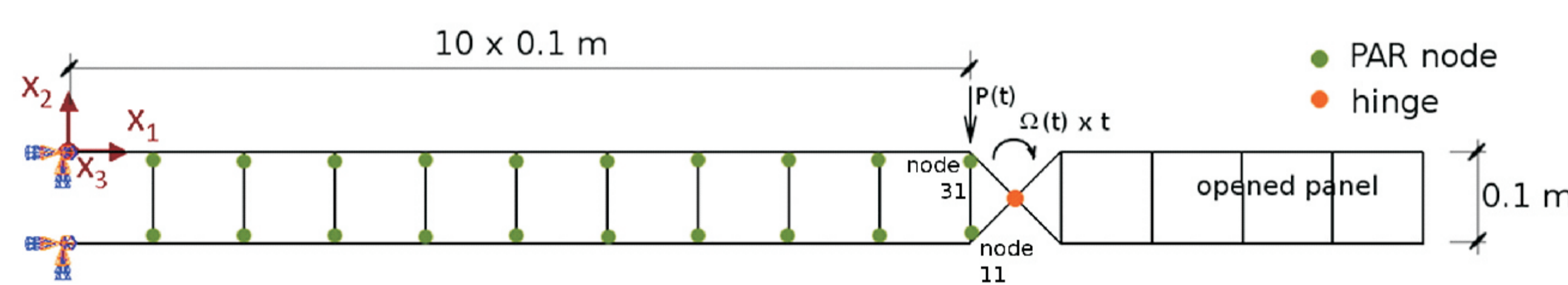
Conclusions

The method can be used for determining the polyurethane foams properties. The measurements can be the basis for further processing and interpretation results.

Wyniki badań Results

Rozwój technologii wytwarzania systemów PAR The development of technology for PAR systems

Demonstrator numeryczny metody PAR. Prestress Accumulation-Release method - numerical demonstrator.



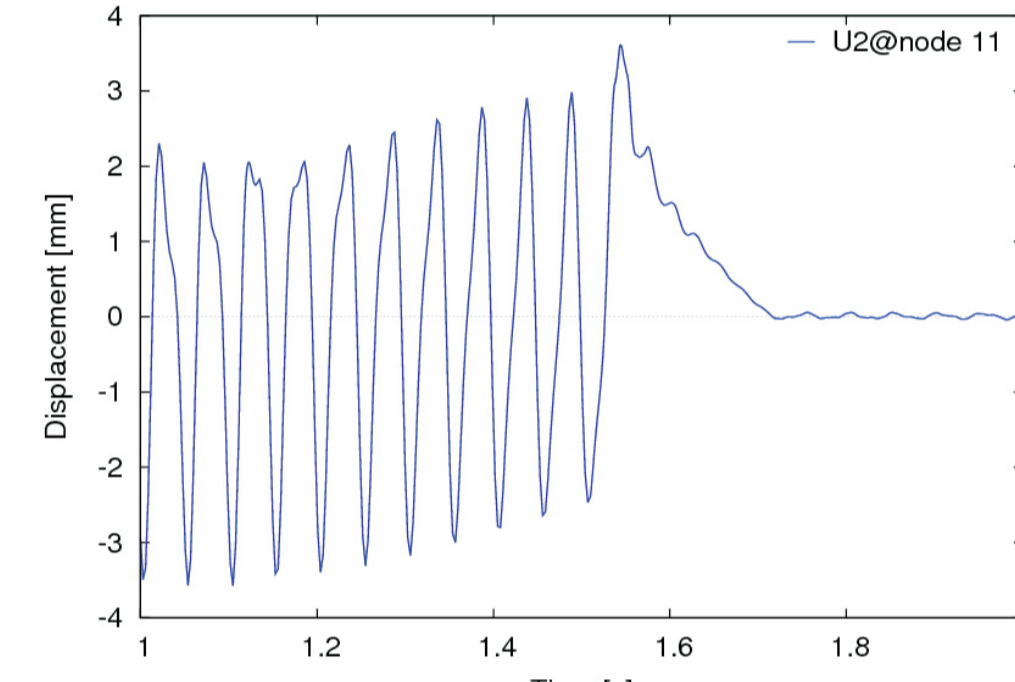
Rys. 4: Schemat przyjętego modelu wspornika ramowego. Fig. 4. Assumed model of a frame structure

węzły PAR:

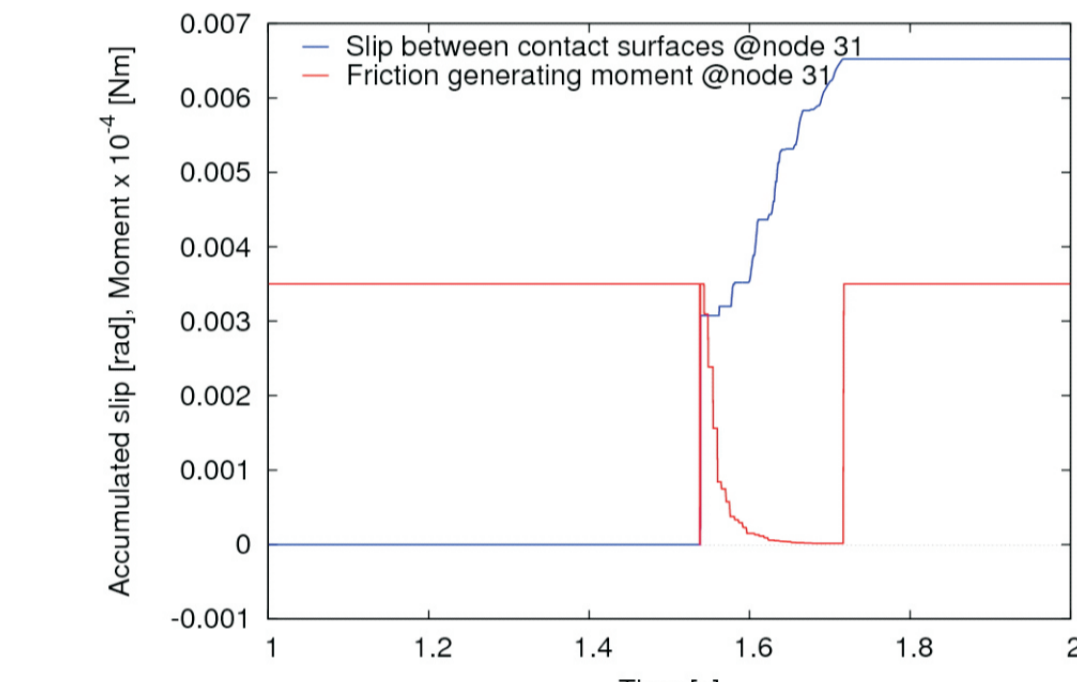
- są półaktywne – wymagają jedynie energii potrzebnej do regulacji aktywatora (np. złożonego ze stosów piezo) oraz energii zasilającej układ elektroniczny
- wykorzystują energię odkształcenia (SE) zakumulowaną w układzie drgającym do wyhamowania drgań,
- umożliwiają konwersję części energii odkształcenia w energię kinetyczną oraz jej efektywną dyssypację,

PAR nodes:

- are semi-active – they require only activation energy of the piezo stacks (or other actuator) and energy consumed by electronics,
- utilize strain energy (SE) accumulated in the structure to slow down vibration of fundamental mode(s) of vibration,
- enable portions of the system energy to be transferred from SE to kinetic energy and effectively dissipated,



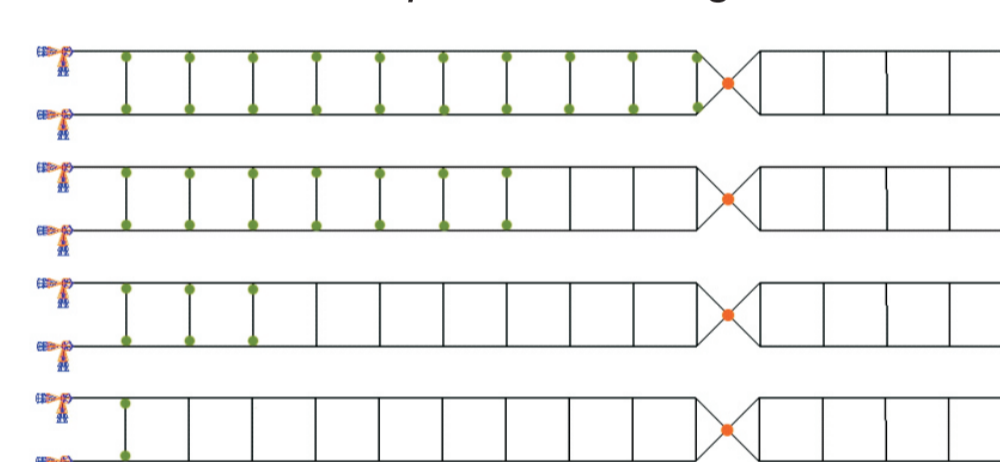
Rys. 5: Efekt tłumienia przemieszczenia pionowego. Fig. 5: Vertical displacement mitigation with PAR nodes.



Rys. 6: Moment sterujący i poślizg na płaszczyznach. Fig. 6: Applied control moment and resulting slip in a PAR

Number of active nodes	Vertical amplitude reduction	number of node activations
10	99.4%	1
7	98.3%	2
3	90.8%	6
1	56.7%	9

Tab. 1: Efektywność tłumienia przemieszczenia pionowego w zależności od liczby węzłów aktywnych. Tab. 1: Vertical displacement mitigation efficiency depending on the number of active nodes.



Rys. 7: Lokalizacja węzłów PAR. Fig. 7: PAR nodes localization.

Wnioski

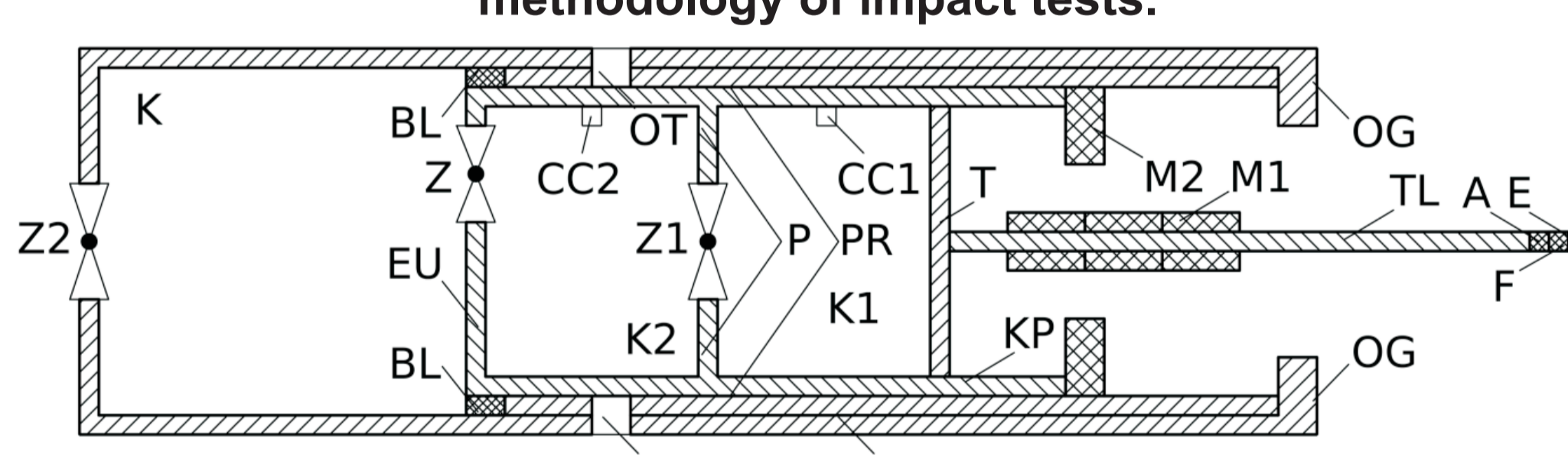
Wyniki symulacji wskazują na bardzo wysoką efektywność węzłów PAR w tłumieniu drgań swobodnych. Kilukrotna aktywacja węzłów spowodowała spadek amplitudy drgań o ponad 90% po okresie czasu odpowiadającym kilku cyklom drgań, nawet przy ograniczonej liczbie węzłów aktywnych.

Conclusions

Simulations showed high efficiency of PAR nodes in free vibration mitigation. Few activations were sufficient to reduce amplitude by 90% even with limited number of active nodes.

Wyniki badań Results

Rozwój technologii wytwarzania sterowanych wzбудników impulsowych oraz metodyki testów uderzeniowych. Development of technologies for the controlled impulse generators and the methodology of impact tests.



Rys. 8 Ogólny schemat urządzenia. Fig. 8 A general scheme of the device.

Koncepcja

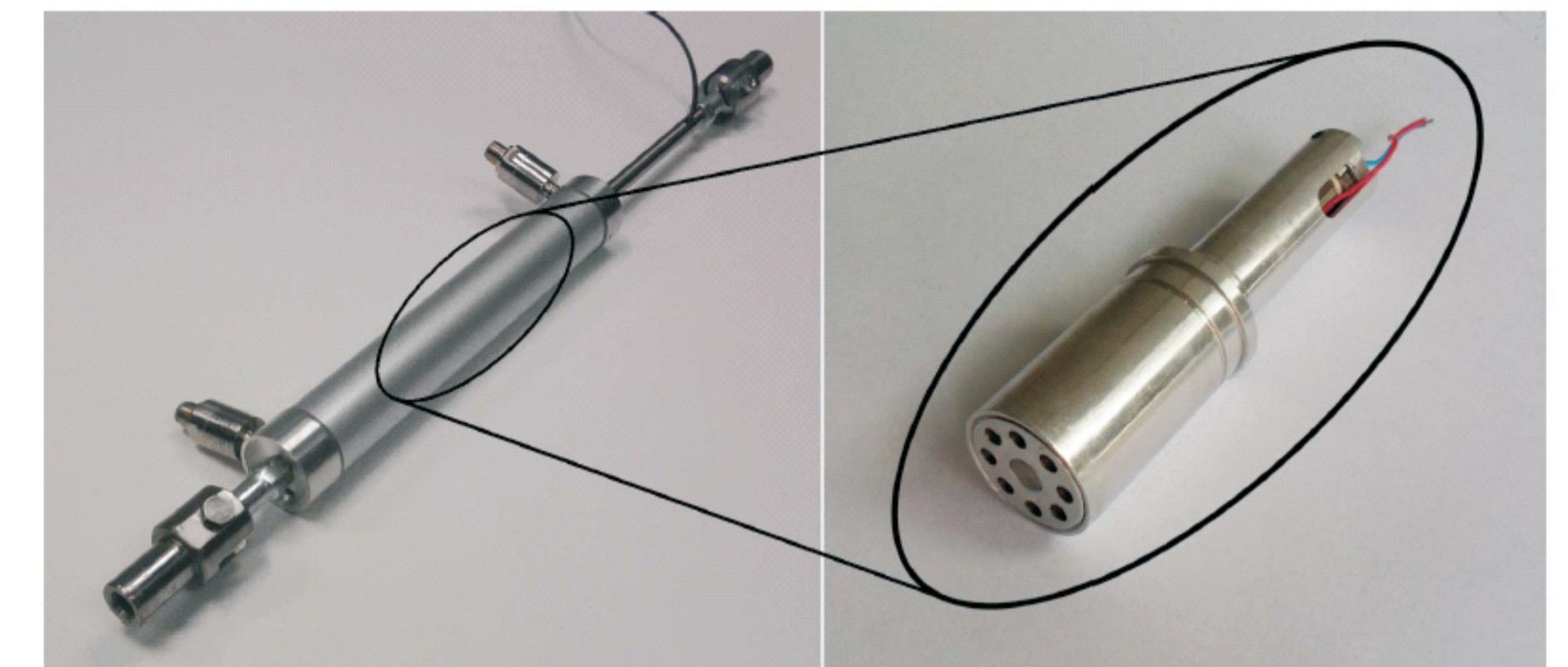
Koncepcję urządzenia ilustruje rys. 8. W obudowie (O) urządzenia znajduje się komora (K) wraz ze sprężonym gazem napełnianym przez zawór (Z2) oraz osadzone suwliwie korpus (KP), który po wypełnieniu komory (K) gazem utrzymywany jest nieruchomo poprzez blokadę (BL) w pozycji początkowej. Wystrzeliwano korpus (KP) podzielony jest przegrodą (P) na dwie komory: komorę (K1) i komorę (K2). Objętość komory (K2) jest stała, podczas gdy w komorze (K1) przestrzeń jest zmienna – zależy od położenia tłoka (T) osadzonego szczególnie w korpusie (KP). Tłok (T) połączony jest z tłocznikiem (TL) zaopatrzonego w przetwornik siły osiowej (F), zakończonym elementem kontaktowym (E), za pośrednictwem którego wywiera nacisk na poddaną obciążeniu konstrukcję. Komory (K1) i (K2) połączone są sterownym, piezoelektrycznym zaworem (Z1), natomiast jedno z wyprowadzeń zaworu (Z) jest dostępne na zewnątrz obudowy urządzenia – w celu umożliwienia napełniania komory (K2) sprężonym gazem. Ruch posuwisty korpusu (KP) wraz z tłokiem (T) i tłocznikiem (TL) wywołany jest poprzez zwolnienie blokady (BL). W oparciu o sygnały pomiarowe rejestrowane przez przetworniki ciśnienia (CC1) i (CC2) oraz przez przetwornik siły (F), realizowane jest sterowanie siłą nacisku elementu kontaktowego (E) na obciążaną konstrukcję, dzięki otwieraniu i zamykaniu przepływu gazu przez zawór (Z1) podczas uderzenia.

A concept

A concept of the device is illustrated in Figure 8. In the housing (O) of the device there is the chamber (K) with the compressed gas filled by the valve (Z2) and slidably mounted to the body (KP), which after filling of the chamber (K) is held stationary by the blockade (BL) in the initial position. The ejected body (KP) is subdivided by the partition (P) into two chambers: the chamber (K1) and the chamber (K2). The volume of the chamber (K2) is constant, while in the chamber (K1) is variable - depends on the position of the piston (T) tightly embedded in the body (KP). The piston (T) is connected to the piston rod (TL) provided with the axial force transducer (F) with embedded the contact element (E) through which loads a structure. The chambers (K1) and (K2) are connected with the controllable piezoelectric valve (Z1), and one of the valve pin (Z) is available outside the device housing in order to enable filling of the chamber (K2) with compressed gas. The sliding movement of the body (KP) and the piston (T) and piston rod (TL) is triggered by releasing the lock (BL). Based on the measurement signals recorded by the pressure transducer (CC1) and (CC2) and by the force sensor (F), the acting force transferred by the contact element (E) on the structure is controlled by opening and closing the gas flow through the valve (Z1) during the impact load.

Wyniki badań Results

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



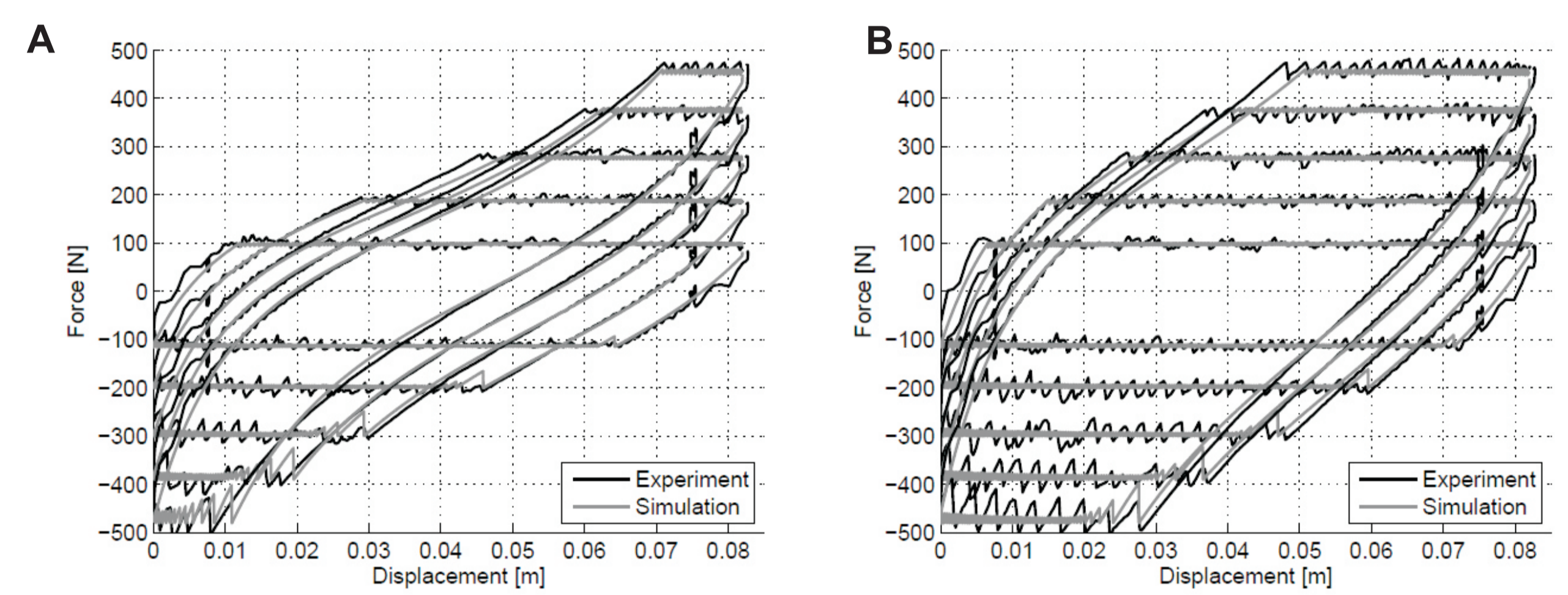
Rys. 9: Adaptacyjny absorber gazowy i piezoelektryczny zawór HPA. Fig. 9. Adaptive pneumatic absorber and piezoelectric valve HPA.

Technologia HPA

Szybko sterowalne zawory piezoelektryczne HPA pozwalają na sterowanie przepływu gazu z częstotliwością powyżej 500 Hz. Dzięki zastosowaniu technologii aktywatorów piezoelektrycznych zaprojektowano kompaktowy zawór, do zamontowania wewnątrz tłoka amortyzatora adaptacyjnego.

HPA technology

Fast responding piezoelectric valves HPA enable to control a gas flow with frequency above 500 Hz. Due to employment of the piezoelectric actuators technology it was possible to design a compact valve for the inner piston assembly in adaptive absorber.



Rys. 10: Charakterystyki absorbera: siła-przemieszczenie. Ciśnienie początkowe 0.3 MPa (A). Ciśnienie początkowe 0.5 MPa (B). Porównanie wyników symulacyjnych i eksperymentalnych. Fig. 10. Absorbers characteristics: force-displacement. Initial pressure 0.3 MPa (A). Initial pressure 0.5 MPa (B). Comparison of simulation versus experimental results.

Wnioski Conclusions

Adaptacyjny absorber pneumatyczny został poddany testom przy wymuszeniu oscylacyjnym okresowym. Zastosowany algorytm sterowania zaworu pozwolił na uzyskanie kontrolowanego poziomu generowanych sił reakcji. Opracowany i zaimplementowany model numeryczny z powodzeniem odzwierciedla odpowiedzi mechaniczne absorbera.

Adaptive pneumatic absorber was tested under oscillatory kinematic excitation. The implemented control algorithm for the HPA valve enabled to reach the controability of the generated reaction forces. The developed and implemented numerical model of the system was succesful in reflecting the mechanical responses of the absorber.

Wyniki badań Results

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

Gumowa odbojnica pneumatyczna Pneumatic rubber fender

- Wymiary 300x 500 mm
- Właściwości mechaniczne
- Zewnętrzna warstwa gumy $R_m > 18\text{MPa}$
- Wzmocnienie tekstylne
- Osnowa $R_m > 11,6\text{MPa}$
- Wątku $R_m > 11,7\text{Mpa}$
- Wewnętrzna warstwa gumy $R_m > 10\text{MPa}$

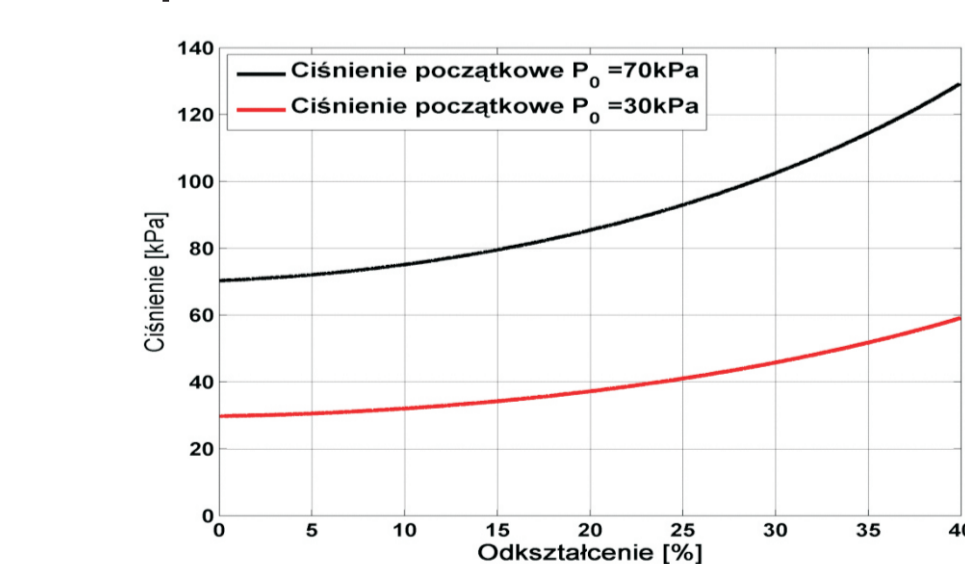
- Size 300 x 500 mm
- Mechanical properties
- Outer rubber layer $R_m > 18\text{MPa}$
- Reinforcing layer
- Warp $R_m > 11,6\text{MPa}$
- Weft $R_m > 11,7\text{Mpa}$
- Inner rubber layer $R_m > 10\text{MPa}$

Badania eksperymentalne Experimental investigation

Badania przeprowadzono dla różnych wartości ciśnienia początkowego w odbojnicy prędkości przesuwu tłoczyska

Tests were performed for various values of initial internal pressure in fender deflection velocity

Wybrane wyniki eksperymentalne Experimental results



Rys. 13: Wyniki dla quasi-statycznego ściskania odbojnicy. Fig. 13: Test results for quasi-static compression test

Wnioski

Dane eksperymentalne pozwoliły na określenie zakresu stosowalności odbojnicy pneumatycznej jako absorbera energii dla małych prędkości uderzenia.

Conclusions

The experimental data allowed to determine the scope of applicability of the pneumatic fender as energy absorber for low speed impact.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

Referaty

- Suwala G., Jankowski L., Effective numerical techniques for identification of structural mass modifications. XIII Konferencja Naukowo-Techniczna Techniki Komputerowej w Inżynierii (TKI 2014), 6-9 maja 2014, Lichen Stary, Polska

Publikacje

- Sekula K., Real-Time Dynamic Load Identification, IPPT Report on Fundamental Technological Research 7/2013, ISSN 2299-3657, ISBN 978-83-89687-87-6
- Mikulowski G., Wiszowaty R., Pneumatic adaptive absorber - principle of operation, modeling and experimental tests, Smart Materials and Structures, 2014, submitted

Prace mgr, dr, hab.

Praca habilitacyjna

autor: Lukasz Jankowski Tytuł: Dynamic load identification for structural health monitoring status: po obronie

Autor: Tomasz Zieliński

Tytuł: Multiscale and Multiphysics Modelling in Porocoastics and Vibroacoustics status: Praca w trakcie realizacji