

Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym Modern material technologies in aerospace industry

Materiały intelligentne - oraz bazujące na nich systemy zespolone (ang. smart embedded systems) do zastosowania w lotnictwie Smart embedded systems based on intelligent materials

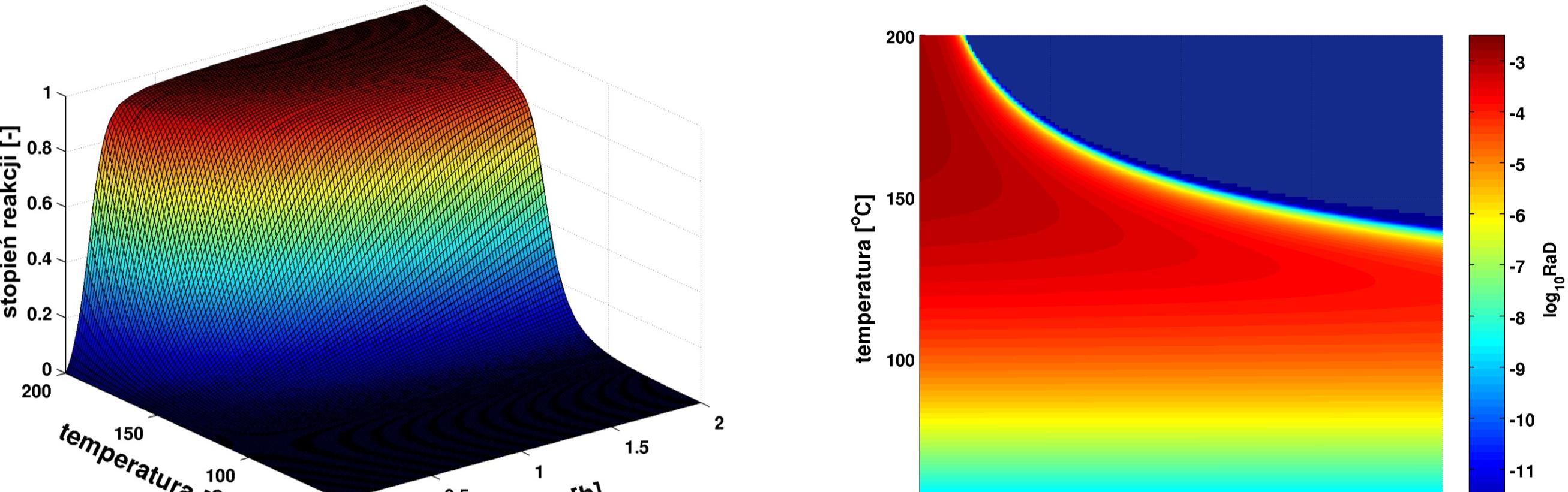
Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk
Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Instytut Lotnictwa w Warszawie, Politechnika Rzeszowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska
Opracowanie innowacyjnych systemów SHM

Wyniki badań Results

Cel badań Objective

Opracowanie metody monitorowania stanu termicznego konstrukcji kompozytowych podczas ich wytwarzania.

The development of the thermal state monitoring method of the composite structures during their production.

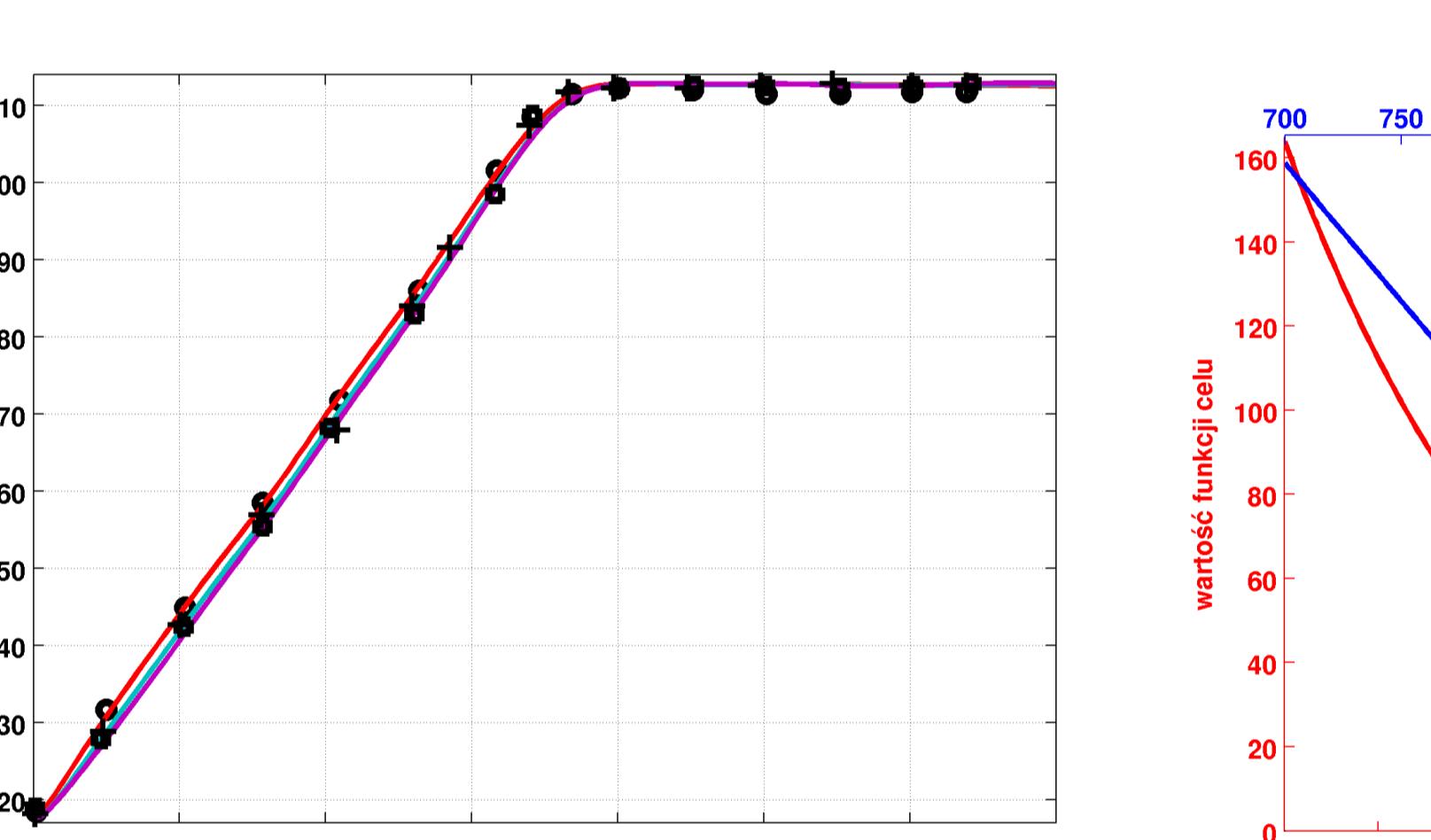


Rys. 2. Logarytm dziesiątkowy liczby Reynoldsa-Darciego dla 2 pierwszych godzin procesu utwardzania

Rys. 2. The decimal logarithm of the Reynolds-Darcy number for 2 hours period of the hardening process.

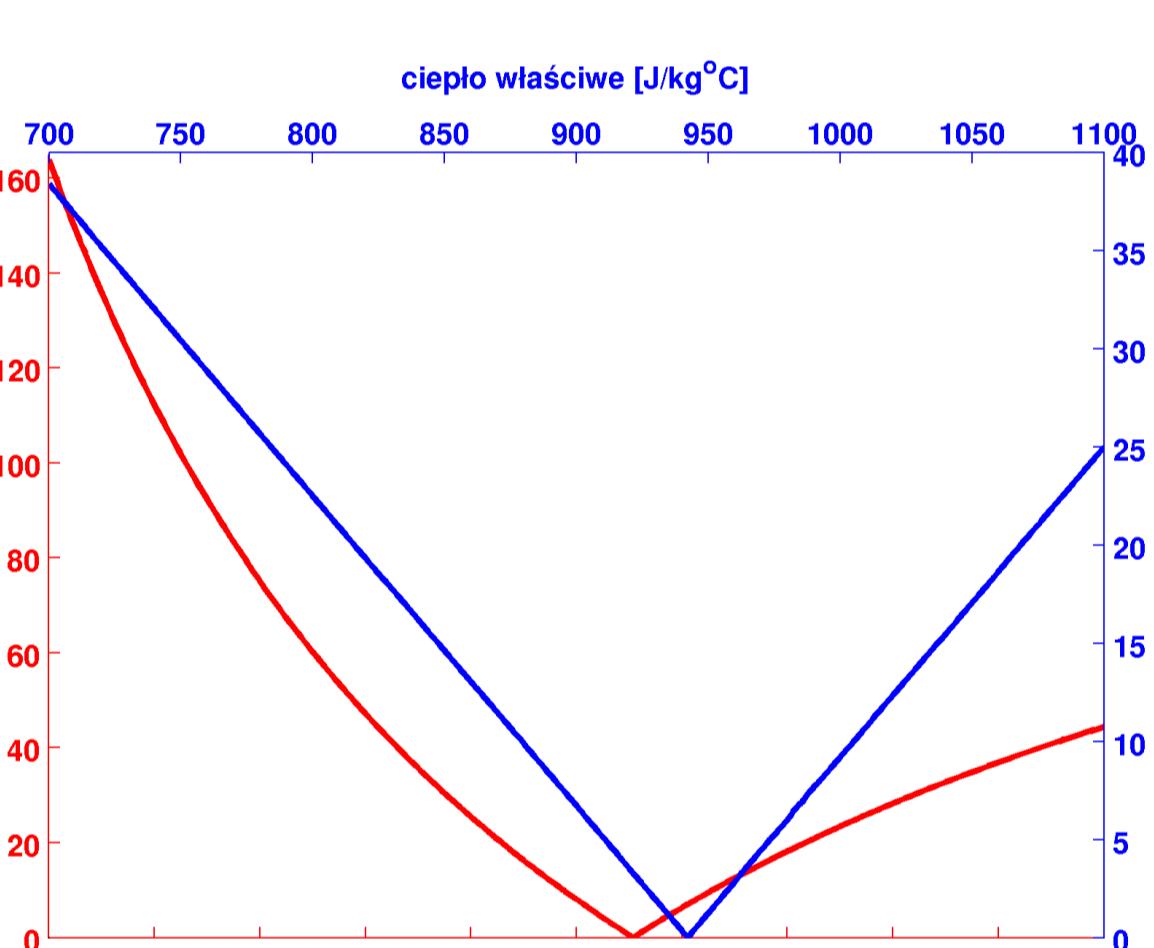
W trakcie prowadzonych badań modelowano zjawisko utwardzania cienkiej warstwy materiału kompozytowego. Do opisu transportu ciepła w analizowanym zagadnieniu przyjęto jednowymiarowe równanie przewodnictwa ciepła z pominięciem członu konwekcyjnego. Założono, że reakcja utwardzania przebiega zgodnie z modelem kinetycznym Kamala. Do wyznaczenia parametrów termicznych analizowanego procesu wykorzystano analizę zagadnienia odwrotnego, sformułowanego jako zadanie minimalizacji normy euklidesowej różnicy między danymi pomiarowymi a wynikami obliczeń numerycznych.

Process of the thin layer of composite material hardening was modelled during the investigation. The one-dimensional heat flow equation was used for heat transport description. There was assumed that hardening reaction is going according to Kamal kinetic model. For evaluation of the thermal parameters of the analysed process, inverse problem, formulated as a minimization of the difference between numerically computed and measured data, was solved.



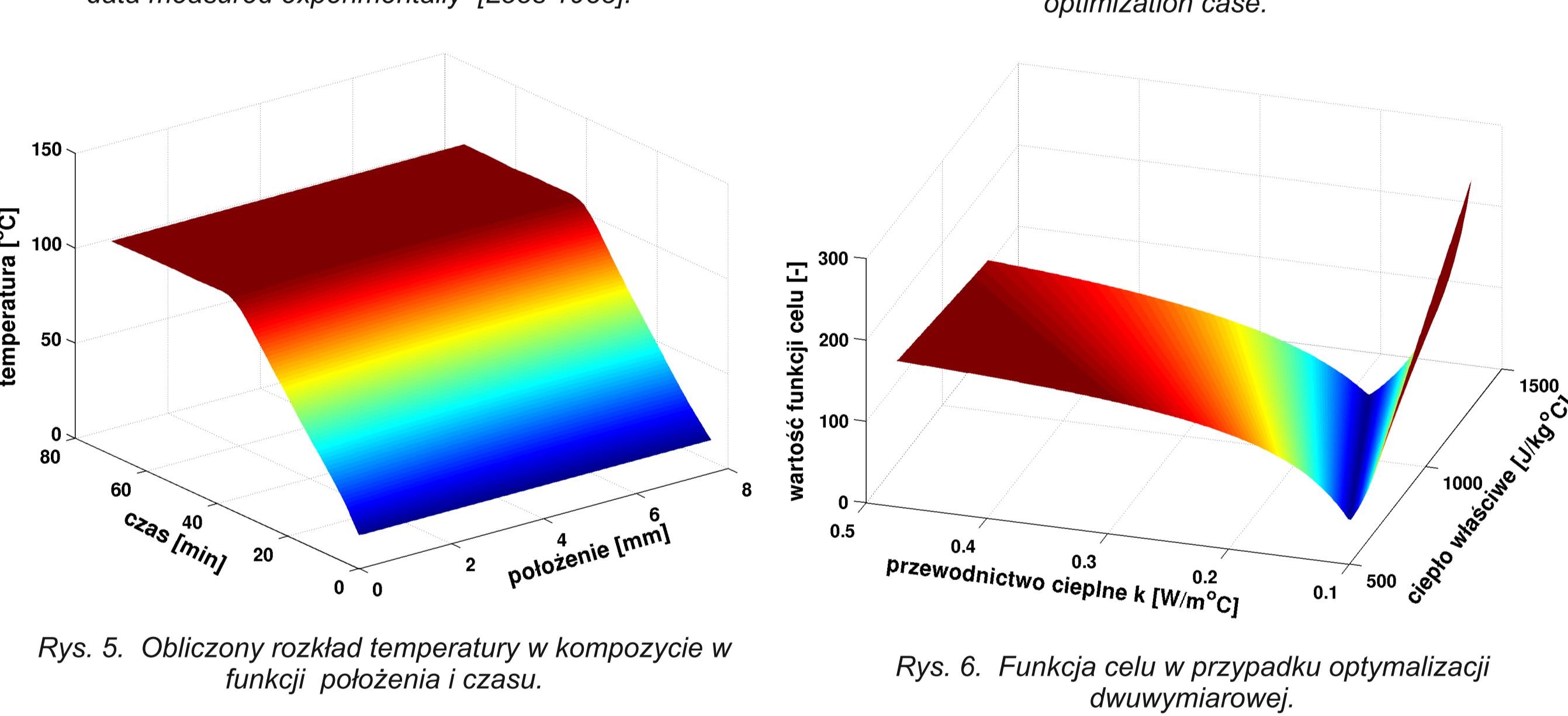
Rys. 3. Porównanie rozwiązania numerycznego z danymi zmierzonymi eksperymentalnie [Loos 1983].

Fig. 3. The comparison of numerical solution with data measured experimentally [Loos 1983].



Rys. 4. Funkcje celu w przypadku optymalizacji jednowymiarowej.

Fig. 4. Objective functions for one-dimensional optimization case.



Rys. 6. Funkcja celu w przypadku optymalizacji dwuwymiarowej.

Fig. 6. Objective function for two-dimensional optimization case.

Wnioski Conclusions

- zbudowano uproszczony model zjawisk termicznych zachodzących podczas wytwarzania materiałów kompozytowych,
- w wyniku rozwiązania zagadnienia odwrotnego wyznaczono parametry termiczne opisujące analizowany proces,
- simplified model of thermal phenomena for composite manufacturing process was developed,
- the thermal parameters of the analysed problem were determined with the use of the inverse problem analysis.



Rys. 7. Pomiar akustyczne wiatrakowca - beamforming, 6 metrów od mierzonego obiektu. Po lewej zdjęcie wiatrakowca, po prawej rozkład natężenia źródeł dźwięku w płaszczyźnie wiatrakowca

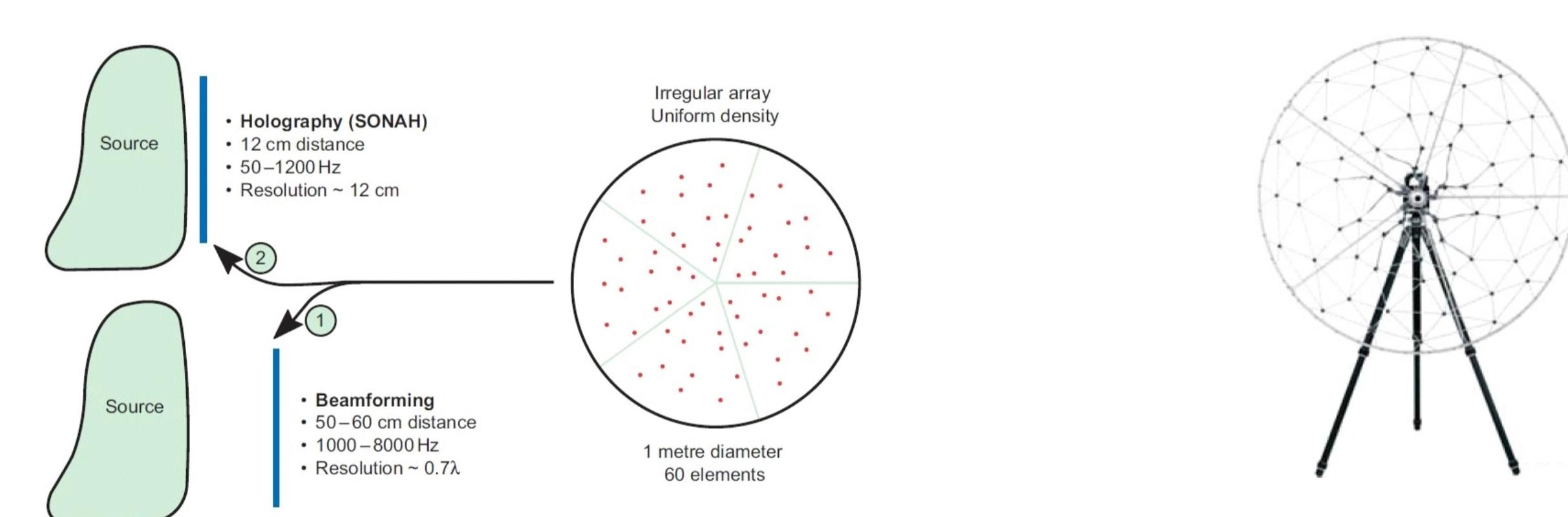
Fig. 7. Acoustic measurements of the gyroplane. Picture of the gyroplane (left) and the distribution of acoustic sources in the gyroplane plane.

Wyniki badań Results

Pomiar akustyczne wiatrakowca - współpraca IPPT-ILOT Acoustic measurements of a gyrodyne aircraft

Przeprowadzone zostały pomiary akustyczne wiatrakowca wykonanego w Instytucie Lotnictwa w Warszawie. Badania miały charakter wstępny, ich celem było określenie parametrów generowanego haftu, próba zlokalizowania głównych źródeł jego emisji do otoczenia oraz określenie przydatności wybranych technik pomiarowych dla akustyki konstrukcji lotniczych. W pomiarach wykorzystano zintegrowany system B&K, typ 8607 i 8608, z głowicą o 36 mikrofonach, umożliwiający realizację algorytmów beamformingu oraz SONAH. Głowica przedstawiona jest na rysunku 8.

Acoustic measurements of a small gyrodyne aircraft developed in Institute of Aviation in Warsaw have been carried out. Those were primary investigations, aimed at determining the main parameters of generated noise, localization of possible sources of sound emission and determination of the usefulness of selected measurement techniques for acoustics in aviation. The measurement were performed using integrated beamforming and SONAH system, B&K type 8607 and 8608, with 36 microphone array. The array is presented in figure 8.



Rys. 8. Matryca mikrofonów wykorzystana w pomiarach akustycznych wiatrakowca

Fig. 8. Array of microphones that has been used in acoustic measurements of a small gyrodyne aircraft

Badania przeprowadzone zostały w warunkach polowych w Instytucie Lotnictwa w Warszawie. Wiatrakowiec posiadał zdemontowany główny wirnik nośny. Badania przeprowadzono przy pracującym silniku i obracającym się wirniku napędowym, w zakresie niskich prędkości obrotowych. Matryca mikrofonów ustawiana była w różnych punktach i odległościach od mierzonego obiektu. Dla odległości powyżej 1 metra w celu lokalizacji źródeł dźwięku stosowano algorytm beamformingu, z kolei przy pomiarach prowadzonych bliżej, nastawiony na konkretne elementy wiatrakowca, stosowano algorytm SONAH. Przykładowe zdjęcia z prowadzonych pomiarów przedstawione na rysunku 9.

The measurements were carried out in field conditions in the Institute of Aviation in Warsaw. The gyroplane had its main rotor removed. The measurements were performed with engine running at low speed and with propeller rotating. The array of microphones was situated at various points and distances from the test subject. For distances greater than one meter the beamforming algorithm was used in order to localize the sound sources, while at lower distances the SONAH algorithm was used. The exemplary pictures illustrating the experimental investigations are presented in figure 9.



Rys. 9. Pomiar akustyczne wiatrakowca

Fig. 9. Acoustic measurements of the gyrodyne aircraft

KONFERENCJA ROCZNA Projektu Kluczowego 10-11 Grudnia 2012

ZB 14

Innowacyjne koncepcje AIA: adaptacyjny gazowy absorber energii

Wyniki badań Results

Cel badań Objective

Adaptacyjny absorber pneumatyczny był analizowany jako cylinder z tłem wyposażonym w szybko sterowany zawór umożliwiający kontrolowany przepływ gazu. Analiza została przeprowadzona w trzech etapach poświeconych następującym zagadnieniom: równowaga sił działających na tło absorbera, rozpatrywanego jako ciało sztywne, termodynamika gazu w komorach cylindra oraz proces przepływu gazu przez zawór piezoelektryczny.

Adaptive air valve is being analyzed as a piston-cylinder device with a piezoelectric valve positioned in the piston. The analysis was conducted within three stages devoted to the following topics: equilibrium of forces acting on the piston considered as a rigid body, thermodynamics of gas in the cylinder chambers and the process of gas flow through the piezoelectric valve. The inner space of the cylinder was divided into two control volumes C and D.

Równowaga sił

$$F_e(t) + F_{pc}(z, T_c, m_C) - F_{pd}(z, T_D, m_D) + F_a - F_f(z) = 0$$

Równanie stanu gazu doskonałego

$$pV = mRT$$

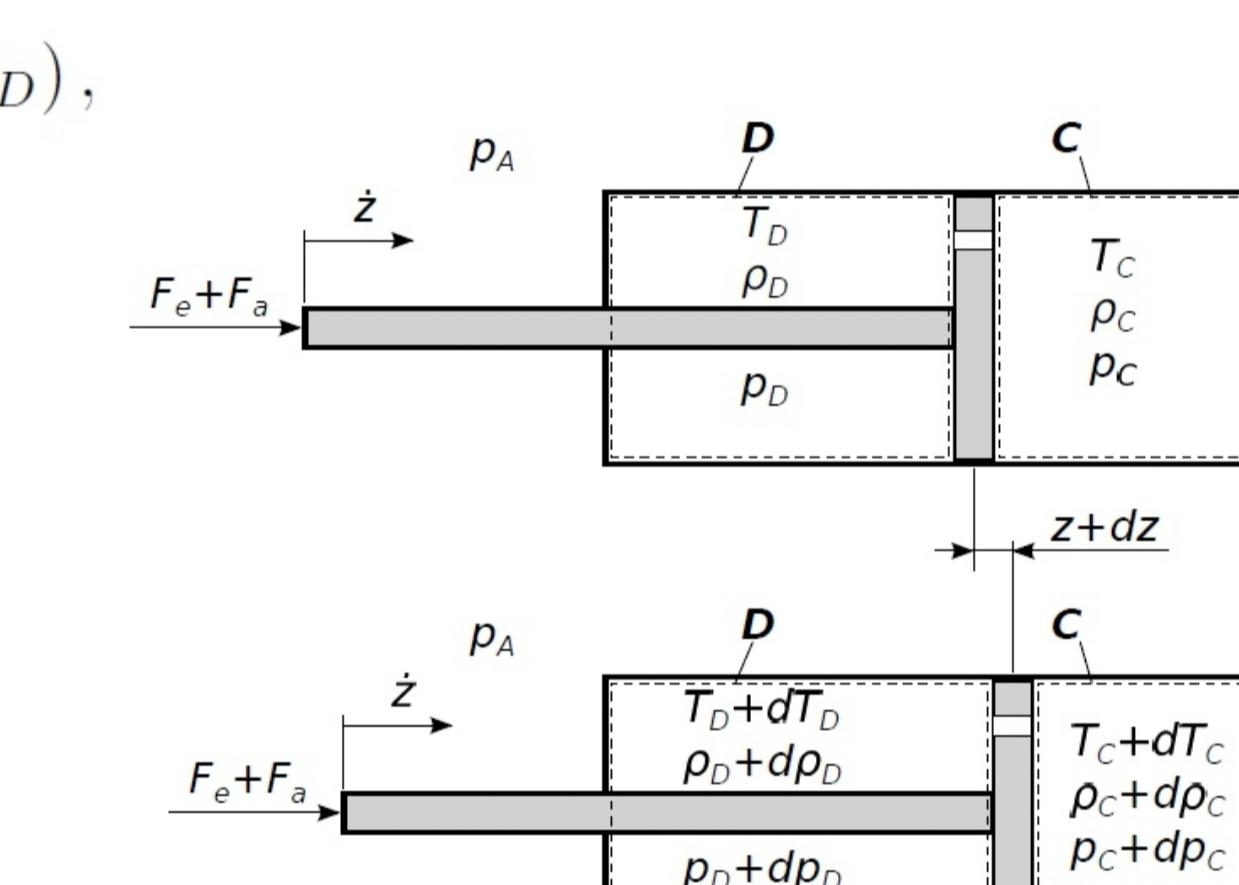
Równanie ciągłości

$$\frac{dm_C}{dt} + \dot{m}_{Ce} - \dot{m}_{Ci} = 0,$$

Bilans energii

$$\dot{Q}_C + \dot{m}_{Ci} h_D = \dot{W}_C + \dot{m}_{Ce} h_C + \frac{d}{dt} (m_C u_C),$$

$$\dot{Q}_D + \dot{m}_{Di} h_C = \dot{W}_D + \dot{m}_{De} h_D + \frac{d}{dt} (m_D u_D),$$



Zmiana entalpii

$$h_C = c_p T_C,$$

Praca wykonana nad gazem

$$\dot{W}_C = p_C(z) \frac{dV_C}{dt}, \quad \dot{W}_D = p_D(z) \frac{dV_D}{dt}.$$

Przepływ ciepła

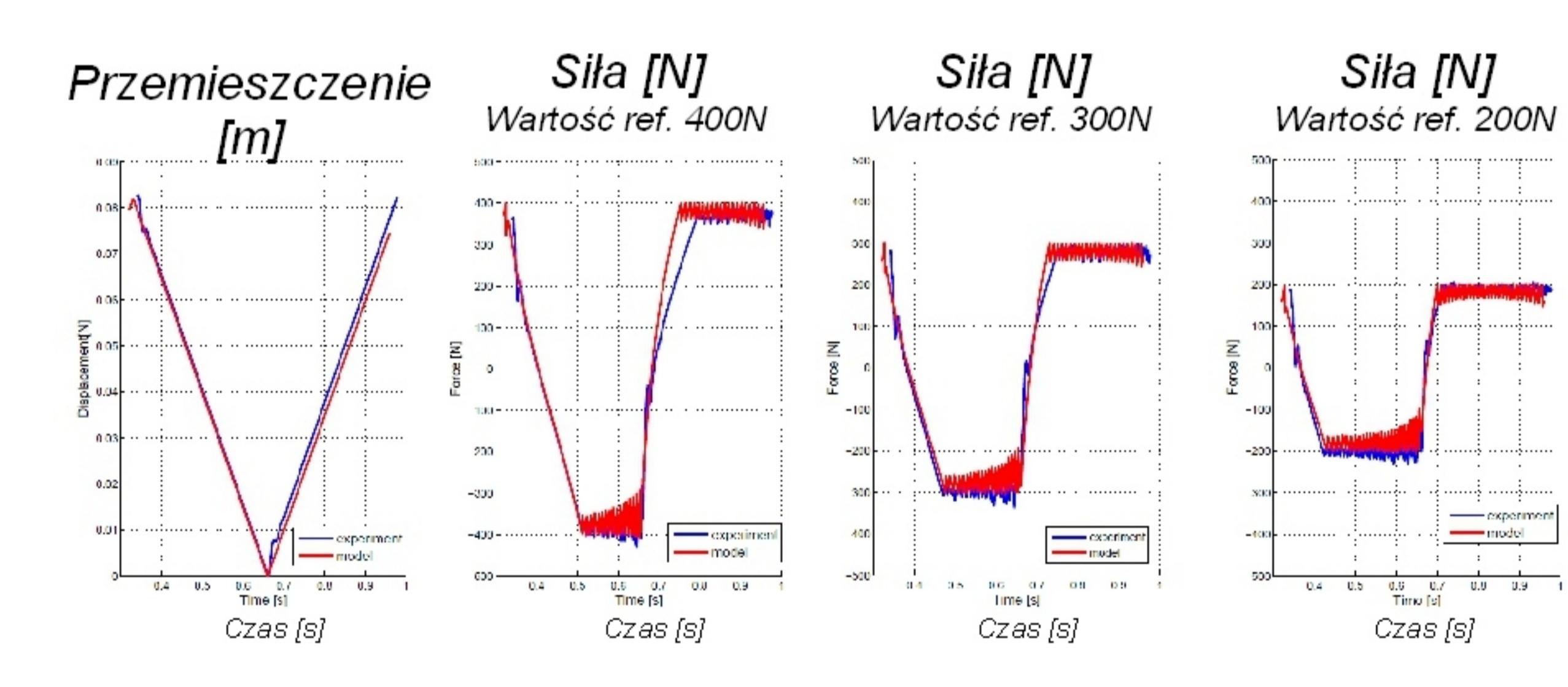
$$\dot{Q} = \alpha \cdot (T_{gas} - T_{ambient})$$

Masowe natężenie przepływu gazu przez zawór

$$\dot{m}_t = \begin{cases} C_d A p_0 \sqrt{\frac{\kappa}{RT_0}} \frac{\kappa+1}{2(\kappa-1)}, & \text{if } Ma < 1 \\ C_d A p_0 \sqrt{\frac{\kappa}{RT_0}} \frac{2}{(\kappa+1)}, & \text{if } Ma = 1 \end{cases}$$

Założenia: gaz doskonały, proces jednorodny, proces ustalony, jednorodny stan gazu wpływającego do zaworu, zmiany energii kinetycznej gazu i bezwładności zostały pominięte

Przemieszczenie Displacement



Rys. 11. Wynik symulacji numerycznej adaptacyjnego absorbera pneumatycznego w porównaniu z wynikami pomiarów eksperymentalnych

Fig. 11 Result of numerical simulation verified versus experimentally obtained data

Wnioski Conclusions

- Opracowano oraz zaimplementowano model numeryczny adaptacyjnego absorbera pneumatycznego
- Przeprowadzono weryfikację wyników modelowania numerycznego względem wyników pomiarów eksperymentalnych
- Opracowany model termomechaniczny absorbera odzwierciedla odpowiedzi układu dla zmiennych warunków wymuszenia kinetycznego, dla zmiennych początkowych warunków termodynamicznych gazu, dla zmiennego sterowania otwarciem zaworu piezoelektrycznego

- Numerical model of the adaptive pneumatic absorber was developed and implemented
- The numerical model was verified versus experimental data
- The numerical thermo-mechanical model of the absorber reflects the behaviour of the device under various kinematic excitations, various thermodynamic conditions, various control of the piezoelectric valve.

Wskaźniki realizacji celów projektu Indicators of the project

* Publikacje:

G. Mikulowski, R. Wiszowaty, J. Holnicki-Szulc, Characterisation of a piezo electric Valve for an adaptive pneumatic shock-absorber, Smart Materials and Structures, vol. 22, no 125011 (12pp), 2013, doi:10.1088/0964-1726/22/12/125011

J. Lisiecki, T. Blazejewicz, S. Kłysz, G. Murcikzyk, P. Reymar, G. Mikulowski, Tests on polyurethane foams with negative Poisson's ratio, Physica Status Solidi B, Volume 250, Issue 10, pages 1988-1995, October 2013

R. Wiszowaty, J. Biczky, C. Graczykowski, G. Mikulowski, Method of impact energy dissipation by the use of the pneumatic impact absorber with a piezo-valve, New Trends in Smart Technologies, C. Boller, H. Janocha ed., Universität des Saarlandes, Fraunhofer IZFP, Saarbrücken, 283 p., ISBN 978-3-8396-0577-6, 2013

L. J. Nowak, T. G. Zieliński, Modal sensitivity and selectivity of small, rectangle-shaped piezoelectric transducers used as sensors and actuators in active vibroacoustic control systems, Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, vol. 32 (in press)

J. Hou, L. Jankowski, J. Ou, An online substructure identification method for local structural health monitoring, Smart Materials and Structures, 22, 095017, doi:10.1088/0964-1726/22/9/095017

Q. Zhang, L. Jankowski, Z. Duan, Simultaneous identification of moving vehicles and bridge damages considering road rough surface, Mathematical Problems in Engineering, in press.

Monografia habilitacyjna:

L. Jankowski, Dynamic load identification for structural health monitoring, IPPT Reports 2/2013, Warsaw 2013, 280 pages. ISBN 978-83-89687-74-6