

STRESZCZENIA

Stanisław ANTAS¹

METODY OBLICZEŃ PARAMETRÓW KOLEKTORA STOSOWANE W PROJEKCIE KONCEPCYJNYM SPRĘŻARKI PROMIENIOWEJ

W wielu konstrukcjach jednostopniowych sprężarek odśrodkowych oraz osiowo-promieniowych lotniczych silników śmigłowych i śmigłowcowych w celu zmniejszenia prędkości oraz zwiększenia ciśnienia statycznego strumienia powietrza stosuje się odpowiednio ukształtowany kolektor umieszczony za bezłopatkowym lub łopatkowym dyfuzorem. Dyfuzor spiralny jest jednym z zasadniczych typów dyfuzorów. Kolektor stanowi kanał o różnie ukształtowanych przekrojach poprzecznych, rozszerzający się stopniowo w kierunku obrotu wirnika i obejmujący poprzedzający dyfuzor walcowym otworem wlotowym. W celu zapewnienia prawidłowej pracy dyfuzora spiralnego jego parametry geometryczne winny być odpowiednio dobrane. W pracy przedstawiono dwie zasadnicze metody obliczeń parametrów geometrycznych dyfuzora spiralnego: stałej cyrkulacji oraz prędkości średniej. Wymienione metody (zalecane do stosowania w projekcie koncepcyjnym sprężarki) oparto na równaniu zachowania energii - równaniu energetycznym przepływu, równaniu ciągłości, pierwszej zasadzie termodynamiki, równaniu momentu ilości ruchu Eulera, funkcjach gazodynamicznych oraz definicjach stosowanych w teorii maszyn wirnikowych. Przeprowadzono szczegółową analizę parametrów geometrycznych kolektorów różnych rodzajów konstrukcyjnych. Zaprezentowano także przegląd wyników badań eksperymentalnych współczynnika strat przepływu w kolektorze oraz propozycję sposobu wyznaczania parametrów strumienia na wylocie spirali zbiorczej.

Słowa kluczowe: silnik turbinowy, sprężarka, kolektor

METHODS FOR CALCULATION OF COLLECTOR PARAMETERS APPLIED TO THE CONCEPTUAL DESIGN OF RADIAL COMPRESSOR

Summary

In many constructions of one-stage radial and axial-centrifugal compressors of the turboprop and turboshaft aviation engines, a properly formed collector placed after vaneless or vane radial diffuser in order to decrease velocity and to increase air stream static pressure is applied. The spiral diffuser is one of the fundamental diffuser type. A volute is a channel with a different form of traverse sections that gradually expands in a direction of rotor rotational speed and encloses previous diffuser with a cylindrical intake hole. Its geometrical parameters should be properly selected to ensure the correct operation of the scroll. This paper presents two fundamental methods of calculation of geometrical parameters of the spiral diffuser: free vortex design (constant angular momentum principle) and constant mean velocity design. Mentioned methods (for conceptual design of a compressor) are based on energy equation - steady flow energy equation, equation of continuity, first law of thermodynamics, Euler's moment of momentum equation, gas dynamics functions and definitions used in theory of turbomachinery. Detailed analysis of geometrical parameters of different types of collectors was conducted. This paper also provides a review of experimental research results of total pressure loss coefficient in the volute and proposed method of determining air stream parameters at volute outlet.

Keywords: turbine engine, compressor, collector

DOI: 10.7862/rm.2016.22

Otrzymano/received: 14.10.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 15.11.2016 r.

¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Stanisław Antas, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, tel.: 17 865 1501, e-mail: santas@prz.edu.pl

Tadeusz BALAWENDER²
Łukasz MICAL²

INFLUENCE OF FRICTION STIR WELDING TOOL GEOMETRY ON TENSILE STRENGTH OF THE JOINT

Due to specific mechanical properties 2024 aluminum alloy is ideally suited for application in aerospace and automobile industries and because of its poor weldability is not widely used in other industries. To overcome this problem, a series of friction stir welding (FSW) experiments were conducted on 2024 aluminum alloy sheets by varying tools and key parameters of the process, i.e., rotation speed and travel rate of the weld tool. To investigate the influence of FSW process parameters on the mechanical strength of the joint, the tensile strength of the joint was examined as a function of FSW parameters for each tool. Optimum values of tool rotation speed and advance speed were determined for each tool and finally the optimum tool has been found.

Keywords: friction stir welding, FSW tool geometry, 2024 aluminium alloy, tensile test

WPLYW GEOMETRII NARZĘDZIA DO ZGRZEWANIA TARCIOWEGO Z MIESZANIEM NA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE POŁĄCZENIA

Streszczenie

Ze względu na odpowiednie właściwości mechaniczne, stop aluminium 2024 idealnie nadaje się do zastosowania w przemyśle lotniczym i samochodowym, natomiast ze względu na słabą spawalność nie jest szeroko stosowany w innych gałęziach przemysłu. Aby przezwyciężyć ten problem, przeprowadzono eksperymenty zgrzewania tarcioowego z mieszaniem (ZTM) blach ze stopu aluminium 2024 z udziałem różnych narzędzi oraz w warunkach różnych najważniejszych parametrach procesu, to znaczy prędkości obrotowej i prędkości przemieszczania narzędzia zgrzewającego. Aby zbadać wpływ parametrów procesu ZTM na wytrzymałość mechaniczną połączenia, dla każdego narzędzia, określono wytrzymałość na rozciąganie w funkcji parametrów procesu ZTM. Optymalne wartości prędkości obrotowej oraz prędkości przemieszczania zostały określone dla każdego narzędzia, tak aby w końcu znaleźć optymalne narzędzie.

Słowa kluczowe: zgrzewanie z przemieszczaniem, geometria narzędzia do ZTM, stop aluminium 2024, test rozciągania

DOI: 10.7862/rm.2016.23

Otrzymano/received: 10.10.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 10.12.2016 r.

² Autor do korespondencji/corresponding author: Tadeusz Balawender, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, Poland, e-mail: tbalaw@prz.edu.pl

² Łukasz Micał, Politechnika Rzeszowska, e-mail: d297@stud.prz.edu.pl

Henryk CHARUN³
Marian CZAPP⁴
Stanisław CHAPP⁵
Magdalena ORŁOWSKA⁶

EFFECT OF THE INCLINATION ANGLE OF THE CONDENSER ON THE HEAT TRANSFER COEFFICIENT VALUE – EXPERIMENTAL STUDY

Considering problem of the condensation of the refrigerant in a flow inside channel, the attention should be paid to the shape of its cross-section, the hydraulic diameter, the channel length as well as the orientation of the channel axis in space (horizontal, vertical, inclined). This paper presents an experimental study concerning the effect of the inclination angle of the condenser with a single coil pipe on the heat transfer coefficient value. In the laboratory test the air-cooled condenser with R410A refrigerant has been investigated. The results of test have proved that during the condensation in a single inclined pipe channel there is a specific value of the inclination angle at which the highest value of the heat transfer coefficient is obtained.

Keywords: condensation, condensers, heat transfer, heat transfer coefficient

WPLYW KĄTA NACHYLENIA SKRAPLACZA NA WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA PRZEJMOWANIA CIEPŁA - BADANIA EXPERYMENTALNE

Streszczenie

Analizując skraplanie czynnika chłodniczego przepływającego wewnątrz kanału, trzeba zwrócić uwagę na kształt jego przekroju poprzecznego, średnicę hydrauliczną i długość kanału, a także usytuowanie przestrzenne osi kanału (poziome, pionowe, nachylone). W artykule przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych wpływu kąta nachylenia skraplacza jednowężownicowego na wartość współczynnika przejmowania ciepła. Badano skraplacz z czynnikiem chłodniczym R410A, chłodzony powietrzem. Wyniki badań potwierdziły, że istnieje optymalny kąt nachylenia tego rodzaju skraplacza, dla którego osiąga się największą wartość współczynnika przejmowania ciepła.

Słowa kluczowe: skraplanie, skraplacze, wymiana ciepła, współczynnik przejmowania ciepła

DOI: 10.7862/rm.2016.24

Otrzymano/received: 15.09.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 16.11.2016 r.

³ Henryk Charun, Koszalin University of Technology, e-mail: henryk.charun@tu.koszalin.pl

⁴ Autor do korespondencji/corresponding author: Marian Czapp, Koszalin University of Technology, ul. Raclawicka 15-17, 77-620 Poland, e-mail: marian.czapp@tu.koszalin.pl

⁵ Stanisław Czapp, Gdańsk University of Technology, e-mail: stanislaw.czapp@pg.gda.pl

⁶ Magdalena Orłowska, Koszalin University of Technology, e-mail: magdalena.orlow-ska@tu.koszalin.pl

Janusz T. CIEŚLIŃSKI⁷
Sławomir SMOLEŃ⁸
Dorota SAWICKA⁹

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF FREE CONVECTION OF GLYCOL- Al_2O_3 NANOFLUID FROM HORIZONTAL TUBE

Nanofluids are considered to be a new generation of coolants, both in single- and two phase systems. Furthermore, nanofluids or nanocomposites may be used as a media in thermal energy storage (TES) in such systems as sensible heat storage (SHS) and phase change materials (PCM). In the SHS systems the dominating mechanism of the heat transfer is natural convection. However, in the literature only a few investigations of free convection of nanofluids have been discussed. This paper presents preliminary results of the experimental investigation of natural convection heat transfer of glycol- Al_2O_3 nanofluid from horizontal tube.

Keywords: thermal energy storage, sensible heat, nanofluids, free convection

BADANIA EKSPERYMENTALNE KONWEKCJI SWOBODNEJ NANOCIECZY GLIKOL- Al_2O_3 NA POZIOMEJ RURCE

Streszczenie

Nanociecze uważane są za nową generację czynników chłodzących w układach jednofazowych oraz dwufazowych. Ponadto, nanociecze i nanokomponenty mogą być użyte jako środki magazynowania energii cieplnej (TES) w takich systemach jak SHS czy PCM. W systemach wykorzystujących ciepło jawne dominującym sposobem wymiany ciepła jest konwekcja swobodna. Mimo tego, jak dotąd, przeprowadzono niewiele badań eksperymentalnych i numerycznych dotyczących zjawiska konwekcji swobodnej nanocieczy. W pracy zaprezentowano wstępne wyniki badań eksperymentalnych wymiany ciepła podczas konwekcji swobodnej nanocieczy glikol- Al_2O_3 na poziomej rurce.

Słowa kluczowe: magazynowanie energii cieplnej, ciepło jawne, nanociecze, konwekcja swobodna

DOI: 10.7862/rm.2016.25

Otrzymano/received: 11.09.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 15.11.2016 r.

⁷ Autor do korespondencji/corresponding author: Janusz T. Cieśliński, Gdańsk University of Technology, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, Poland, tel.: +48 583471622, e-mail: jcieslin@pg.gda.pl

⁸ Sławomir Smoleń, Hochschule Bremen, Germany, e-mail: Sławomir.Smolen@hs-bremen.de

⁹ Dorota Sawicka, Gdańsk University of Technology, Hochschule Bremen, Germany, e-mail: dsawicka@ext.hs-bremen.de

IMPROVEMENT IN ACCURACY OF NATURAL FREQUENCY DETERMINATION BASED ON THE ENVELOPE OF CROSS-CORRELATION FUNCTION

This paper presents a method of improvement of the accuracy in natural frequency determination when having impulse responses from impact testing. A new method is used for obtaining impulse response spectrum. The improvement in natural frequency determination is a result of improving the spectral resolution. For this, the new method uses calculation of surface area under the envelope of the cross-correlation function. This process is repeated by single-harmonic signal generated step-by-step with frequency changed iteratively. Thus the frequency resolution of determined spectrum is independent of length of analysed impulse response.

Keywords: natural frequency, determination, improvement, envelope

POPRAWA DOKŁADNOŚCI WYZNACZANIA CZĘSTOTLIWOŚCI DRGAŃ WŁASNYCH W OPARCIU O OBWIEDNIĘ FUNKCJI KORELACJI WZAJEMNEJ

Streszczenie

Praca przedstawia sposób poprawy dokładności wyznaczania częstotliwości drgań własnych mając odpowiedzi z badań impulsowych. Nowej metody używa się w celu znalezienia widma odpowiedzi impulsowej. Poprawa wyznaczania częstotliwości drgań własnych jest wynikiem poprawy rozdzielczości widmowej. W tym celu nowa metoda wyznacza pole powierzchni pod obwiednią funkcji korelacji wzajemnej. Proces ten dokonuje się cyklicznie włącznie z generacją fali harmonicznnej krok po kroku wraz z iteracyjną zmianą jej częstotliwości. W ten sposób, rozdzielczość częstotliwościowa wyznaczonego widma jest niezależna od długości analizowanej odpowiedzi impulsowej.

Słowa kluczowe: częstotliwość drgań własnych, wyznaczenie, poprawa, obwiednia

DOI: 10.7862/rm.2016.26

Otrzymano/received: 14.11.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 12.12.2016 r.

¹⁰ Autor do korespondencji/corresponding author: Adam Kotowski, Faculty of Mechanical Engineering, Białystok University of Technology, ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok, Poland, e-mail: a.kotowski@pb.edu.pl

CO-FIRING OF COAL WITH NATURAL GAS - COMPUTATIONAL SIMULATIONS

The paper includes the results of computational tests conducted to compare coal combustion to the natural gas co-firing with coal in the combustion chamber of the conventional OP230 boiler with low-emission front burners and open-fire air (OFA) nozzles. It was shown that co-firing coal with the co-fuel with high content of methane can result in the reduction of NO_x emissions about 40% compared with the coal combustion. The results obtained can be used as a benchmark for comparative computer tests of indirect co-firing of coal with syngas derived from wood- and agriculturally-based biomass and waste products.

Keywords: co-firing, boiler, low-emission combustion

WSPÓLSPALANIE WĘGLA I GAZU ZIEMNEGO - SYMULACJE OBLICZENIOWE

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki symulacji obliczeniowych przeprowadzonych w celu porównania spalania węgla ze współspalaniem gazu ziemnego i węgla w komorze paleniskowej konwencjonalnego kotła pyłowego OP230 wyposażonego w niskoemisyjne palniki. Wykazano, że współspalanie węgla z paliwem o wysokiej zawartości metanu może skutkować 40% redukcją związków NO_x w porównaniu ze spalaniem tylko węgla. Prezentowane wyniki celu mogą być wykorzystane w celu określenia punktu odniesienia dla porównawczych wariantów badań komputerowych, w których dodatkowym współspalanym paliwem będzie gaz syntezowy pochodzenia rolniczego i pozyskany z biomasy drzewnej oraz odpadów.

Słowa kluczowe: współspalanie, kocioł, spalanie niskoemisyjne

DOI: 10.7862/rm.2016.27

Otrzymano/received: 15.09.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 14.11.2016 r.

¹¹ Autor do korespondencji/corresponding author: Przemysław Motyl, University of Technology and Humanities in Radom, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, +48 48 361 71 23, e-mail: p.motyl@gmail.com

¹² Jan Łach, University of Technology and Humanities in Radom, e-mail: lachjan@wp.pl

ANALIZA DRGAŃ WŁASNYCH PŁYT PIERŚCIENIOWYCH Z OTWORAMI MIMOŚRODOWYMI

W pracy rozważane są drgania własne poprzeczne płyt pierścieniowych z nieciągłościami geometrycznymi w postaci otworów przelotowych i kołnierza. W procesie analizy wykorzystano metodę elementów skończonych i badania doświadczalne. Wymagane obliczenia wykonano w komercyjnym programie ANSYS. W analizie numerycznej stosowano modele bryłowe i powierzchniowe. Opracowane modele numeryczne zweryfikowano eksperymentalnie. W badaniach doświadczalnych stosowano najnowsze laserowe techniki pomiarowe. Prezentowane wyniki badań doświadczalnych i symulacji numerycznych potwierdzają występowanie zjawiska rozdzielania wartości częstości własnych odnoszących się do postaci, w których liczba średnic węzłowych jest krotnością liczby otworów przelotowych. Prezentowana w pracy metodyka może być pomocna inżynierom zajmującym się analizą drgań układów modelowanych płytami kołowymi z mimośrodkowymi otworami przelotowymi.

Słowa kluczowe: drgania poprzeczne, zniekształcone formy własne, modele z cykliczną symetrią

FREE VIBRATION ANALYSIS OF ANNULAR PLATES WITH ECCENTRIC HOLES

Summary

This paper discusses the free transverse vibrations of the annular plates with the geometrical discontinuities in the form of eccentric holes and rim. The finite element method and the experimental studies are employed. The commercial ANSYS software is used in the numerical calculations. The solid finite element models and the shell finite element models are used in the analysis. During the experimental tests the latest laser measurement techniques are used. Discussed in this paper the numerical and experimental research confirm the existence of the phenomenon of dividing natural frequency values corresponding to the mode shapes where the number of nodal diameters is a factor of the number of through holes. Presented method of the analysis of transverse vibrations of annular plates with eccentric through holes may be useful for engineering applications.

Keywords: transverse vibrations, distorted normal modes, cyclic symmetry models

DOI: 10.7862/rm.2016.28

Otrzymano/received: 17.11.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 12.12.2016 r.

¹³ Autor do korespondencji/corresponding author: Stanisław Noga, Politechnika Rzeszowska, al. Powstańców Warszawy 12, 35–959 Rzeszów, tel.: 178651639, e-mail: noga@prz.edu.pl.

Maria TYCHANICZ¹⁴
Joanna WILK¹⁵
Sebastian GROSICKI¹⁶

COMPARABLE ANALYSIS OF AN INVESTIGATION OF BIOMASS ENERGETIC PROPERTIES

This paper presents the comparable analysis of the investigation of energetic properties of two types of biomass. The research was made on the manual and semi-automatic oxygen-bomb calorimeter KL-12Mn. The basic energetic properties include calorific value and heating value. Calculations were made according to the PN-ISO 1928 standard. The research was made for basket willow and *paulownia tomentosa* samples. To determine the average value of each parameter samples of each kind of biomass were researched three times on both devices, which increased the accuracy of methods. The paper also includes the uncertainty analysis.

Keywords: biomass, calorific value, bomb calorimeter, energetic properties, basket willow, *paulownia tomentosa*

ANALIZA PORÓWNAWCZA BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI ENERGETYCZNYCH BIOMASY

Streszczenie

W pracy zawarto analizę porównawczą właściwości energetycznych dwóch rodzajów biomasy stałej, wyznaczonych przy pomocy kalorymetru ręcznego oraz półautomatycznego KL-12Mn. Do podstawowych właściwości paliw stałych, które zostały wyznaczone, należą ciepło spalania i wartość opałowa, których obliczenia zostały przeprowadzone zgodnie z normą PN-ISO 1928. Analizie poddano próbki wierzby energetycznej oraz paulowni puszystej. Próbkę każdego z paliw została poddawana trzykrotnym pomiarom, zarówno w urządzeniu ręcznym, jak i półautomatycznym, dzięki czemu można było wyznaczyć średnią wartość każdego z parametrów. Analizę uzupełniono o rachunek niepewności pomiarowych.

Słowa kluczowe: biomasa, wartość opałowa, bomba kalorymetryczna, właściwości energetyczne, wierzba energetyczna, *paulownia tomentosa*

DOI: 10.7862/rm.2016.29

Otrzymano/received: 10.09.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 24.10.2016 r.

¹⁴ Autor do korespondencji/corresponding author: Maria Tychanicz, Politechnika Rzeszowska, 35-959 Rzeszów, al. Powst. Warszawy 12, tel. (17) 743-2299, e-mail: mtychanicz@prz.edu.pl

¹⁵ Joanna Wilk, Politechnika Rzeszowska, e-mail: joanwilk@prz.edu.pl

¹⁶ Sebastian Grosicki, Politechnika Rzeszowska, e-mail: sebogr@prz.edu.pl

EXPERIMENTAL MODAL ANALYSIS OF THE TURBINE BLADE

In this paper the results of an experimental modal analysis of the turbine blade were presented. Investigations were made using the electrodynamic vibration system. As the results of analysis, the resonant frequencies of the blade were performed. The results of experimental investigations are dependent on many parameters of vibration system defined before the start of the test. In the first part of this study the influence of the frequency sweep rate on values of blade resonant frequency was investigated. In the next part of the work the effect of excitation intensity on value of the blade vibration amplitude was investigated. The stiffness of the grip used for fixation of the blade to the movable shaker head can have a large influence on the results of an experimental modal analysis. The fir tree slots of the blade were compressed in the grip using a special screw with fine thread. In the last part of the work the influence of the torque used for screw home on results of the modal analysis of the blade was examined. As the results of performed investigations the final conclusions were formulated.

Keywords: turbine blade, resonant vibrations, experimental analysis, sweep rate, intensity of excitation

EKSPERYMENTALNA ANALIZA MODALNA ŁOPATKI TURBINY

Streszczenie

Praca przedstawia wyniki eksperymentalnej analizy modalnej łopatki turbiny silnika lotniczego. Badania przeprowadzono za pomocą systemu wibracyjnego. Jako wyniki przedstawiono analizę modalną i częstotliwości rezonansowych łopatki turbiny. Uzyskane rezultaty badań eksperymentalnych są zależne od wielu czynników definiowanych na wstępie testu. W pierwszej części pracy określono wpływ prędkości przemieszczania oraz intensywności wymuszenia na wartość częstotliwości rezonansowej łopatki turbiny. W następnej części pracy badano wpływ intensywności wymuszenia na wartość amplitudy wibracji łopatki. Jednym z istotnych parametrów mających wpływ na częstotliwości rezonansowe uzyskane w badaniach doświadczalnych jest sztywność uchwytu służącego do zamocowania łopatki do głowicy wzbudnika. Połączenie jodełkowe łopatki zostało utwierdzone przez docisk realizowany za pomocą śruby z gwintem drobnozwojnym, zapewniającym uzyskanie dużych sił docisku przy ograniczonej wartości momentu dokręcenia. W ostatniej pracy określono także wpływ momentu dokręcenia śruby dociskowej na wartości uzyskanych częstotliwości rezonansowych łopatki. Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano wnioski końcowe.

Słowa kluczowe: łopatka turbiny, drgania rezonansowe, badania eksperymentalne, tempo przemieszczania, intensywność wymuszenia

DOI: 10.7862/rm.2016.30

Otrzymano/received: 15.11.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 19.12.2016 r.

¹⁷ Autor do korespondencji/corresponding author: Lucjan Witek, Rzeszów University of Technology, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, Poland, e-mail: lwitek@prz.edu.pl

Lucjan WITEK¹⁸
Feliks STACHOWICZ¹⁹

THERMO-MECHANICAL STRESS ANALYSIS OF THE TURBINE OF HELICOPTER ENGINE

In this paper the results of the numerical stress analysis of the power turbine of helicopter engine were presented. In order to solve the problem, the nonlinear finite element method was used. The numerical models of both the blade and the disc segment were made using the MSC-Patran program. In the analysis the thermal load resulting from non-uniform temperature field was defined. The centrifugal force resulting from the rotation of the engine rotor was also considered. The cyclic symmetry boundary condition of the disc segment was used to decrease the size of the numerical task. The model of the turbine material was defined as linear-elastic. The modulus of elasticity and the thermal expansion coefficient of the disc and the blade material were considered as temperature dependent. As a result of performed computations, the stress distributions for the turbine subjected to both the thermal and the mechanical loads were determined.

Keywords: aero-engine, turbine blade, rotor disc, thermo-mechanical stress analysis, finite element method

ANALIZA NAPRĘŻEŃ TERMO-MECHANICZNYCH TURBINY SILNIKA ŚMIGŁOWCOWEGO

Streszczenie

Praca przedstawia wyniki numerycznej analizy naprężeń turbiny napędowej silnika śmigłowego. Do rozwiązania problemu wykorzystano metodę elementów skończonych. Modele numeryczne łopatk i oraz segmentu tarczy wykonano korzystając z programu MSC-Patran. W analizie zdefiniowano obciążenie cieplne wynikające z niejednorodnego rozkładu temperatury. Dodatkowo zdefiniowano siłę odśrodkową elementów wynikającą z obrotu wirnika silnika. W celu ograniczenia wymiaru zadania numerycznego do segmentu tarczy zastosowano warunek brzegowy w postaci symetrii cyklicznej. Model materiału turbiny zdefiniowano jako liniowo-sprężysty. W analizie uwzględniono dodatkowo zmianę wartości modułu Younga oraz współczynnika rozszerzalności termicznej materiału w funkcji temperatury. W rezultacie przeprowadzonych obliczeń określono rozkład naprężeń turbiny poddanej działaniu złożonego obciążenia termo-mechanicznego.

Słowa kluczowe: silnik lotniczy, łopatka turbiny, tarcza wirnika, analiza naprężeń termo-mechanicznych, metoda elementów skończonych

DOI: 10.7862/rm.2016.31

Otrzymano/received: 11.10.2016 r.

Zaakceptowano/accepted: 28.11.2016 r.

¹⁸ Autor do korespondencji/corresponding author: Lucjan Witek, Rzeszow University of Technology, Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów, Poland, e-mail: lwitek@prz.edu.pl

¹⁹ Feliks Stachowicz, Rzeszow University of Technology, e-mail: stafel@prz.edu.pl