

Matej Uršič:

PRISPEVEK K ANALIZI HIDRAVLIČNIH TRENJSKIH IZGUB ZA TOK POD TLAKOM V CEVEH KROŽNEGA PREREZA

Mentor: prof.dr. Boris Kompare
Somentor: prof.dr. Franc Steinman
zagovor: maj 2009

Povzetek

Po poskusih Nikuradseja in konstrukciji Moodyjevega diagrama je izraz za hidravlične izgube v cevovodih dobil svojo dokončno obliko v Colebrook-Whitovi formuli. Potrebno se je zavedati, da je ta formula sestavljena le za območje razvite turbulence, a se jo še vedno uporablja tudi za prehodno in laminarno območje. V sklopu raziskav je bil izveden obsežen pregled obstoječih izrazov, ki imajo veljavnost v različnih režimih toka. Pridobljeni in preverjeni so bili podatki do sedaj opravljenega eksperimentalnega dela, ki smo jih dopolnili z lastnimi meritvami v hidravlično gladkem režimu toka. Meritve so bile izvedene v hidravlično gladkem režimu toka v obsegu Reynoldsovih števil od 144 do 121266. V prispevku je prikazana izdelava dveh možnih oblik univerzalnega izraza koeficienta trenja, ki združuje teoretično ozadje in empirične rezultate. S tem izrazom določeni koeficienti trenja se skoraj popolnoma prilegajo izmerjenim in vsekakor bistveno bolje kot koeficienti, določeni s klasičnimi (že poznanimi) metodami. Omenjeni izraz postavlja temelje potrebnim poskusom, ki bodo omogočili nadaljnji razvoj enačbe za nestacionarne razmere toka. Poleg univerzalnega izraza koeficienta trenja je bila razvita nova oblika enačbe koeficienta trenja za tok v hidravlično gladkih ceveh, ki se popolnoma ujema s Prandtlovim univerzalnim zakonom v gladkih ceveh. Glede na to, da univerzalna enačba koeficienta trenja temelji na teoriji mejne plasti, je bila podana funkcijska odvisnost mejnega Reynoldsovega števila hrap, ko se prehod iz hidravlično gladkega v hidravlično hrapav režim prične.

Ključne besede: hidravlične izgube, koeficient trenja, relativna hrapavost, Reynoldsovo število hrap, Reynoldsovo število, Nikuradse, Colebrook-White, Moody, teorija mejne plasti

Abstract

Following the experiments of Nikuradse and construction of the Moody's diagram the term for hydraulic losses in pipes got its final form in the Colebrook-White's formula. Despite the fact that the formula is constructed only for the fully turbulent flow it is used also for the transition and laminar flow. An extensive review of many existing friction factor equation has been made. Data from many of the previously performed measurements has been collected and analysed. Measurements of mean flow and pressure drop were performed in a laminar and fully developed smooth pipe flow for Reynolds numbers from 144 to 121266. A construction of two different structures of a universal formula for the friction factor, which successfully combines theoretical background and empirical knowledge, is shown. This formula gives better fit to the measured friction factor than the results of classical (already known) formulas. This formula is setting basis for further experiments to improve the friction factor formula in unsteady flow conditions. Beside the universal friction factor formulation a new explicit term for the smooth pipe flow has been developed which has the same agreement with the measured data like the Prandtl's relation. Since the universal friction factor equation is based on the boundary layer theory, a new function for the critical Reynolds roughness number, when the transition from the hydraulically smooth to the hydraulically rough flow starts, has been developed.

Key words: hydraulic losses, friction factor, relative roughness, steady flow, Colebrook-White, Nikuradse, Moody, Reynolds number, Reynolds roughness number, boundary layer theory