

## STRESZCZENIA

Radosław BIELAWSKI<sup>1</sup>  
Witold RZĄDKOWSKI<sup>2</sup>  
Sławomir AUGUSTYN<sup>3</sup>  
Paweł PYRZANOWSKI<sup>4</sup>

## NOWOCZESNE MATERIAŁY STOSOWANE W KONSTRUKCJACH LOTNICZYCH – WYBRANE PROBLEMY ORAZ KIERUNKI ROZWOJU

W artykule dokonano analizy materiałów stosowanych we współczesnych konstrukcjach lotniczych, skupiając uwagę na strukturze płatowca samolotu. Przedstawiono wybrane problemy dotyczące projektowania i eksploatacji struktur lotniczych, z uwzględnieniem kompozytów oraz metali lekkich (aluminium, tytan i ich stopy). Omówiono problemy obróbki mechanicznej, takiej jak: szlifowanie, wykonywanie otworów itp. Przedstawiono problemy analizy metodą elementów skończonych (MES), na podstawie dwóch próbek wykonanych ze stopu aluminium oraz z włóknistego kompozytu szklanego. Zaprezentowano różnice w budowie oraz modelowaniu tych materiałów, wynikające z ich różnorodnej struktury (izotropia i anizotropia). Dokonano analizy mechaniki niszczenia metalu, porównując go z kompozytem. Przedstawiono tendencje oraz kierunki rozwoju lotniczych materiałów konstrukcyjnych z uwzględnieniem materiałów metalowo-kompozytowych. Przedmiotem niniejszego artykułu są współczesne materiały konstrukcyjne wykorzystywane w strukturach lotniczych. Celem publikacji jest porównanie współczesnych materiałów konstrukcyjnych (kompozytów oraz metali) oraz przedstawienie wybranych problemów w ich projektowaniu, konstruowaniu oraz eksploatacji. Tezy, uzasadnione wynikami analizy symulacji oraz badań, zostały przedstawione w treści i podsumowaniu artykułu.

**Słowa kluczowe:** konstrukcje lotnicze, kompozyty, metale lekkie, metoda elementów skończonych (MES)

## MODERN MATERIALS USED IN AIRCRAFT CONSTRUCTIONS SELECTED PROBLEMS AND DIRECTIONS FOR DEVELOPMENT

### Summary

The article presents the analysis of materials used in modern air structures, with the focus on the structure of the aircrafts airframe. There were presented selected problems concerning the design and operation of aeronautical structures with composites and light metals (aluminum, titanium and their alloys). The article is focused on mechanical treatment, such as grinding, making holes and others. The paper describes the problems of analysis of Finite Element Method (FEM), on the basis of two samples made of aluminium alloy and fiberglass composite and the differences between the constructions of these materials and modeling of these material resulting from their different structure (isotropy and anisotropy). The article also includes an analysis of the mechanics of destruction of metal comparing it to composite material. There were presented the trends and the ways of developments of the structural material, including air materials metal-composite. The object of this article is to show modern construction materials used in aerospace structures. The purpose of the publication is to compare the modern construction materials (composites and metals) and to present selected problems in their design and operation of construction. The results of simulation analysis and researches were presented in the content and summary of the article.

**Keywords:** aircraft structures, composites, light metals, Finite Element Method (FEM)

DOI: 10.7862/rm.2015.20

*Otrzymano/received: 21.11.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 12.03.2015 r.*

<sup>1</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Radosław Bielawski, Akademia Obrony Narodowej, ul. Chruściela 103, 00-910 Warszawa, tel.: (22) 6813243, e-mail: r.bielawski@aon.edu.pl.

<sup>2</sup> Witold Rządowski, Politechnika Warszawska, e-mail: wrzadkowski@meil.pw.edu.pl.

<sup>3</sup> Sławomir Augustyn, Akademia Obrony Narodowej, e-mail: s.augustyn@aon.edu.pl.

<sup>4</sup> Paweł Pyrzanowski, Politechnika Warszawska, e-mail: pyrzan@meil.pw.edu.pl.

## INSTALACJA CHP Z SILNIKIEM SPALINOWYM ZASILANYM GAZEM DRZEWNYM

Artykuł zawiera opis koncepcji kogeneratora z silnikiem spalinowym czterosuwowym iskrowym zasilanym gazem drzewnym, pochodzącym ze zgazowania biomasy. Przedstawiono metody adaptacji silników spalinowych z zapłonem iskrowym oraz zapłonem samoczynnym do wykorzystania gazu drzewnego. Zaprezentowano problemy techniczne silników zasilanych gazem drzewnym.

**Słowa kluczowe:** zgazowanie biomasy, CHP, skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła, oczyszczanie gazu drzewnego

## COMBINED HEAT AND POWER SYSTEM WITH COMBUSTION ENGINE FUELLED BY WOOD GAS

### Summary

The article contains a description of the concept of CHP unit with a four-stroke internal combustion engine powered by wood gas from biomass gasification. The methods of adaptation of internal combustion spark-ignition and compression-ignition engines to using wood gas were presented. Technical problems of engines powered by wood gas were also presented.

**Keywords:** gasification of biomass, CHP, combined production of electricity and heat, wood gas cleaning

DOI: 10.7862/rm.2015.21

*Otrzymano/received: 11.01.2015 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 12.03.2015 r.*

---

<sup>5</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Paweł Gil, Politechnika Rzeszowska, tel.: (17) 8651288, e-mail: gilpawel@prz.edu.pl.

<sup>6</sup> Joanna Wilk, Politechnika Rzeszowska, e-mail: joanwilk@prz.edu.pl.

Sebastian LEPSZY<sup>7</sup>  
Tadeusz CHMIELNIAK<sup>8</sup>

## ANALIZA MATEMATYCZNA PRACY PROSTEJ TURBINY GAZOWEJ PO ZMIANIE PALIWA

Zastosowanie biomasy do produkcji energii elektrycznej z użyciem turbin gazowych małej mocy wymaga opracowania modeli maszyn i urządzeń o odmiennej charakterystyce w stosunku do szeroko rozpowszechnionych układów lotniczych i przemysłowych wykorzystujących paliwa konwencjonalne. W celu wskazania najistotniejszych zagadnień związanych z opracowaniem nowych rozwiązań dla turbin gazowych zasilanych paliwem z biomasy, w artykule przedstawiono analizę matematyczną pracy prostej turbiny gazowej małej mocy po zmianie paliwa. W szczególności zwrócono uwagę na możliwość wystąpienia pompażu, przekroczenia dopuszczalnych prędkości obrotowych oraz mocy. Przedstawiono również analizę parametrów komory spalania po zmianie paliwa.

**Słowa kluczowe:** biogaz, pompaż, komora spalania, parametry otoczenia

## MATHEMATICAL ANALYSIS OF SIMPLE GAS TURBINE PERFORMANCE AFTER FUEL CHANGE

### Summary

The use of biomass to produce electricity using gas turbines requires the development of models with different characteristics in relation to the widespread aero and industrial systems using conventional fuels. In order to identify the most important issues related to the development of new solutions for gas turbines fueled with biogas, in the article, the mathematical analysis and models of the operation of the simple gas turbine after the change of fuel are shown. In particular, attention was paid to: possibilities of surging occurrence and exceeding the permissible speed and power. An analysis of the parameters of the combustion chamber after the change of the fuel was shown.

**Keywords:** biogas, surge line, combustion chamber, ambient conditions

DOI: 10.7862/rm.2015.22

*Otrzymano/received: 14.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 22.02.2015 r.*

---

<sup>7</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Sebastian Lepczy, Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, tel.: (32) 2372337, e-mail: sebastian.lepszy@polsl.pl.

<sup>8</sup> Tadeusz Chmielniak, Politechnika Śląska, e-mail: tadeusz.chmielniak@polsl.pl.

**Bartosz PRZYBYŁA<sup>9</sup>**  
**Zbigniew ZAPALOWICZ<sup>10</sup>**

## **PRZEGLĄD METOD USZCZELNIANIA WIRNIKÓW TURBIN LOTNICZYCH**

W artykule przedstawiono najczęściej stosowane w praktyce sposoby przeciwdziałania przeciekom strumieni powietrza lub spalin pomiędzy wirnikiem a korpusem lotniczej turbiny gazowej, materiały stosowane do budowy uszczelnień oraz wady i zalety poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych. Szczegółowo opisano następujące rozwiązania konstrukcyjne: uszczelnienie przez wykonanie wgłębienia w materiale końcówki łopatki wirnikowej, uszczelnienie labiryntowe, wykorzystanie do uszczelniania materiałów odpornych na ścieranie (np. węglkowe płytki zabezpieczające) oraz materiałów tworzących tzw. „plaster miodu”.

**Słowa kluczowe:** silniki lotnicze, turbiny gazowe, uszczelnienia turbin

## **REVIEW OF METHODS OF AVIATION TURBINE ROTORS SEALING**

### **S u m m a r y**

In this paper, the most frequently used in practice, the prevention of leakage of exhaust gas stream between the rotor and the housing aviation gas turbine, the materials used in the construction seals and the pros and cons of each design solutions have been presented. The following design solutions: the seal by making a recess in the material of the rotor blade tip, a labyrinth seal for sealing, the use of wear-resistant materials (e.g. Carbide protective plate) and the materials making up the so-called „Honeycomb” have been described in detail.

**Keywords:** aircraft engines, gas turbines, turbine seals

DOI: 10.7862/rm.2015.23

*Otrzymano/received: 10.01.2015 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 22.03.2015 r.*

---

<sup>9</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Bartosz Przybyła, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, tel.: (91) 4494272, e-mail: bartosz.przybyla@zut.edu.pl.

<sup>10</sup> Zbigniew Zapalowicz, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, e-mail: zbigniew.zapalowicz@zut.edu.pl.

## **BADANIE WPLYWU DODATKU ZMIENNOFAZOWEGO NA WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE WYBRANEGO MATERIAŁU BUDOWLANEGO**

Istotną cechą obecnego budownictwa jest stosowanie lekkiej konstrukcji oraz większych powierzchni oszklonych, co prowadzi do przegrzania lub wychłodzenia budynków, w zależności od warunków atmosferycznych. Z drugiej strony, mieszkańcy budynków spędzają znaczną część czasu w pomieszczeniach zamkniętych, w wyniku czego wzrasta zużycie energii do celów chłodniczych lub grzewczych. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie w konstrukcji budynku materiału budowlanego zmieszanego z materiałem zmiennofazowym (PCM), który przechowuje energię w formie utajonej, w procesie przemiany fazowej topnienia lub krzepnięcia. Powszechnie wiadomo, że właściwości termofizyczne materiałów budowlanych będą miały wpływ na zużycie energii w budynku. W związku z tym interesujące jest zbadanie nie tylko możliwości wykorzystania PCM-u jako materiału zwiększającego pojemność cieplną, ale i jego wpływu na właściwości cieplne, takie jak przewodność cieplna materiału budowlanego. W pracy wyznaczono współczynnik przewodzenia ciepła mieszaniny tynku gipsowego i organicznego materiału zmiennofazowego.

**Słowa kluczowe:** wymiana ciepła, tynk gipsowy, przewodzenie ciepła

## **INVESTIGATION OF EFFECT OF PHASE CHANGE MATERIALS ADDITIVE ON THE THERMAL PROPERTIES OF SELECTED CONSTRUCTION MATERIAL**

### **Summary**

The important features of the present construction industry are lightweight design and large glazed surfaces. Those aspects may lead to either overheating or cooling the buildings according to the weather. On the other hand people tend to spend a lot of time in confined spaces what results in increased energy consumption for both heating and cooling purposes. A solution of this problem could be the use of phase change materials in the building constructions. These materials store energy in a latent form (constant temperature) in the melting and solidification processes. It is commonly known, that thermophysical properties of the construction materials have an impact on the energy consumption. Therefore, it is interesting to investigate not only the possibility of using PCM to increase the heat capacity, but also to study its effect on the properties such as the thermal conductivity of building materials. In this paper, the thermal conductivity for mixture of gypsum plaster and organic phase change material was determined.

**Keywords:** heat transfer, gypsum plaster, thermal conduction

DOI: 10.7862/rm.2015.24

*Otrzymano/received: 14.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 20.03.2015 r.*

---

<sup>11</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Ewa Skawińska, Politechnika Wroclawska, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 3203091, e-mail: ewa.skawinska@pwr.edu.pl.

## IDENTYFIKACJA WSPÓŁCZYNNIKA WNIKANIA CIEPŁA NA ZEWNĘTRZNEJ POWIERZCHNI TERMOMETRU DO WYZNACZANIA NIEUSTALONEJ TEMPERATURY PŁYNU

Opracowano metodę wyznaczania współczynnika wnikania ciepła na powierzchni zewnętrznej termometru służącego do pomiaru temperatury czynnika przepływającego pod wysokim ciśnieniem. Metoda opiera się na rozwiązaniu odwrotnego zagadnienia przewodzenia ciepła. Współczynnik wnikania ciepła jest określany na podstawie pomiaru temperatury w środku metalowego cylindrycznego termometru oraz na podstawie pomiaru temperatury ścianki cylindrycznego rurociągu, który jest izolowany cieplnie. Dodatkowo jest wyznaczany współczynnik wnikania ciepła na wewnętrznej powierzchni rurociągu. Korelacje na liczby Nusselta, z których są wyznaczane współczynniki wnikania ciepła na zewnętrznej powierzchni termometru i wewnętrznej powierzchni rurociągu, zawierają nieznaną współczynniki, które wyznacza się metodą najmniejszych kwadratów. Wyznaczone współczynniki wykazują dobrą zgodność ze współczynnikami przyjętymi podczas rozwiązywania zagadnienia bezpośredniego.

**Słowa kluczowe:** pomiar temperatury płynu, stan nieustalony, odwrotne zagadnienie przewodzenia ciepła, metoda krocząca, korelacja na liczbę Nusselta

## IDENTIFICATION OF THE HEAT TRANSFER COEFFICIENT ON THE EXTERNAL SURFACE OF THE THERMOMETER USED FOR DETERMINING TRANSIENT FLUID TEMPERATURE

### Summary

The aim of the study was to develop a method of determining the heat transfer coefficient on the outer surface of the thermometer with the large diameter casing, which is used for measuring the temperature of the fluid flowing under high pressure. The method is based on solving the inverse heat conduction problems. The heat transfer coefficient is determined based on measuring the temperature in the middle of the solid cylinder and the temperature of the pipeline wall which is thermally insulated. The heat transfer coefficient on the inner surface of the pipeline is calculated using the known correlation for the Nusselt number. The correlation for the Nusselt number contains one unknown coefficient which is determined using the least squares method. Several time points are taken into account in the sum of temperature difference squares. The estimated coefficients are in good agreement with the input values used for the solution of the inverse problem.

**Keywords:** fluid temperature measurement, transient state, inverse heat conduction problem, stepwise method, correlation for Nusselt number

DOI: 10.7862/rm.2015.25

*Otrzymano/received: 14.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 20.03.2015 r.*

---

<sup>12</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Jan Taler, Politechnika Krakowska, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków, tel.: (12) 6283554, e-mail: taler@mech.pk.edu.pl.

<sup>13</sup> Magdalena Jaremkiewicz, Politechnika Krakowska, e-mail: mjaremkiewicz@pk.edu.pl.

Roman ULBRICH<sup>14</sup>  
Marcin KARAS<sup>15</sup>  
Daniel ZAJĄC<sup>16</sup>

## WYMIANA CIEPŁA I WIZUALIZACJA PRZEPIYU DWUFAZOWEGO W PRZESTRZENI MIĘDZYRUROWEJ

W pracy zaprezentowano wyniki badań nad wizualizacją przepływu dwufazowego poprzecznego do modelowego pęku rur. Do realizacji założonego celu wykorzystano m.in. metodę cyfrowej anemometrii obrazowej DPIV. Badania przeprowadzono dla dwóch układów pęku rur – szeregowego i przestawnego, przy zróżnicowanych strumieniach fazy ciekłej i gazowej, w zakresie odpowiednio 800-1200 i 10-60 dm<sup>3</sup>/h. Rezultatami badań były pola prędkości fazy ciekłej, identyfikacja pojawiających się struktur przepływu oraz wielkości powierzchni stref. Rezultaty wizualizacji zestawiono z wynikami badań wymiany ciepła podczas przepływu dwufazowego przez przestawny i równoległy pęk rur. Do pomiarów wykorzystano metodę elektrochemiczną opartą na analogii wymiany ciepła i masy. Otrzymane wyniki pozwoliły na analizę wpływu hydrodynamiki przepływu na intensywność wymiany ciepła na powierzchni rur w pęku.

**Słowa kluczowe:** analogia Chiltona-Colburna, DPIV, metoda elektrochemiczna, wnikiwanie masy

## HEAT TRANSFER AND VISUALIZATION OF TWO-PHASE FLOW IN THE TUBE BUNDLE

### Summary

The paper presents results of research on visualization of two-phase flow across tube bundle models. The method of digital imaging anemometry DPIV was used. The research was carried out for the staggered and in-line tube bundles. The results of the study were the velocity fields of the liquid phase, identification of emerging structures of the flow and the size of the surface areas of stagnation. Results of visualization were compared to the results of research on the conditions of heat transfer during the two-phase flow through in-line and staggered tube bundle. To determine the intensity of heat transfer on the surface of the tube bundle, electrochemical method based on an analogy of heat and mass transfer was used. Obtained results allowed to analyze the impact of hydrodynamic properties on the intensity of heat transfer on the surface of the tubes in a bundle.

**Keywords:** Chilton-Colburn analogy, DPIV, electrochemical method, mass penetration

DOI: 10.7862/rm.2015.26

*Otrzymano/received: 14.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 20.03.2015 r.*

---

<sup>14</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Roman Ulbrich, Politechnika Opolska, ul. S. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole, tel.: (77) 4498390, e-mail r.ulbrich@po.opole.pl.

<sup>15</sup> Marcin Karaś, GEA Technika Ciepłna Sp. z o.o., e-mail marcin.karas@gea.com.

<sup>16</sup> Daniel Zajęc, Politechnika Opolska, e-mail d.zajac@po.opole.pl.

Barbara ZAJĄC<sup>17</sup>  
Michał POMORSKI<sup>18</sup>

## OKREŚLANIE OPTIMALNEGO UDZIAŁU OKIEN W BUDYNKU MIESZKALNYM

W pracy przedstawiono obliczenia energochłonności budynku mieszkalnego przy różnych udziałach okien w przegrodach zewnętrznych budynku. Obliczenia zostały wykonane według metodologii stosowanej podczas wyznaczania charakterystyki energetycznej budynków. Podjęto próbę określenia optymalnego udziału powierzchni przezroczystych w przegrodach zewnętrznych dla różnych orientacji względem stron świata oraz różnych parametrów termicznych przegród. Uzyskane wyniki porównano z wymaganiami technicznymi stawianymi oknom, dotyczącymi ochrony cieplnej i doświetlenia pomieszczeń.

**Słowa kluczowe:** zyski solarne, energochłonność, warunki techniczne, przegroda budowlana

### DETERMINATION OF OPTIMAL WINDOW SHARE IN A RESIDENTIAL BUILDING

#### Summary

This paper presents the calculation of the energy consumption of a residential building for different shares of windows area in the external walls of the building. The calculations were made according to the methodology used for determining the energy performance of buildings. optimization of the share of transparent surfaces in the external walls, taking into account various orientations, and different thermal parameters of partitions were also here presented. The results of building energy consumption calculations referring to different shares of windows area were compared with the permissible technical requirements for windows.

**Keywords:** solar gains, energy consumption, technical requirements, building partition

DOI: 10.7862/rm.2015.27

*Otrzymano/received: 14.09.2014 r.*

*Zaakceptowano/accepted: 22.03.2015 r.*

---

<sup>17</sup> Barbara Zając, Politechnika Wroclawska, e-mail:173344@student.pwr.edu.pl.

<sup>18</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Michał Pomorski, Politechnika Wroclawska, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.: (71) 3203605, e-mail: michal.pomorski@pwr.edu.pl.



## WYKORZYSTANIE CIEPŁA ODPADOWEGO W PROCESIE PRZYGOTOWANIA SPALIN NA POTRZEBY SEPARACJI METODĄ VPSA

W ostatnich latach są prowadzone intensywne prace związane z ograniczeniem emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery z procesów spalania paliw węglowych w energetyce. W ramach tych prac powstały już nowe technologie oksyspalania, jak również kilka metod separacji CO<sub>2</sub> ze spalin. Jedną z nich jest technologia adsorpcyjna VPSA (*Vacuum Pressure Swing Adsorption*). W technologii VPSA proces adsorpcji i desorpcji jest realizowany przez zmianę ciśnienia. Skuteczność tej metody zależy w dużym stopniu od właściwości sorbentu i jego zdolności sorpcyjnej względem CO<sub>2</sub>. Parametrami, które wpływają na pojemność sorpcyjną sorbentu, jest temperatura spalin i ich ciśnienie. W przypadku stosowanych sorbentów pojemność sorpcyjna bardzo wzrasta wraz z obniżeniem temperatury spalin i wzrostem ciśnienia. W takim przypadku jest możliwe ograniczenie rozmiarów jednostki adsorpcyjnej, a także kosztów procesu wstępnego sprężania spalin. W pracy przedstawiono propozycję technologii przygotowania spalin kotłowych na potrzeby procesu VPSA, przy założeniu minimalizacji kosztów energetycznych tego procesu i zapotrzebowania na sorbent. W ramach proponowanej technologii zakłada się wykorzystanie ciepła odpadowego ze spalin na potrzeby zasilania chłodziarki absorpcyjnej wytwarzającej wodę lodową. W wyniku przeprowadzonych obliczeń symulacyjnych określono zapotrzebowanie na energię do wstępnego procesu sprężania spalin przed jednostką VPSA oraz minimalne zapotrzebowanie sorbentu do separacji CO<sub>2</sub> z przepływającego przez adsorber strumienia spalin.

**Słowa kluczowe:** CCS, chłodziarka adsorpcyjna, redukcja emisji CO<sub>2</sub>

## WASTE HEAT UTILISATION FOR FLUE GAS PRETREATMENT DUE TO CARBON DIOXIDE SEPARATION BY VPSA METHOD

### Summary

One of research carried out intensively nowadays is the one on reduction of CO<sub>2</sub> emission to atmosphere from fossil fuel combustion in energy sector. The new technologies like oxy-combustion or technologies of separation from the flue gas were developed as their result. One of separation technologies considered is VPSA (Vacuum Pressure Swing Adsorption) adsorption on solid sorbents, which is done owing to different pressures on both, adsorption and desorption side of the unit. The efficiency of this method depends on solid sorbent properties and its sorption capacity in respect of separated gas components. The thermodynamic parameters of the separation process that influence sorption capacity are temperature and pressure. This is because the sorption capacity strongly increases with lowering temperature and increasing pressure of the flue gas. Therefore, in such conditions, sorbent demand for separation decreases that makes separation unit to be much smaller, and moreover, it makes flue gas compression process less energy consuming. The paper presents the concept of technology of flue gas pretreatment that may minimise energy cost of separation and sorbent demand for CO<sub>2</sub> separation. Proposed technology assumes utilisation of waste heat from flue gas for feeding the absorption cooler that produces cold water for flue gas cooling. This allows not only flue gas cooling but in the same time for moisture removal, which also has positive impact on separation process. As a result of calculation performed, the energy demand for flue gas compression as well as sorbent amount were assessed and showed advantages of proposed technology.

**Keywords:** CCS, absorption cooler, CO<sub>2</sub> emission reduction

DOI: 10.7862/rm.2015.28

*Otrzymano/received:* 14.09.2014 r.

*Zaakceptowano/accepted:* 20.03.2015 r.

---

<sup>19</sup> Autor do korespondencji/corresponding author: Robert Zarzycki, Politechnika Częstochowska, ul. Brzeźnicka 60A, 42-200 Częstochowa, tel.: (34) 3257334, e-mail: zarzycki@is.pcz.czest.pl.

<sup>20</sup> Marcin Panowski, Politechnika Częstochowska, e-mail: mpanowski@is.pcz.czest.pl.