

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

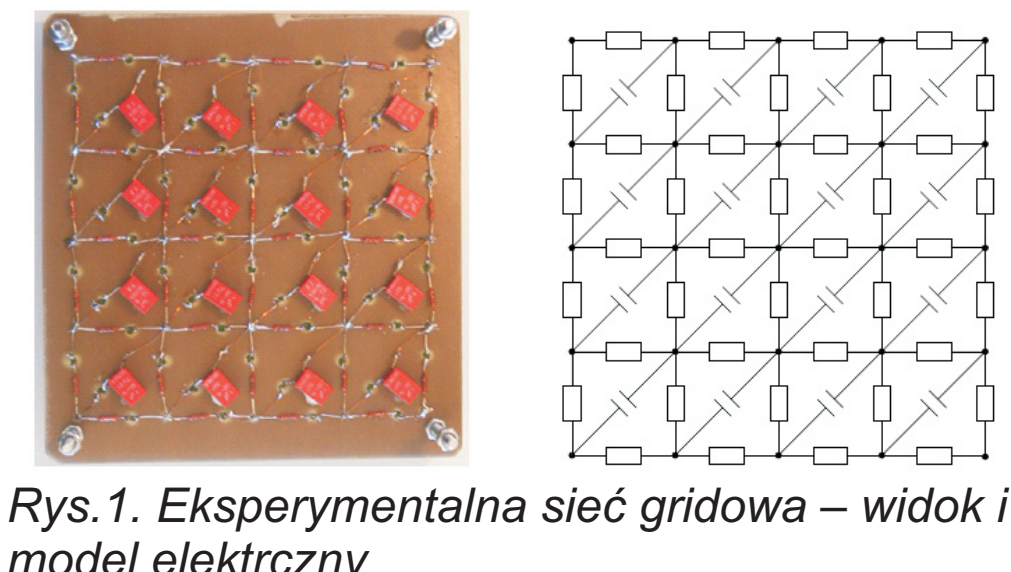
Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk  
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Instytut Lotnictwa w Warszawie, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska

### Wyniki badań

Opracowanie narzędzi numerycznych do modelowania SES

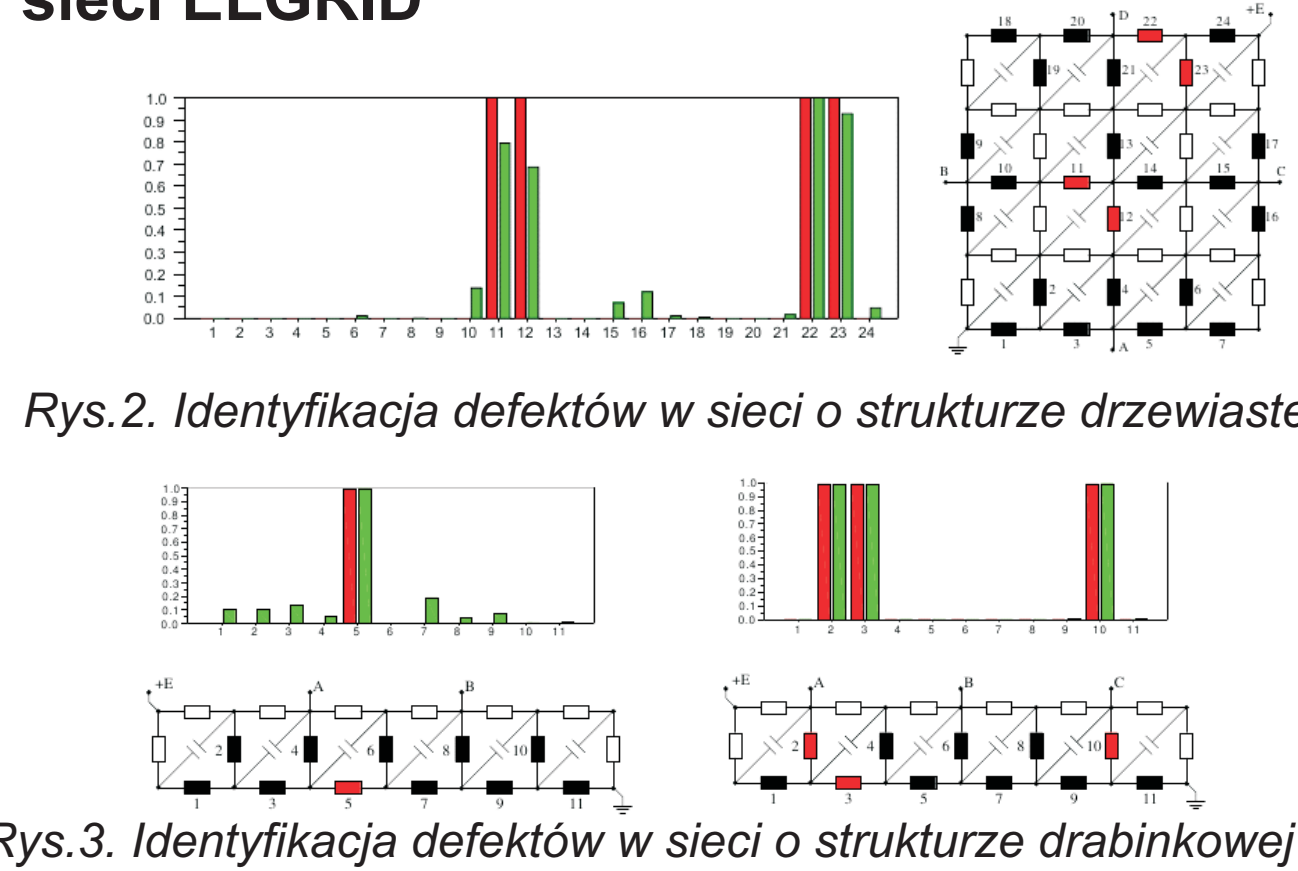
Numeryczna i eksperymentalna weryfikacja metody identyfikacji defektów w sieciach typu ELGRID

Opracowane algorytmy identyfikacji defektów przetestowano na fizycznym modelu sieci składającej się z 40 rezystorów (10kΩ) i 16 kondensatorów (1μF) oraz systemu zwrotek umożliwiających symulowanie uszkodzenia dowolnego elementu układu.

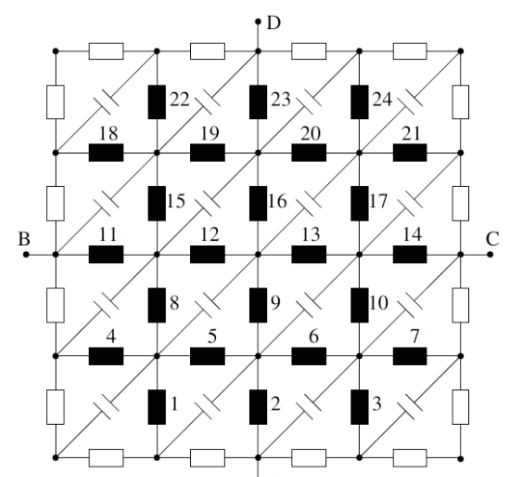


Projektowanie optymalnych topologii sieci ELGRID

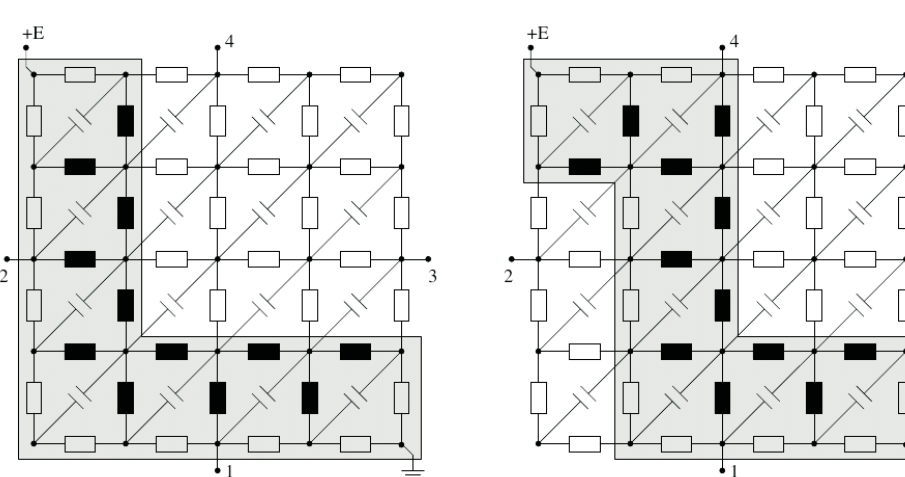
Identyfikacja defektów w sieciach o strukturze gridowej jest zadaniem ekstremalnie źle uwarunkowanym, o wysokiej niejednoznaczności rozwiązania. Przeprowadzono zadanie topologicznej optymalizacji w celu wyznaczenia łatwo diagnozowalnych struktur sieciowych (np. drzewa, wstęgi, drabinki)



Projektowanie optymalnych topologii sieci ELGRID



Rys. 4. Wyjściowa struktura gridowa sieci czujników o założonych potencjalnych lokalizacjach defektów oraz ustalonych punktach zasilania i pomiarowych



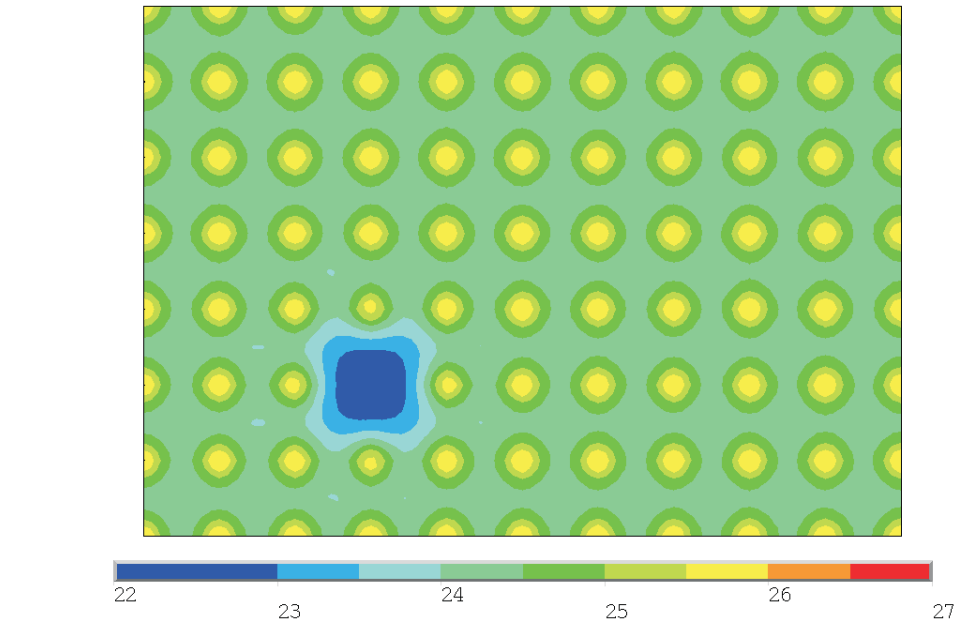
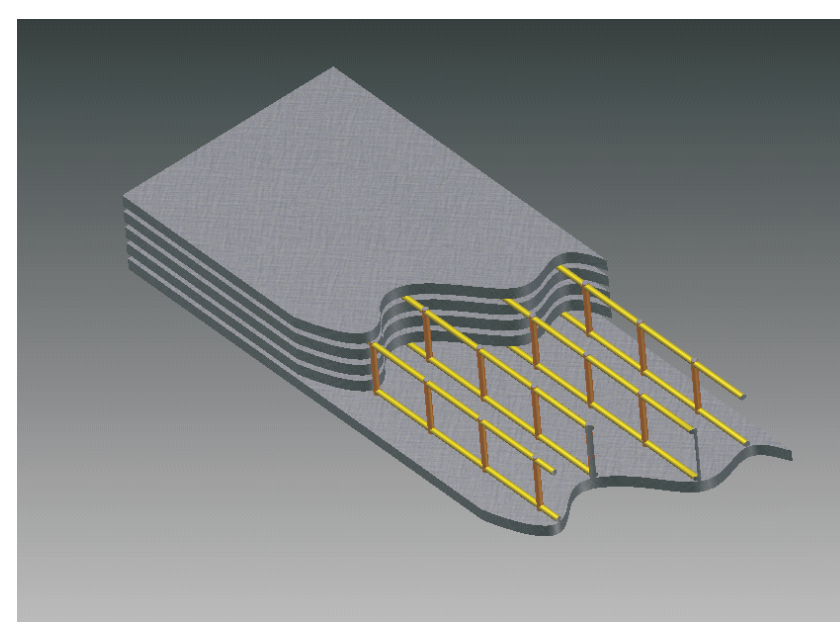
Rys. 5. Izolacja podsięci o topologiach drabinkowych, pokrywających założone lokalizacje potencjalnych defektów, przy użyciu systemu przełączników

### Wyniki badań

Opracowanie innowacyjnych systemów SHM

Opis metody:

- Metoda Elgrid-T zalicza się do technik wykorzystujących układy zintegrowane z elementem konstrukcyjnym
- Podstawę identyfikacji uszkodzenia stanowi obserwacja rozkładu temperatury wygenerowanego na powierzchni badanego elementu wskutek przepływu prądu elektrycznego przez zintegrowaną z tym elementem siatkę 3D.
- Istotny, punktu widzenia możliwości identyfikacji uszkodzeń (np. rozwarstwień w materiałach kompozytowych), jest odpowiedni dobór materiału siatki pod względem własności mechanicznych i termicznych. Elementy powierzchniowe siatki (które pełnią rolę przewodów zasilających) muszą cechować się dużą wytrzymałością i wysoką przewodnością elektryczną.



Rys. 6. Schemat ideowy siatki zintegrowanej z elementem kompozytowym

Rys. 7. Rozkład temperatury na powierzchni elementu kompozytowego

Zalety metody:

- łatwość interpretacji wyników,
- możliwość wykrywania głęboko ukrytych pęknięć

Potencjalne zastosowania:

- elementy kompozytowe szczególnie narażone na uszkodzenie
- silosy betonowe, zbiorniki do długotrwałego przechowywania substancji

Wyniki badań:

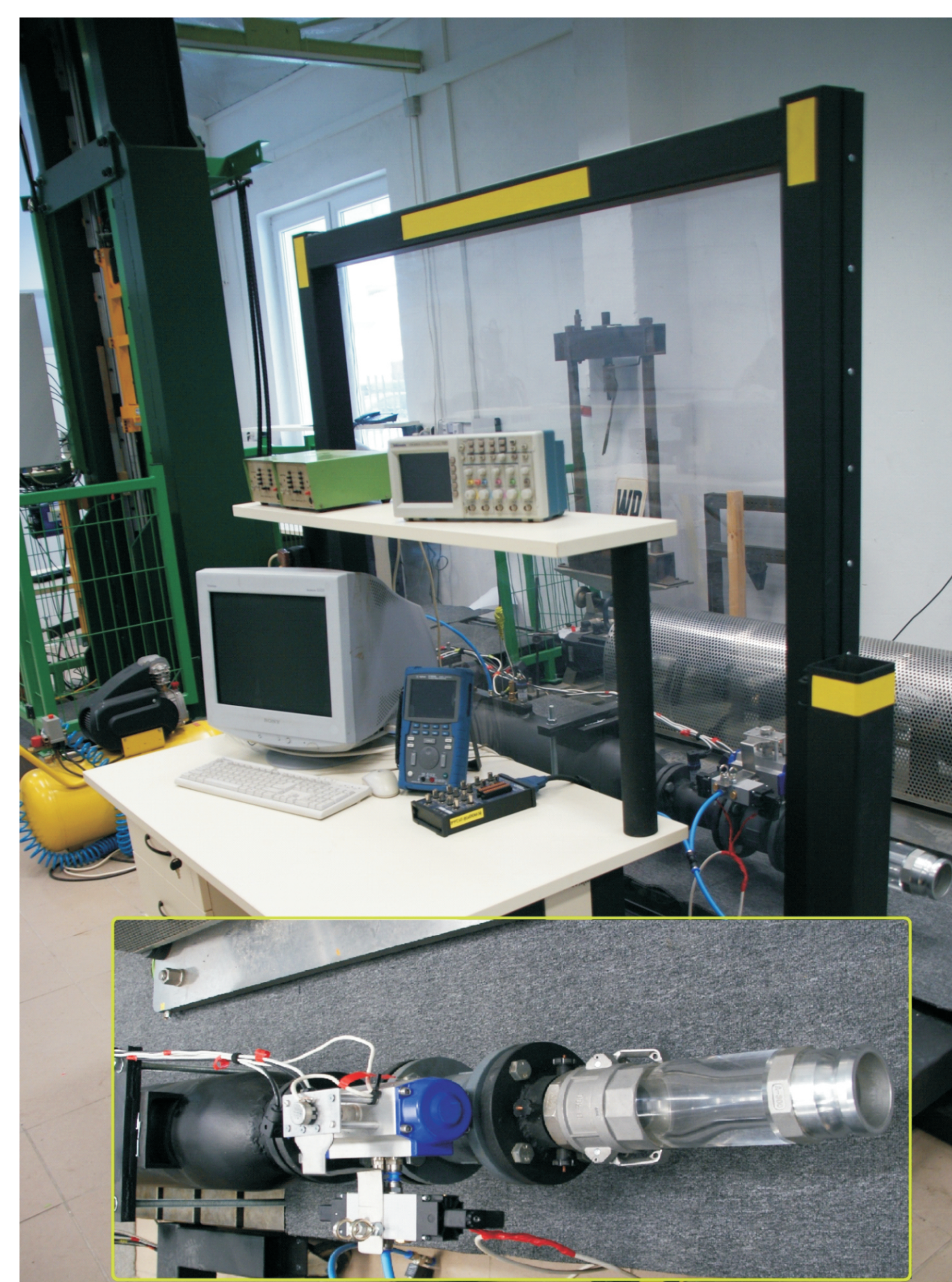
- w ramach prowadzonych badań wykonano obliczenia numeryczne umożliwiające wstępną ocenę efektywności metody w zależności od zastosowanego wymuszenia (jego charakteru i wartości) oraz grubości elementu
- wykonano badania eksperymentalne umożliwiające jakościową weryfikację obliczeń numerycznych.

### Wyniki badań

Opanowanie wytwarzania HPA (aktywatorów o dużej wydajności skoku i prędkości odpowiedzi)

Opracowanie i wytworzenie stanowiska badawczego zaworów HPV

W ramach zadania wykonano stanowisko do badań zaworu HPV (High Performance Valve), składające się ze zbiornika ciśnieniowego, modułowego kanału pomiarowo-sterującego oraz przezroczystej komory badawczej, oddzielone od operatora parawanem balistycznym zapewniającym wymagany poziom ochrony na wypadek fragmentacji badanej części roboczej zaworu w konfiguracji po zastąpieniu zamkniętej komory badawczej komorą otwartą. Stanowisko jest wyposażone w komputerowy system akwizycji danych i sterowania stanowiskiem działający pod kontrolą systemu LabVIEW. Zadaniem układu badawczego jest odzwierciedlenie warunków przepływowych występujących w adaptacyjnej poduszce gazowej działającej na zasadzie AIA (Adaptive Energy Absorption), której zasadniczą częścią będzie zawór HPV.

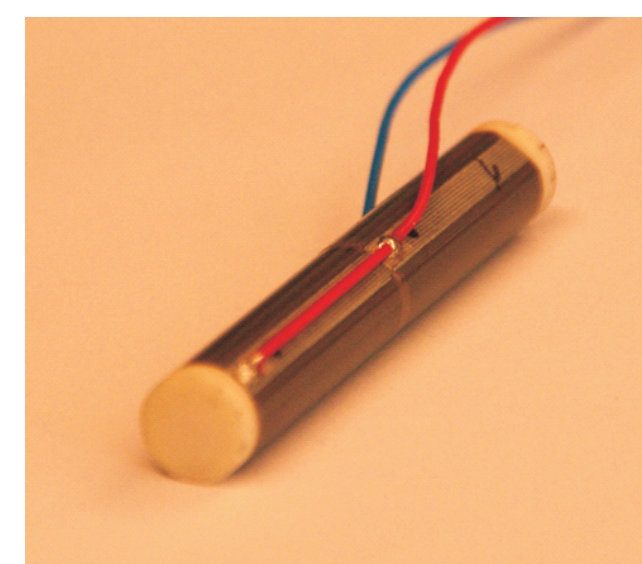


### Wyniki badań

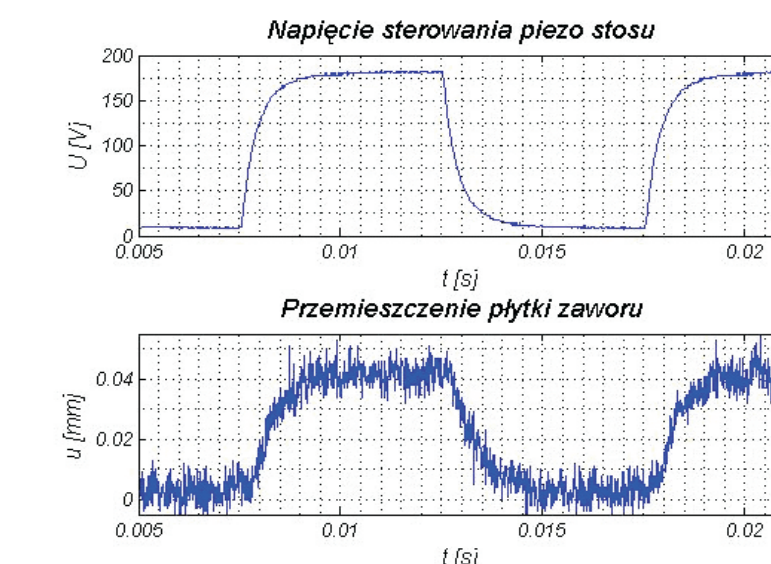
Opanowanie wytwarzania HPA (aktywatorów o dużej wydajności, skoku i prędkości odpowiedzi)

W ramach zadania badawczego 14.6 opracowywany jest aktywator HPA, przeznaczony do amortyzacji obciążeń uderowych konstrukcji. Przyjęta koncepcja realizacji aktywatora HPA zakłada zaprojektowanie i wykonanie urządzenia gazowego w postaci cylindra z tłokiem i tłoczką, w którym tłok będzie zintegrowany z zaworem sterowanym elementem piezoelektrycznym. Zadaniem zaworu będzie wyrównywanie ciśnienia gazu pomiędzy komorami cylindra: nad tłokiem i pod tłokiem podczas amortyzacji obciążeń uderowych.

W bieżącym okresie sprawozdawczym zaprojektowano i zamówiono wykonanie elementów piezoelektrycznych, których charakterystyki wydłużania oraz siłowe zostały dobrane w taki sposób, aby spełniały wymagania postawione dla rozwijanego urządzenia.

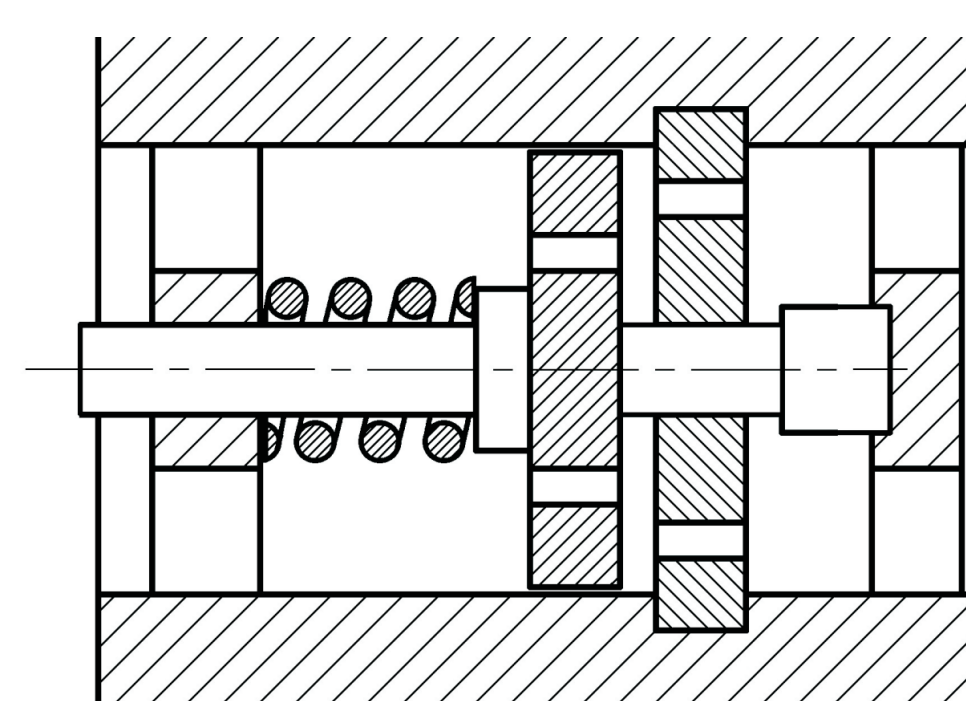


Rys. 8. Zaprojektowany aktywator piezoelektryczny przeznaczony do zastosowania w zaworze do aktywatora HPA



Rys. 9. Odpowiedź przemieszczeniowa piezoaktywatora współpracującego z dwoma pakietami sprężyn

W ramach zadania badawczego 14.6 w ostatnim okresie sprawozdawczym opracowano projekt koncepcyjny zaworu do aktywatora HPA. Wymagania postawione dla zaworu to: 1. kształt cylindryczny, 2. wymiary gabarytowe dług. <100 mm, średn. <30 mm, wydatek masowy gazu dm=10 g/s przy różnicy ciśnień na zaw. dp = 1MPa.



Rys. 10. Opracowanie koncepcyjne zaworu do aktywatora HPA

Potencjalne zastosowania:

- Układy amortyzacji obciążeń konstrukcji narażonych na zmienne obciążenia uderowe.

### Wnioski

- W ramach prowadzonych badań wykonano obliczenia projektowe umożliwiające wykonanie i zastosowanie aktywatorów piezoelektrycznych w rozważanej aplikacji.
- Wykonano badania eksperymentalne umożliwiające weryfikację ilościową obliczeń.

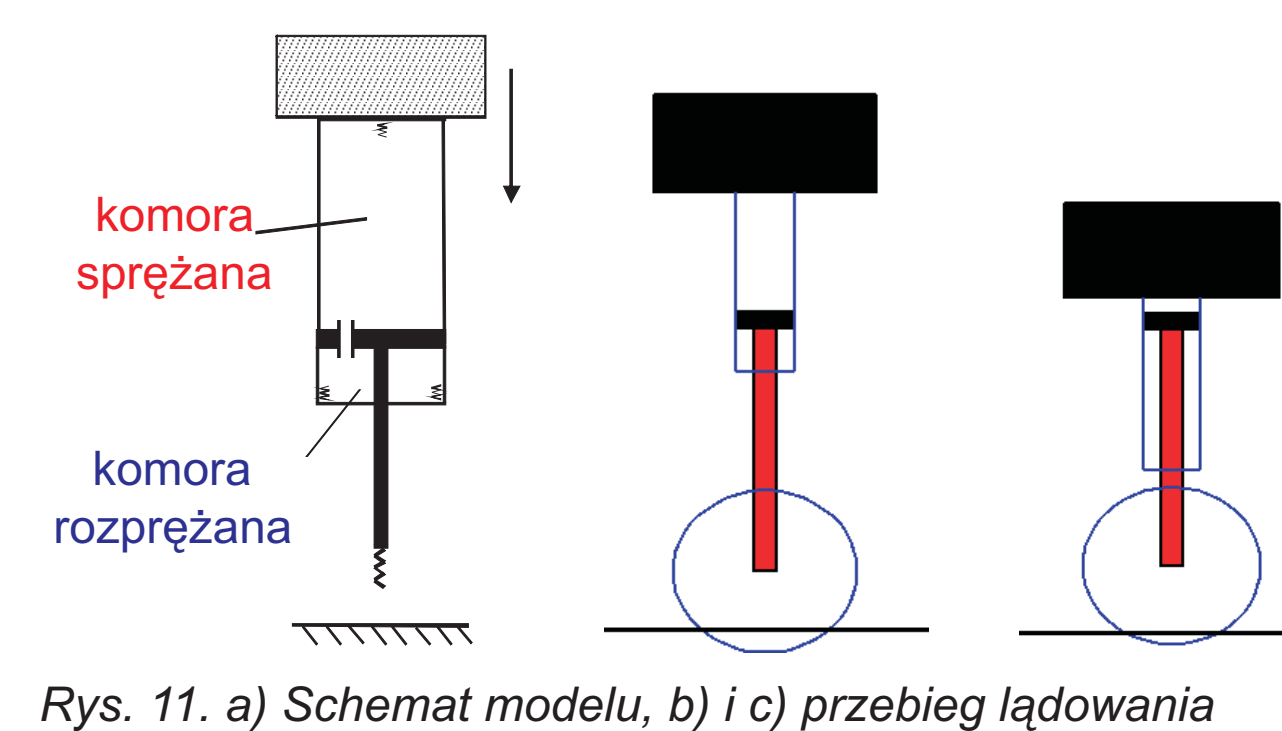
### Wyniki badań

Opanowanie wytwarzania HPA (aktywatorów o dużej wydajności, skoku i prędkości odpowiedzi)

Opracowanie strategii sterowania HPA

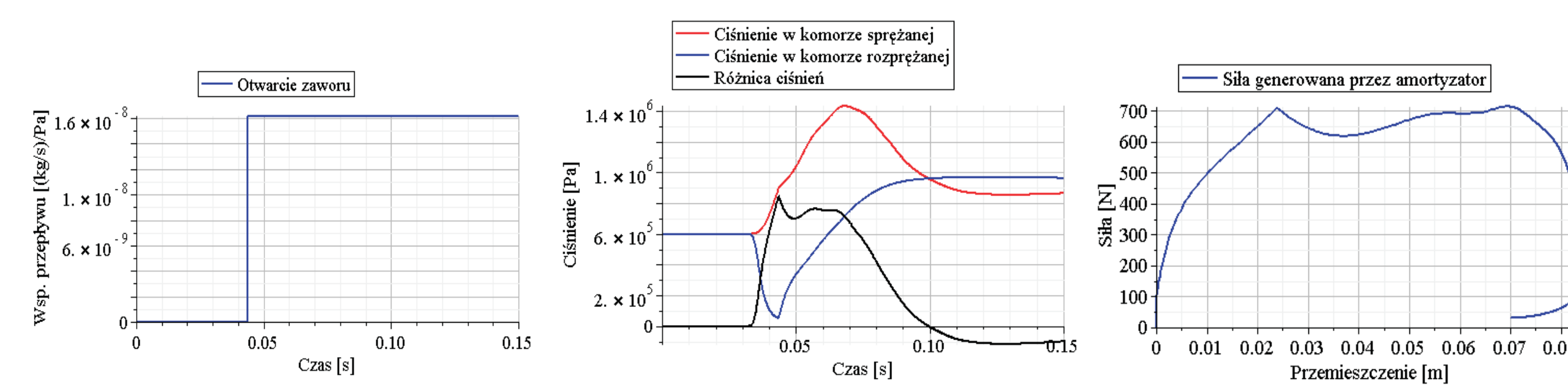
Wykorzystany model numeryczny:

- dwa dynamiczne stopnie swobody
- założenie jednorodności parametrów gazu w obu komorach amortyzatora
- analityczny opis przepływu gazu przez sterowalny zawór

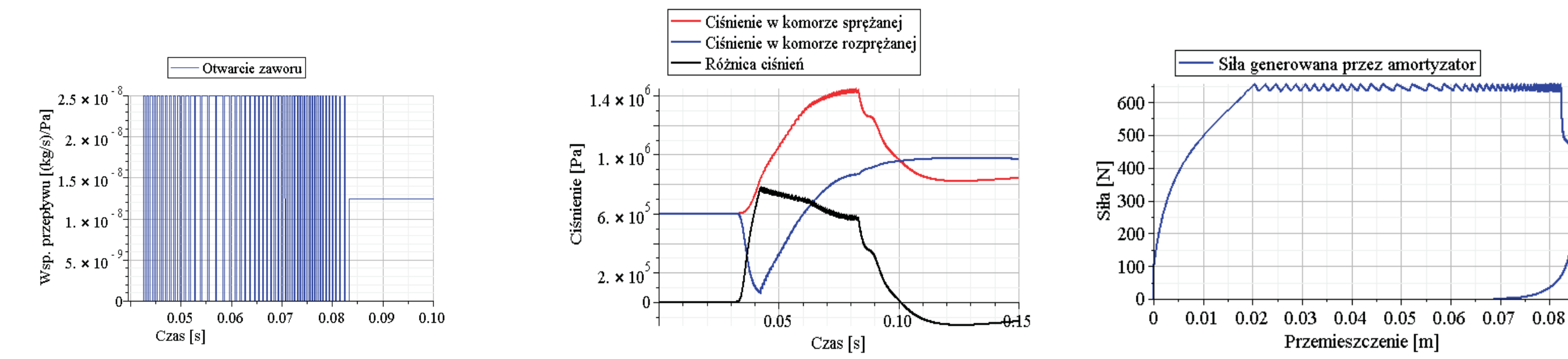


Rys. 11. a) Schemat modelu, b) i c) przebieg ładowania

Opracowane strategie sterowania



Rys. 12. Sterowanie półaktywne: a) otwarcie zaworu, b) zmiana ciśnienia, c) siła generowana przez amortyzator



Rys. 13. Sterowanie w czasie rzeczywistym: a) otwarcie zaworu, b) zmiana ciśnienia, c) siła generowana przez amortyzator

• Sterowanie półaktywne: dobór czasu otwarcia oraz stałej wielkości szczeliny dławiącej przepływ w zaworze

• Sterowanie w czasie rzeczywistym: naprzemiennie otwieranie i zamykanie zaworu w celu uzyskania stałego poziomu siły reakcji amortyzatora optymalnie dobranego do energii ładowania

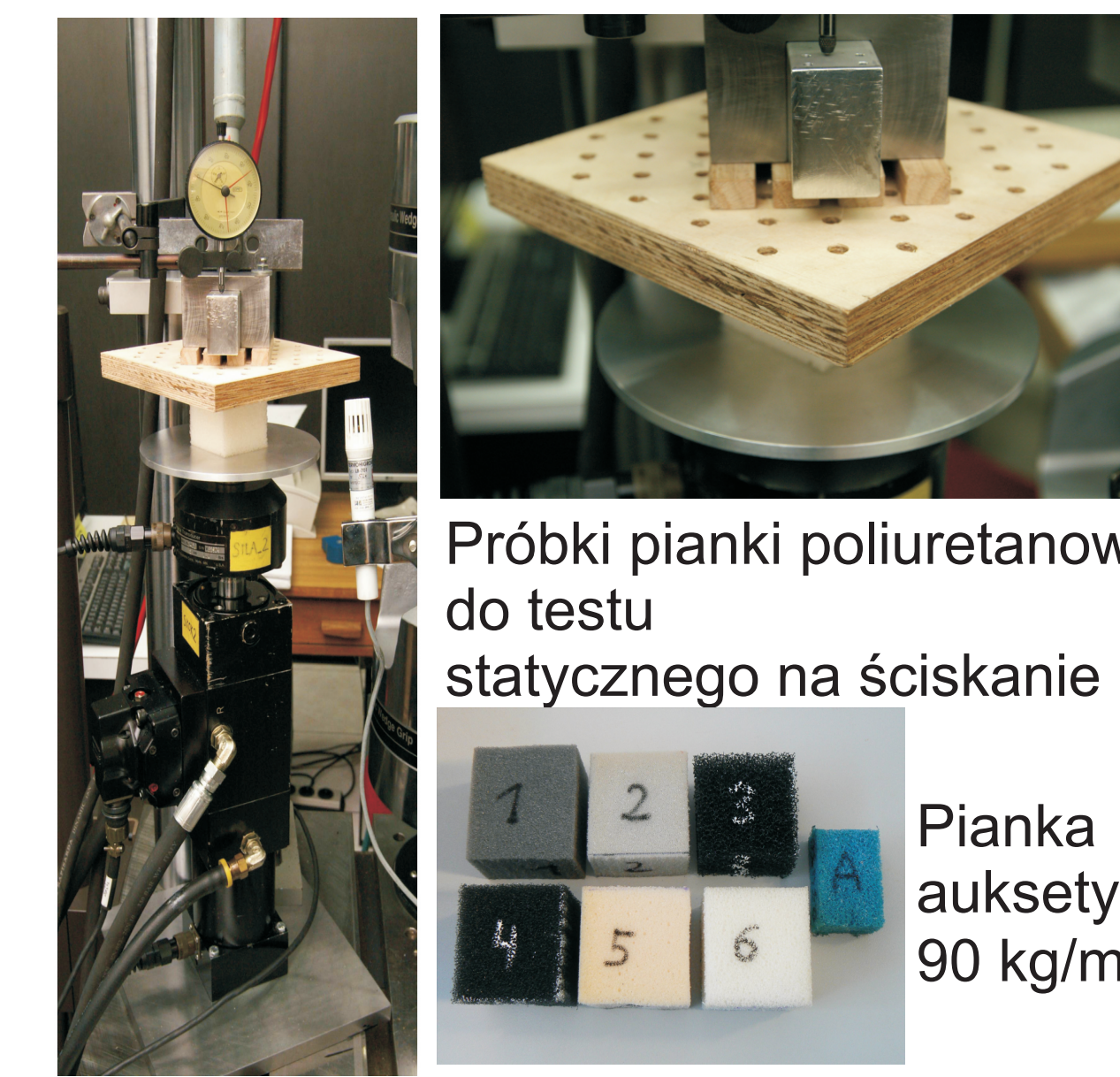
### Wnioski

- Przeprowadzone symulacje numeryczne potwierdzają możliwość dyssypacji energii ładującego obiektu przy użyciu dwukomorowego amortyzatora pneumatycznego
- Obie zaproponowane strategie sterowania pozwalają na całkowitą ułaskawienie odbicia ładującego obiektu oraz uzyskanie korzystnego przebiegu siły w amortyzatorze
- Zastosowanie sterowania w czasie rzeczywistym umożliwia uzyskanie bardzo wysokiej sprawności amortyzatora przekraczającej 90%.



### Wyniki badań

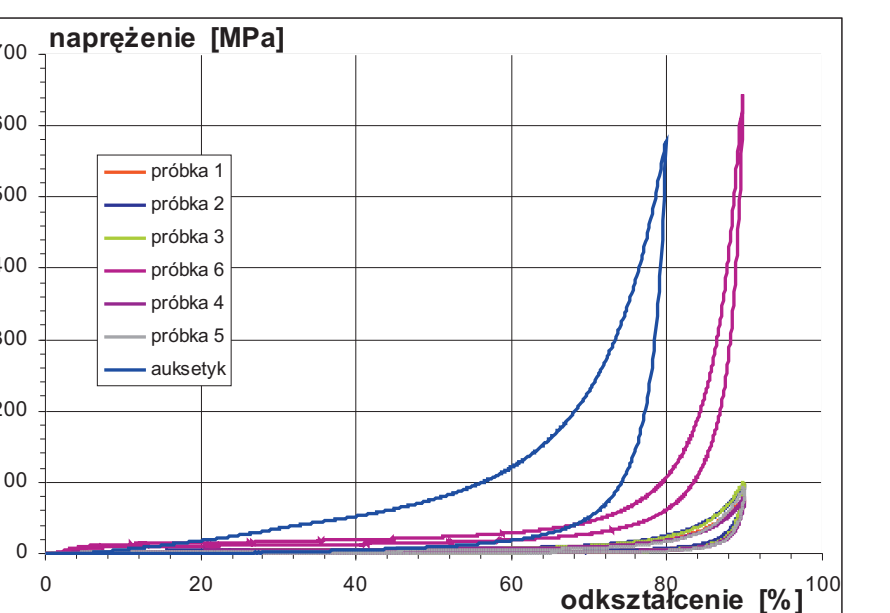
Stanowisko badawcze do testu ściskania



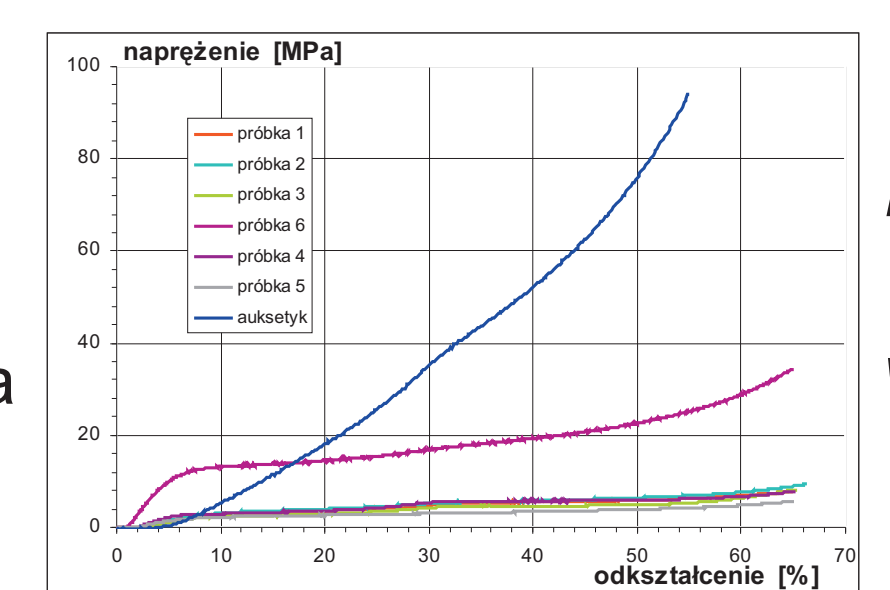
Próbki pianki poliuretanowej do testu statycznego na ściskanie



gęstość pianek: 1 - 33; 2 - 40; 3 - 24; 4 - 27; 5 - 52; 6 - 90 kg/m³



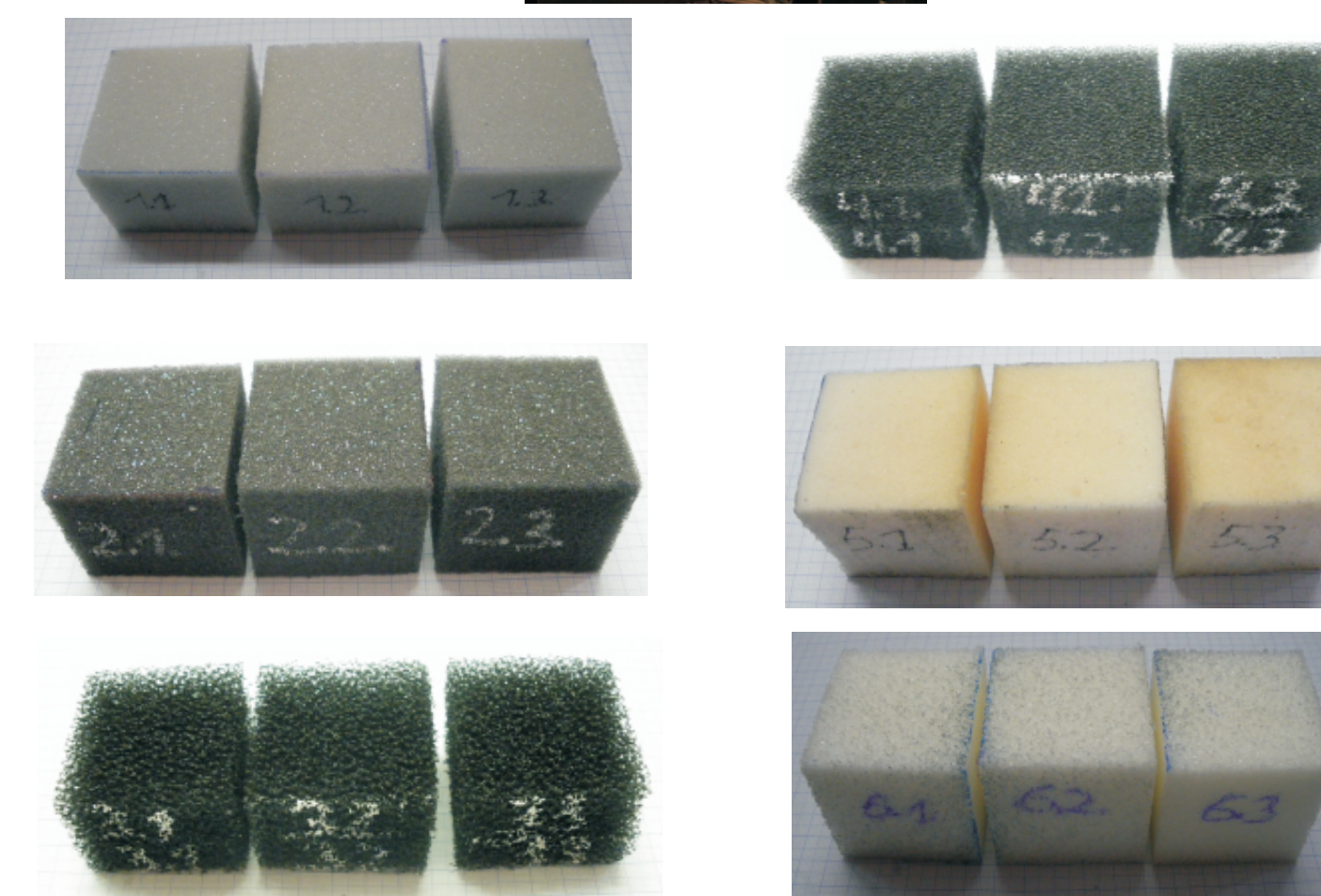
Rys. 14. Pianki - charakterystyka ściskania



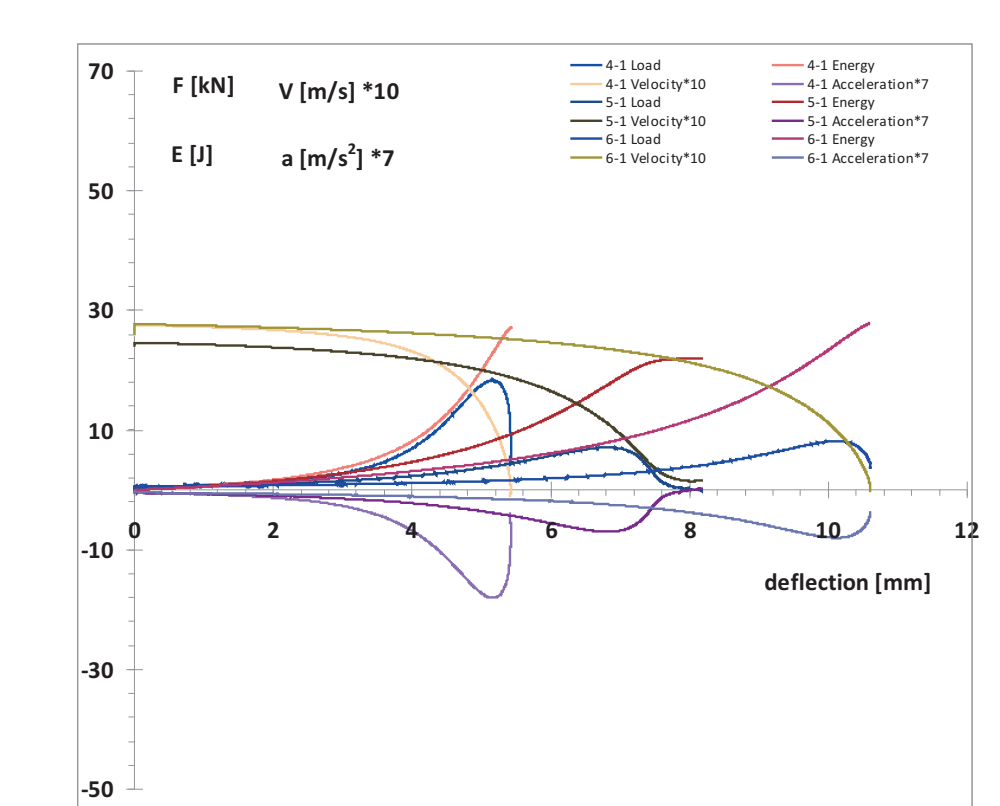
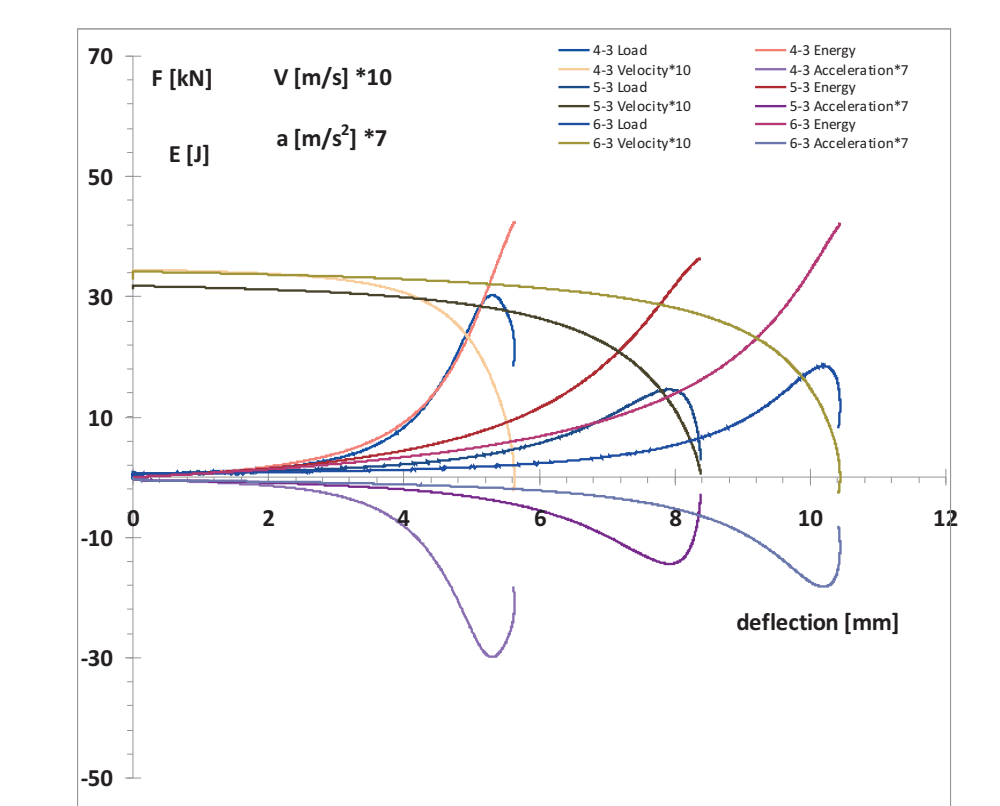
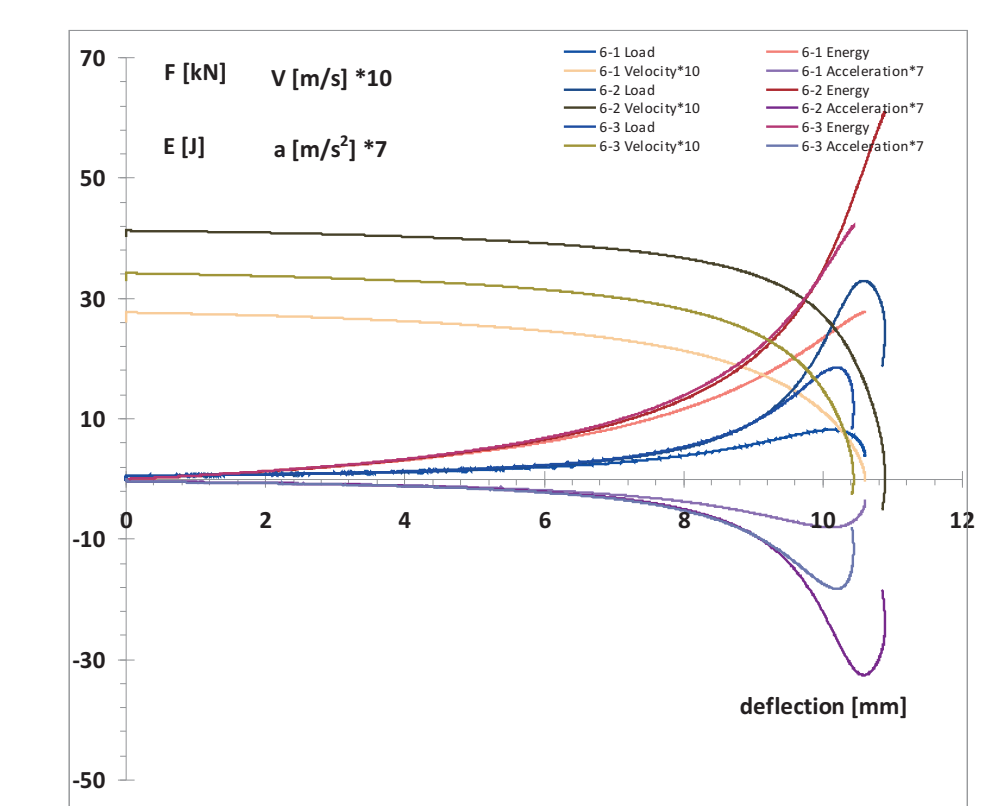
Rys. 15. Pianki - charakterystyka ściskania w początkowym zakresie

Badanie dynamicznych właściwości tłumiących wybranych pianek poliuretanowych o różnej gęstości

Stanowisko badawcze do testu (ITS Warszawa)



Próbki pianki poliuretanowej do testu dynamicznych właściwości tłumiących



Rys. 16. Charakterystyki tłumienia pianek

### Wnioski

1. Zakupiono techniczne pianki poliuretanowe o różnych właściwościach fizyko-chemicznych.
2. Opracowano założenia do technologii pianki auksetycznej na bazie dostępnych materiałów wyjściowych.
3. Wykonano modernizację stanowiska i opracowano metodykę badania pianek auksetycznych
4. Przeprowadzono badania doświadczalne pianek- uzyskano charakterystyki ściskania. Pianka auksetyczna o gęstości równej gęstości pianki poliuretanowej charakteryzowała się 5 razy większym naprężeniem przy tym samym odkształceniu.
5. Dodatkowo wykonano badania dynamiczne właściwości tłumiących wybranych pianek poliuretanowych o różnych gęstościach.

### Przykłady zastosowania w lotnictwie



Rys. 17. Widok fragmentu fotela (siedzisko i oparcie) śmigłowca Mi-8

### Wskaźniki realizacji celów projektu

Referaty

- Orłowska A., Kolakowski P.: On-line identification of delamination – simulation and experiment, The 5th edition of European Workshop on Structural Health Monitoring, 29 June – 02 July, Sorrento, Italy
- Suwała G., Jankowski Ł., Model-free damage identification of skeletal structures, 5th European Workshop on Structural Health Monitoring (EWSHM 2010), 29 June - 2 July 2010, Sorrento, Italy, pp. 925-930
- Mróz M., Jankowski Ł., Holnicki-Szulc J., VDM-based identification of localized, damage induced damping, 5th European Workshop on Structural Health Monitoring (EWSHM 2010), 29 June - 2 July 2010, Sorrento, Italy, pp. 988-993.
- Suwała G., Jankowski Ł., Model-free identification of structural damages, 37th Solid Mechanics Conference (SolMech 2010), 6-10 September 2010, Warsaw, Poland, pp. 288-289.

Publikacje

- Lisiecki J., Błażejewicz T., Klysz S.: Elastyczne pianki auksetyczne-wytwarzanie, właściwości potencjalne zastosowania. Prace Naukowe ITWL, nr 27, str. 37-55
- Zielinski T.G.: Fundamentals of Multiphysics Modelling of Piezo-Poro-Elastic Structures, Archives of Mechanics, vol. 62, no. 5, pp. 343-378
- Zielinski T.G.: Multiphysics Modeling and Experimental Validation of the Active Reduction of Structure-Borne Noise, Journal of Vibration and Acoustics, vol. 132, no. 6, pp. 14
- Sekula K., Graczykowski C., Holnicki-Szulc J.: On-line Impact Load Identification" Structural Control and Health Monitoring, Article ID:STC-10-0129
- Suwała G., Jankowski Ł., A model-free method for identification of mass modifications, Journal of Structural Control & Health Monitoring, in press, doi: 10.1002/stc.417