

**Piotr Adam MOCEK**POLITECHNIKA ŚLĄSKA, KATEDRA METALURGII, ZESPÓŁ ENERGETYKI PROCESOWEJ  
ul. Krasińskiego 8, 40-309 Katowice**Analiza numeryczna zaworu kulowego – charakterystyka przepływowa i kawitacyjna**

Dr inż. Piotr Adam MOCEK

Absolwent wydziału Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu Politechniki Śląskiej, dyplom w zakresie energetyki procesowej. Stopień doktora uzyskał w 2008 roku w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki P.Ś. Jest adiunktem na wydziale Inżynierii Materiałowej i Metalurgii Politechniki Śląskiej, w Zespole Energetyki Procesowej Katedry Metalurgii. Zajmuje się zagadnieniami modelowania procesów ciepłno – przepływowych w urządzeniach przemysłowych.



e-mail: Piotr.A.Moczek@polsl.pl

**Streszczenie**

W artykule zaprezentowano rezultaty obliczeń numeryczną mechaniką płynów (CFD) charakterystyki zaworu kulowego. Porównano rezultaty obliczeń metodami równań domykających  $k-\varepsilon$  oraz z wykorzystaniem symulacji wielkich wirów LES. Przeprowadzono również analizę numeryczną problemu kawitacji w zaworze kulowym. Uzyskane charakterystyki pokrywają się z danymi eksperymentalnymi. Obliczenia numeryczne CFD mogą mieć zastosowanie w optymalizacji kształtek profilowych oraz redukcji zużycia erozyjnego elementów zaworu.

**Słowa kluczowe:** charakterystyki zaworów, obliczeniowa mechanika płynów, kawitacja.

**Numerical analysis of ball valve - flow and cavitation characteristics****Abstract**

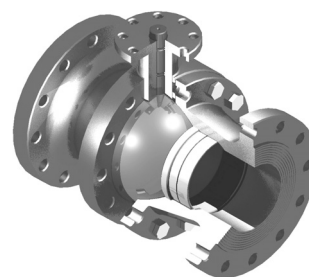
In the paper there are presented the results of numerical calculations of the ball valve characteristics with use of the computational fluid dynamics. The calculations were carried out with use of the hypothesis of turbulent flows, the  $k-\varepsilon$  and simulations of large vortexes (DS LES). The flow patterns in and downstream the ball valves with respect to different valve openings are visualized using the computational fluid mechanics Fluent commercial code. The CFD procedure was validated on the basis of the experimental data obtained by other authors. The valve applied in industry is shown in Fig. 1. The numerical grids were prepared in the Gambit preprocessor. Fig. 2 presents the view of the numerical grid for valve in the sample 10, 30, 75° angle closure for the valve whose main dimensions are given in Fig. 3. The calculation results are local physical flow fields inside the valve. For example, the velocity vector fields in the valve cross-section are shown in Fig. 4. The CFD calculation results were used for calculating the valve characteristics. They are presented in Fig 5a. The figure shows the measured and calculated values of the flow resistance factor and cavity index compared with the measurement results obtained by other authors. Fig. 5b shows the comparison of the data from literature [13] with the results of numerical calculations using different turbulence models. In that figure there is presented the modelling of the single phase and two phase gas-liquid mixture. The obtained characteristics coincide with the experimental data which allows using that method for optimising the profile shapes when applying the numerical iterative correction. The calculation results for two-phase flows are shown in Fig. 6. In that picture there are presented the cavitation zones for which the volumetric concentration of water vapour is greater than 10%. The results of theoretical predictions were found to be in general agreement with those obtained from calculations within the acceptable level of accuracy.

**Keywords:** control ball valve, cavitation, computational fluid mechanics.

**1. Wstęp**

Regulacja przepływu z użyciem zaworów kulowych znajduje powszechne zastosowanie w instalacjach przemysłowych. Na rysunku 1 przedstawiono widok tego elementu dławiącego. W odróżnieniu od innych konstrukcji całkowicie otwarty zawór

kulowy nie wyposażony w kształtkę korygującą charakterystykę może być dobierany dla założonych niskich dopuszczalnych wartości współczynnika autorytetu, jednocześnie nie stanowiąc oporu dla zanieczyszczeń strugi. W takim przypadku nie zbierają się one w stawie zaworowym, co zwiększa możliwości aplikacyjne w odniesieniu do regulacji przepływu cieczy zanieczyszczonych. Silna nieliniowość charakterystyki często jednak powoduje, iż zawory tego typu stosowane są tylko jako elementy odcinające z pominięciem zakresu regulacyjnego przepływów. W sytuacji, gdy w wyniku zmian powierzchni elementów przepływowych, szczególnie w dużych stopniach zamknięcia charakterystyka ma tendencje do dryftu dokładna regulacja może być utrudniona. W przypadku stosowania tego typu zaworów do celów regulacyjnych w układach, w których mogą występować jednocześnie faza ciekłą i gazowa dodatkowym problemem eksploatacyjnym jest kawitacja [1, 2]. Efekt kawitacji w zaworach pojawia się głównie w przypadku dużych wartości stopnia zamknięcia, powodując powstawanie lokalnych obniżen ciśnienia w przestrzeni przepływowej. Proces ten objawia się dodatkowym szumem akustycznym, wibracjami w obszarze występowania i lokalnymi nieciągłościami związanymi z tworzeniem nowej fazy i jej implozją. Fluktuacje makroskopowych własności termodynamicznych płynu wynikające z kawitacji prowadzą do erozji, zmiany charakterystyki a w granicznych przypadkach zniszczenia zaworu i zatrzymania pracy instalacji.



Rys. 1. Zawór kulowy dla zastosowań przemysłowych  
Fig. 1. Ball valve for industrial application

Rozszerzanie zastosowań przemysłowych kulowych zaworów regulacyjnych w sposób istotny wiąże się z koniecznością kształtowania ich charakterystyk. Charakterystyka kształtowana może być w podobny sposób, jak to ma miejsce w przypadku zaworów grzybkowych, przepustnic i zasuw [3, 4]. Korekta charakterystyk najczęściej opiera się na wprowadzeniu wkładek profilowanych (rys. 2), które z kolei wywierają na układ trwały wpływ będąc dodatkowym oporem lokalnym. Dobór zaworu kulowego wykorzystuje standardowe informacje na temat współczynnika przepływu  $K_v$ , zaś dla projektowania instalacji przepływowych niezbędna jest charakterystyka statyczna zaworu podająca zależność liczby lokalnego oporu przepływu od stopnia jego otwarcia. Lokalna wartość liczby oporu zaworu w warunkach przepływu turbulentnego jest to stosunek spadku ciśnienia na zaworze  $\Delta p$  do średniego ciśnienia dynamicznego strugi w króćcu dopływowym [5]

$$\xi = \frac{\Delta p}{\rho w^2 / 2}, \quad (1)$$

gdzie:  $\rho$  - gęstość płynu;  $w$  - średnia prędkość. Znajomość samej liczby oporu zaworu nie zawsze jest wystarczająca. Zawory typu kulowego stosowane do celów regulacyjnych wprowadzają mogą w strudze płynu silną niejednorodność pola prędkości. Wymusza

to w niektórych przypadkach konieczność stosowania odpowiednich długości odcinków prostych lub kierownic strug. Obydwa te dodatkowe elementy wprowadzają do układu dodatkowe opory przepływu. Analiza pola przepływowego z wykorzystaniem klasycznych pomiarów hydrostatycznych, akustycznych, anemometrii, metod optycznych [6], czy symulacji numerycznej [7] pozwala wykorzystać dane na temat przestrzennych rozkładów prędkości i ciśnień do kształtowania odpowiedniej gazodynamiki w układach regulacji, w których zachodzi potrzeba pełnej kontroli nad dostarczaniem strumieniem płynu.

W aplikacjach przemysłowych zawory pracują zwykle w zakresie przepływów burzliwych gdyż prędkości charakterystyczne dla większości ekonomicznych wartości przesyłu substancji klasyfikują przepływ w zakresie  $Re \gg 2300$ . Dokładność wyników obliczeń numerycznych dla przepływów turbulentnych w danych warunkach przepływowych zależy od przyjętego modelu burzliwości. Badania numeryczne z zastosowaniem pakietów komercyjnych wykorzystują zwykle do analizy przepływów turbulentnych model turbulencji  $k-\varepsilon$  [8, 9]. Stosowanie tego modelowania jest uzasadnione z uwagi na stabilność procedur obliczeniowych i szybkość algorytmu. Z przeprowadzonych własnych opracowań porównawczych wynika, iż stosowanie tego modelowania w kanałach zamkniętych wiąże się powstawaniem błędów względnego rzędu 15%. Dla układów rurowych błąd ten wiąże się ze zawyżonymi wartościami obliczonych spadków ciśnień. W niektórych przypadkach doboru urządzeń regulacyjnych, jak np. przy symetryzacji instalacji ciśnieniowych turbin takie różnice na każdym z elementów są istotne dla sprawności całego obiegu, dlatego należy rozwijać dostępne komercyjne i własne kody numeryczne w oparciu o dane pomiarowe.

W prezentowanej pracy zastosowano modele  $k-\varepsilon$  i LES turbulencji oraz modelowanie CFD z wykorzystaniem komercyjnego algorytmu FLUENT 6.3 do wyznaczenia podstawowych parametrów charakterystyk zaworu kulowego. Analiza rezultatów modelowania pozwoliła na zaprezentowanie pól przepływowych typowych dla różnych stopni zamknięcia. Porównano rezultaty modelowania płynu izotropowego oraz przepływów dwufazowych.

## 2. Standardowe charakterystyki statyczne zaworu

Pełen opis danego typu zaworu pozwalający go dobrać do instalacji poza cechami geometrycznymi zawiera również trzy rodzaje charakterystyk statycznych. Są to charakterystyka podająca wartość liczby oporu zaworu w funkcji stopnia zamknięcia (lub otwarcia)  $\xi(\varphi)$ , zależność współczynnika przepływu  $K_v(\varphi)$ , oraz charakterystyka kawitacyjna, którą można przedstawić za pomocą wskaźnika kawitacji  $K_c$  [10]. Liczbę oporu  $\xi$  dla określonej wartości pola otworu przepływowego  $A(\varphi)$  można wykorzystać do wyznaczenia wartości  $K_v$

$$K_v = A(\varphi) \left( 2 \frac{\Delta p_0}{\rho_0 \xi} \right)^{0.5}, \quad (2)$$

gdzie:  $\Delta p_0 = 10^5$  Pa,  $\rho_0 = 1000$  kg/m<sup>3</sup>,  $\varphi$  jest stopniem zamknięcia  $\varphi = \alpha/90$ . Z kolei wskaźnik kawitacji  $K_c$  wyznacza się w oparciu o regułę

$$K_c = \frac{\xi \rho_w}{2(p_i - p_n)}, \quad (3)$$

w równaniu tym  $p_i$  jest lokalną wartością ciśnienia statycznego, natomiast  $p_n$  to ciśnienie nasycenia pary charakterystyczne dla cieczy płynącej w rurociągu. Dla wody z dużą dokładnością podaje je korelacja Wagnera i Prussa [11]. W pomiarach charakterystyk wartość  $p_i$  mierzy się w odległości dwóch średnic przed osiową zaworu [6]. W przypadku obliczeń numerycznych możliwe jest wyznaczenie pola ciśnień, a zatem również można określać pole

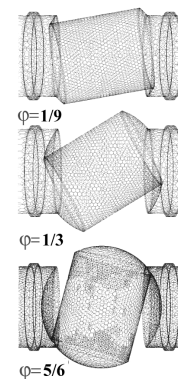
wartości indeksu kawitacji. W równaniu (2) powierzchnie  $A$  otworu przepływowego można zastąpić zależnością

$$A = A_i(\varphi) \left( \frac{\bar{w}_i}{\bar{w}_i} \right)^3 (1 - \xi_i), \quad (4)$$

w której indeks  $i$  dotyczy warunków w lokalnym przekroju. W tym przypadku  $A_i(\varphi)$  jest polem powierzchni normalnej do kierunku przepływu w określonym przekroju elementu, zaś  $\xi_i$  oznacza opór przepływu na odcinku od punktu  $i$ , umieszczonego w odległości dwóch średnic przed zaworem do przekroju analizowanego umieszczonego od punktu 1 o odległość  $l$ . Jak widać ze zależności (4) obliczeniowe „pole” przepływu płynu jest związane z wartością liczby oporu, co pozwala kształtować charakterystykę zaworu nie tylko przez zmiany kształtu otworu profilowanego, ale również przez odpowiedni dobór konfuzora – dyfuzora w polu instalacji urządzenia regulacyjnego.

## 3. Zastosowana metoda obliczeniowa

Zastosowana metoda symulacji wielkich wirów (LES) oparta na uśrednieniu przestrzennym pól przepływowych. Zastosowanie tego podejścia opiera się na filtrowaniu składowych turbulentnych (prędkości i ciśnienia) z rozdziałem zagadnienia na część rozwiązywaną numerycznie „wprost” (tak, jak dla przepływu laminarnego) oraz pozostałą, która jest opisem składowej turbulentnej. W przestrzeni płynu funkcja filtrująca ma stałą wartość, którą jest odwrotność objętości elementarnej siatki numerycznej. Zatem symulowane wiry mają rozmiary rzędu wielkości objętości elementarnej podziału numerycznego [12]. Na rysunku 2 zamieszczone zostały siatki obliczeniowe zaworów o przykładowych stopniach zamknięcia. Opierano się na siatkach wielościennych. Minimalny element podziału numerycznego siatek miał objętość  $5.2 \cdot 10^{-10}$  m<sup>3</sup>. Do obliczeń przygotowano dyskretyzowany obszar przepływowy odpowiadający nastawnym kątom zamknięcia w zakresie  $\alpha = 0:-75^\circ$  ( $\varphi = 1/9-5/6$ ).



Rys. 2. Siatka numeryczna  
Fig. 2. Numerical grid

Rozwiązanie uzyskano z wykorzystaniem algorytmu *simple* korekcji ciśnienia [12], ze współczynnikiem podrelaksacji iteracji wynoszącym 0.5.

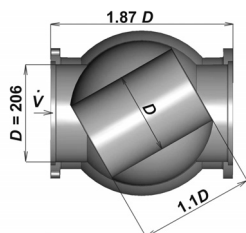
W obliczeniach kawitacji uwzględniono model płynu pseudociągłego. Napięcie powierzchniowe wody wyznaczano z korelacji w postaci

$$\sigma = \sigma_0(\varphi) \left[ 1.26 - 1.44(T/T_c)^2 \right], \quad (5)$$

w której  $\sigma_0$  to napięcie powierzchniowe w temperaturze 273.15 K natomiast  $T_c$  jest temperaturą krytyczną (dla wody  $T_c = 647.3$  K). Przyjęto graniczną rozpuszczalność gazu w wodzie wynoszącą 0.3% obj. Jako warunki na brzegu na powierzchni napływu zastosowano rozkład prędkości o wartości w przekroju symetrycznym strugi danej zależnością

$$w_{in}(r) = \bar{w}_{in} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^m \right], \quad (6)$$

gdzie  $r$  jest bieżącą odległością od ściany na wlocie,  $R=0.5 \cdot D$  średnicą wlotu  $\bar{w}_{in}$  – średnią prędkością na wlocie, zaś wykładnik  $m$  wynosi  $m=7$ . Na powierzchni napływu i wypływu przyjęto intensywność turbulencji wynoszącą 3%. Na wylocie warunkiem brzegowym była wartość ciśnienia operacyjnego. Wymiary modelowanego elementu odniesione do średnicy wewnętrznej rury wlotowej  $D$  zamieszczono na rysunku 3.



Rys. 3. Główne wymiary zaworu  
Fig. 3. Valve main parameters

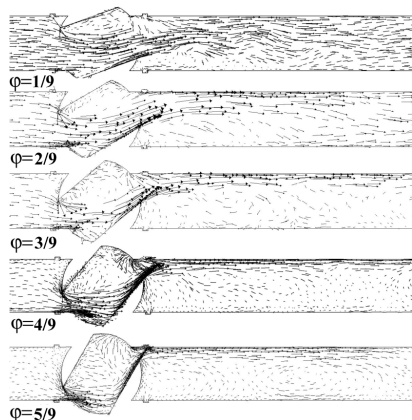
W trakcie obliczeń krzywych charakterystyk liczba Reynoldsa dla przepływu w rurze dopływowej wynosiła  $Re=10^5$ .

#### 4. Rezultaty obliczeń

Na rysunku 4 przedstawiono rozkład ciśnień w przekroju zaworu dla różnych stopni zamknięcia. Wyznaczone na podstawie rezultatów obliczeń i zależności (1) wartości liczby oporu zostały porównane z danymi literaturowymi [13]. Wyniki porównania przedstawia rysunek 5. Charakterystykę liczby oporu w funkcji stopnia otwarcia zaworu można przedstawić w postaci zależności

$$\frac{d\xi}{d\varphi} = k\xi^n \operatorname{tg}(\varphi), \quad (7)$$

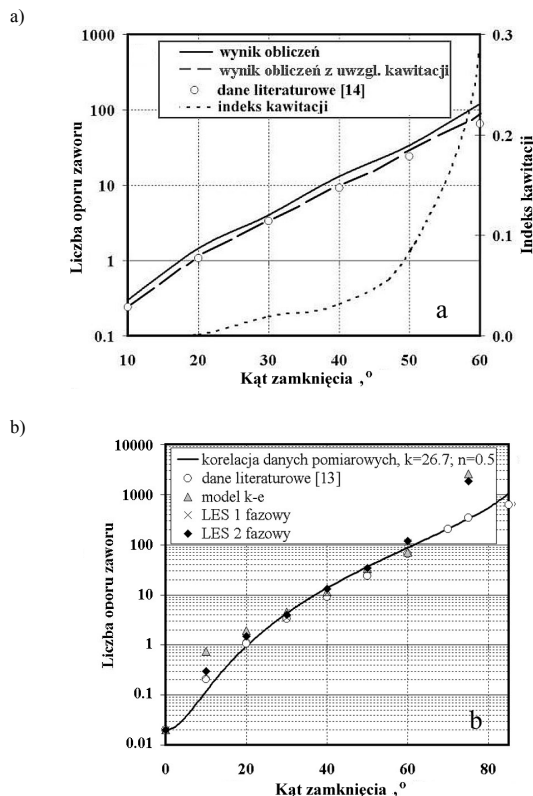
w którym  $k$  jest funkcją liczby  $Re$  wyznaczonej dla rury dopływowej, jak widać z rysunku 5b wartości literaturowe z dużą zgodnością są reprezentowane przez powyższą zależność dla wartości stałej  $k=26.7$ . Na rysunku 4 zamieszczono rozkład pól wektorów prędkości w przekroju układu przepływowego. Widoczne są strefy recyrkulacji, stagnacji i podwyższonych prędkości.



Rys. 4. Pola wektorowe prędkości w przekroju układu przepływowego  
Fig. 4. Vector velocity fields in the pipe cross-section

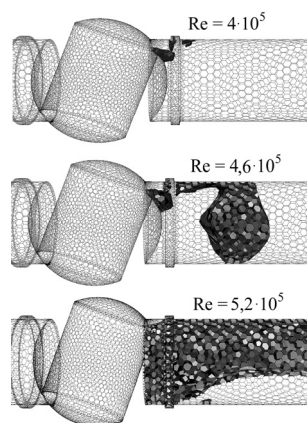
Na rysunku 5a przedstawiono charakterystykę zaworu, widoczne wartości wskazują, iż w pełnym zakresie nastaw modelowanie numeryczne zawyża wyznaczone wartości spadków ciśnień (opo-

rów przepływu). Zmniejszenie pola przepływowego obniża graniczną wartość liczby Reynoldsa, w której występuje kawitacja. Z rysunku 5b wynika znaczna zgodność zastosowania równania (7)



Rys. 5. Charakterystyki zaworu: a) porównanie obliczonych i zmierzonych wartości liczb oporu oraz indeksu kawitacji zaworu; b) porównanie wyników uzyskanych z wykorzystaniem różnych modeli turbulencji  
Fig. 5. Valve characteristics: a) measured and calculated values of flow resistance factors and cavitation index; b) results of calculations for different turbulence models

Na rysunku 5b przedstawiono porównanie obliczeń liczby oporu zaworu dla różnych modeli turbulencji oraz danych literaturowych. Uzyskane wartości współczynnika  $k$  dla zależności (7) wynoszą kolejno 34.2 i 32.0 dla modelu  $k-\varepsilon$  i jednofazowego z symulacją LES oraz 29.1 dla modelu z uwzględnieniem procesów przepływów wielofazowych. Wartość wykładnika  $n=0.5$ . Z kolei rysunek 6 przedstawia obszary, w których udział pary wodnej przekracza 10% objętościowych.



Rys. 6. Strefy w których występuje kawitacja, o koncentracji objętościowej pary wodnej większej, niż 10%. Kąt zamknięcia zaworu 70°  
Fig. 6. Cavitation zones for which the volumetric concentration of water vapour is greater than 10%

Obliczenia przeprowadzono dla kąta zamknięcia  $70^\circ$  i temperatury wody 293 K w zakresie strumieni wody znacznie przewyższającym prędkość ekonomiczną przesyłu. Jak widać w symulowanych warunkach przejście pomiędzy  $Re=4 \cdot 10^5$  a  $5 \cdot 10^5$  wiąże się ze znacznym wzrostem ilości pęcherzy w rurociągu.

## 5. Wnioski

Modelowanie numeryczne pozwala odwzorować liczbę oporu zaworu w zakresie stopni zamknięcia nie większych niż  $\varphi=13/18$ . Przy większych wartościach  $\varphi$  konieczne jest stosowanie znacznie dokładniejszej siatki podziału numerycznego.

Model LES z większą dokładnością odwzorowuje charakterystykę przepływową zaworu niż modele  $k-\varepsilon$ , pomimo to porównanie danych pomiarowych z wynikami obliczeń wskazuje, iż w obliczeniach numerycznych wartości liczby oporu zaworu są zawyżane.

Z charakterystyki  $K_c(\varphi)$  można określić zakres regulacyjny zaworu, w którym nie należy się spodziewać wżerów powstających wskutek kawitacji, zakres ten pozwala przewidywać dopuszczalne pole regulacyjne zaworu i dobierać charakterystykę zaworu w celu zwiększenia trwałości eksploatacyjnej i określonego kształtu charakterystyki regulacyjnej instalacji.

Analiza rezultatów modelowania dwufazowego wskazuje większą zbieżność z rezultatami pomiarów. Zastosowanie tego modelowania pozwala bezpośrednio określać obszary elementu regulacyjnego narażone na zniszczenie.

## 6. Literatura

[1] Knapp H., Daily J., Hamitt F.: Cavitation. New York: Mc. Graw Hill 1970.

- [2] Control Valves, Cavitation in Control Valves, Frankfurt: Samson A.G. 2009.
- [3] Tomeczek J., Puszer A.: Nowa generacja elementów regulacyjnych mediów gazowych dla hutniczych pieców grzewczych. Hutnik, 2001. 11(63): p. 430-435.
- [4] Puszer A., Tomeczek J., Wnęk M.: Uogólniona charakterystyka przepływowa zaworów grzybkowych. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2008. 9: p. 26-28.
- [5] Polska Norma PN-76 M-34034.
- [6] Chern M.J., Wang C., Ma Ch.: Performance test and flow visualization of ball valve. Experimental Thermal and Fluid Science, 2007. 31: p. 505-512.
- [7] Amirante R., Moscatelli P.G., Catalano L.A.: Evaluation of the flow forces on a direct (single stage) proportional valve by means of a computational fluid dynamic analysis. Energy Conversion and Management, 2007. 48: p. 942-953.
- [8] Merati P., Macelt M.J., Erickson R.B.: Flow investigation around a V- sector ball valve. Journal of Fluids Engineering, 3(2001)662-671.
- [9] Davis J.A., Steward. M.: Predicting globe control valve performance - Part I: CFD modelling. Journal of Fluids Engineering, 3(2002)772-777.
- [10] Kirk M.J., Driskell, L.R.: Flow manual for Quarter-Turn Valves. Rockwell International Co, 1986.
- [11] Wagner W., Pruss A.: The IAPWS formulation 1995 for the thermodynamic properties of ordinary water substance for general and scientific use. Phys. Chem. Ref. Data, 2002. 387-535.
- [12] Launder B.E., Spalding D.B.: The numerical computation of turbulent flows. Computer Meth. in Appl. Mech. & Eng., 3(1974) 269-289.
- [13] Idelchik I.E. and Ginevski A.S.: Handbook of hydraulic resistance. Redding, Begell House 2007.

otrzymano / received: 05.10.2010

przyjęto do druku / accepted: 01.12.2010

artykuł recenzowany

## INFORMACJE

### Informacje dla Autorów

Redakcja przyjmuje do publikacji tylko prace oryginalne, nie publikowane wcześniej w innych czasopismach. Redakcja nie zwraca materiałów nie zamówionych oraz zastrzega sobie prawo redagowania i skracania tekstów oraz streszczeń.

Artykuły naukowe publikowane w czasopiśmie PAK są formatowane jednolicie zgodnie z ustaloną formatką zamieszczoną na stronie redakcyjnej [www.pak.info.pl](http://www.pak.info.pl). Dlatego artykuły przekazywane redakcji należy przygotowywać w edytorze Microsoft Word 2003 (w formacie DOC) z zachowaniem:

- wielkości czcionek,
- odstępów między wierszami tekstu,
- odstępów przed i po rysunkach, wzorach i tabelach,
- oznaczeń we wzorach, tabelach i na rysunkach zgodnych z oznaczeniami w tekście,
- układu poszczególnych elementów na stronie.

Osobno należy przygotować w pliku w formacie DOC notki biograficzne autorów o objętości nie przekraczającej 450 znaków, zawierające podstawowe dane charakteryzujące działalność naukową, tytuły naukowe i zawodowe, miejsce pracy i zajmowane stanowiska, informacje o uprawianej dziedzinie, adres e-mail oraz aktualne zdjęcie autora o rozmiarze 3,8 x 2,7 cm zapisane w skali odcieni szarości lub dołączone w osobnym pliku (w formacie TIF).

Wszystkie materiały:

- artykuł (w formacie DOC),
- notki biograficzne autorów (w formacie DOC),
- zdjęcia i rysunki (w formacie TIF lub CDR),

prosimy przysyłać w formie plików oraz dodatkowo jako wydruki na białym papierze (lub w formacie PDF) na adres e-mail: [wydawnictwo@pak.info.pl](mailto:wydawnictwo@pak.info.pl) lub pocztą zwykłą, na adres: Redakcja Czasopisma Pomiary Automatyka Kontrola, Asystent Redaktora Naczelnego mgr Agnieszka Skórkowska, ul. Akademicka 10, p.21A, 44-100 Gliwice.

Wszystkie artykuły naukowe są dopuszczane do publikacji w czasopiśmie PAK po otrzymaniu pozytywnej recenzji. Autorzy materiałów nadesłanych do publikacji są odpowiedzialni za przestrzeganie prawa autorskiego. Zarówno treść pracy, jak i wykorzystane w niej ilustracje oraz tabele powinny stanowić dorobek własny Autora lub muszą być opisane zgodnie z zasadami cytowania, z powołaniem się na źródło cytatu.

Przedrukowywanie materiałów lub ich fragmentów wymaga pisemnej zgody redakcji. Redakcja ma prawo do korzystania z utworu, rozporządzania nim i udostępniania dowolną techniką, w tym też elektroniczną oraz ma prawo do rozpowszechniania go dowolnymi kanałami dystrybucyjnymi.