

Streszczenie

W niniejszej rozprawie przedstawiono nową koncepcję przepływomierza spiętrającego umożliwiającego pomiary strumienia z zanieczyszczeniami w postaci ciał stałych o gęstości mniejszej i większej od gęstości przepływającego płynu. Na podstawie badań doświadczalnych wyznaczono wzór empiryczny, dla współczynnika przepływu C , przedstawionego prototypowego rozwiązania w obszarze rozwijającego się przepływu turbulentnego ($4000 < Re < 20000$).

W pierwszej części pracy przedstawiono istniejące rozwiązania przepływomierzy do pomiaru strumienia przepływającego płynu oraz omówiono problematykę pomiaru strumienia płynów z zanieczyszczeniami stałymi o różnej gęstości na podstawie której sformułowano hipotezę badawczą i określono cele pracy pozwalające na weryfikację założonej hipotezy. Prototyp przepływomierza oparto o znaną konstrukcję kryzy segmentowej. Geometria prototypu kryzy segmentowej skośnej jest zgodna z wytycznymi przedstawionymi w nieaktualnej już normie PN-93/M-53950. W prototypie płaszczyznę napływową nachylnono zgodnie z kierunkiem przepływającego płynu o kąt γ .

W kolejnych częściach rozprawy przedstawiono zagadnienia teoretyczne związane z pomiarem wartości strumienia przepływającego płynu przez prototypowy przepływomierz zwężkowy. Wykonano także analizę w układzie statycznym dla zanurzonej cząsteczki ciała stałego w przepływającym płynie przed płaszczyzną kryzy. Objasniono znaczenie wprowadzonego współczynnika porównawczego procesu samooczyszczania ($\psi_{\gamma=n^\circ}$) dla prototypowej kryzy segmentowej skośnej.

W czwartym rozdziale omówiono opracowaną metodologię prowadzącą do rozwiązania problemu badawczego i uzyskania odpowiedzi na założone pytania w celach pracy. W pierwszym etapie badań wykonano w oprogramowaniu ANSYS FLUENT symulacje numeryczne CFD służące do analizy poprawności wstępnych założeń dotyczących zaproponowanej geometrii kryzy segmentowej skośnej. Uzyskane wnioski posłużyły w dalszej części rozprawy jako wskazówki podczas budowy stanowiska pomiarowego dla modułowego przepływomierza z kryzą segmentową skośną na którym przeprowadzono badania doświadczalne (drugi etap badań).

Otrzymane dane z przeprowadzonych badań numerycznych CFD i badań doświadczalnych wszystkich testowanych kryz pomiarowych (28 odmian geometrycznych) poddano analizie i interpretacji w kolejnym rozdziale. Przedstawiono w nim m.in.: charakterystyki przepływowe dla kryzy segmentowej i kryzy segmentowej skośnej, stosunek stałej straty ciśnienia $\Delta p_{str}/\Delta p$ w funkcji liczby Reynoldsa.

W następnej części pracy wyznaczono wartości współczynnika przepływu C i określono niepewność względną jej wyznaczenia. Zaproponowano wzór empiryczny uwzględniający wartość przewężenia kryzy pomiarowej (moduł m) i kąta nachylenia kryzy (kąt γ) na podstawie danych z badań doświadczalnych. Po pozytywnej weryfikacji zbieżności otrzymanych wyników z symulacji numerycznej CFD z przeprowadzonymi badaniami doświadczalnymi, wykonano mapy rozkładu prędkości lokalnej cieczy w procesie „samooczyszczania” uwzględniając równania ruchu cząsteczki w płynie (rozdział 3). Na tej podstawie, w procesie samooczyszczania sformułowano opis doboru parametrów geometrycznych kryzy segmentowej skośnej uwzględniając właściwości przepływającego płynu oraz parametry określające wielkość cząsteczek zanieczyszczenia.

W podsumowaniu pracy przedstawiono i omówiono wnioski na podstawie których zweryfikowano prawdziwość założonej hipotezy badawczej.

Summary

In the given dissertation, a new concept of a damming flowmeter is presented that allows measurement of a stream with impurities in the form of solids with density less and greater than the density of the flowing fluid. On the basis of experimental studies, an empirical formula was determined, for the flow coefficient C , of the presented prototype solution in the area of developing turbulent flow ($4000 < Re < 20000$).

In the first part of the paper, the existing solutions of flowmeters for measuring the flow rate of flowing fluid are presented, and the problem of measuring the flow rate of fluids with solid contaminants of different densities is discussed, on the basis of which the research hypothesis was formulated and the objectives of the work were defined to verify the hypothesis. The prototype of the flow meter was based on a known segmented orifice design. The geometry of the prototype oblique segmental orifice is in accordance with the guidelines presented in the now obsolete PN-93/M-53950 standard. In the prototype, the inflow plane was inclined in accordance with the direction of the flowing fluid by an angle of γ .

In the following sections of the dissertation, theoretical issues related to the measurement of the value of the flux of the flowing fluid through the prototype venturi flowmeter are presented. An analysis in a static system for a submerged solid particle in the flowing fluid in front of the orifice plane was also performed. The significance of the introduced comparative coefficient of the self-cleaning process ($\psi_{\gamma=n^\circ}$) for the prototype oblique segmental orifice is also explained.

The fourth chapter discusses the developed methodology leading to the solution of the research problem and obtaining answers to the established questions in the objectives of the work. In the first stage of the research, CFD numerical simulations were performed in ANSYS FLUENT software to analyze the correctness of the initial assumptions regarding the proposed geometry of the oblique segmented orifice. The conclusions obtained were used later in the dissertation as a guideline during the construction of a test stand for a modular flowmeter with an oblique segmented orifice on which experimental tests were carried out (the second stage of the research).

The resulting data from the CFD numerical studies and experimental tests of all the tested gauge orifices (28 geometric variations) were subject to the analysis and interpretation in the next chapter. It presents, among other things: flow characteristics for segmented orifice and oblique segmented orifice, ratio of constant pressure loss $\Delta p_{str}/\Delta p$ as a function of Reynolds number.

In the next part of the paper, the values of the flow coefficient C were determined and the relative uncertainty of its determination was determined. An empirical formula was proposed taking into account the value of the constriction of the gauge orifice (modulus m) and the orifice angle (angle γ) based on experimental data. After positive verification of the coincidence of the obtained results from the CFD numerical simulation with the conducted experimental studies, maps of the local velocity distribution of the liquid in the process of "self-cleaning" were made taking into account the equations of motion of the particle in the liquid (Chapter 3). On this basis, a description of the selection of geometric parameters of the oblique segmental orifice in the self-cleaning process was formulated, taking into account the properties of the flowing fluid and the parameters determining the size of the particles of pollution.

In conclusion, the paper presents and discusses the findings on the basis of which the veracity of the established research hypothesis was verified.