

ВИЗНАЧЕННЯ НЕЯВНО ЗАДАНИХ КРАЙОВИХ УМОВ В ЗАДАЧАХ ГІДРОДИНАМІКИ

Степук О.В, Автономова Л.В.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», Харків

У задачах проектування гідродинамічних пристроїв для рішення рівнянь Ейлера або Нав'є-Стокса зазвичай в крайових умовах задаються об'ємна або масова швидкість потоку робочої рідини, падіння тиску та швидкість, або момент на тілі обертання, наприклад, гідротурбіні. Однак, при проектуванні нових пристроїв виникають ситуації, коли останні не відомі до проведення експериментальних досліджень. У цьому випадку для чисельного моделювання та рішення задач гідродинаміки використовуються спрощені оціночні методи, вибір яких, у свою чергу, впливає на збіжність чисельного рішення і загальні витрати часу одержання рішення.

У роботі порівнюються два основні методи визначення моменту в ламінарному або турбулентному потоці на прикладі турбіни витратоміра - метод моментів і метод сил.

У першому випадку із закону збереження імпульсів можна отримати момент обертання: $T_d = -\int \rho u_{ext}^2 (\tan\beta) r dS_{ext} + \int \rho u_{int} \omega r^2 dS_{int}$, де ρ - щільність робочої рідини.

У другому випадку використовуючи різницю тисків на зовнішній і внутрішніх сторонах лопасті знаходимо момент обертання по формулі: $T_d = -\int (1/2) \rho u_{int}^2 L (-C_L \cos\varphi + C_D \sin\varphi) r dr$, де $C_L = F_L / (1/2) \rho u_{int}^2 L$, $C_D = F_D / (1/2) \rho u_{int}^2 L$ - коефіцієнти підйомної сили, $F = n (-F_L \cos\varphi + F_D \sin\varphi)$ - підйомна сила, L - хорда лопастей.

У роботі порівнюються відповідність при використанні обох способів. Недоліком першого є припущення однорідного тангенціального потоку, що виконується тільки для невеликих зазорів меж лопастями. Це знижує якість моделювання і погіршує збіжність та стійкість рішень при високих значеннях чисел Рейнольдса. У другому способі нехтується взаємовплив лопастей обертового тіла, що призводить до завищеної величині моменту пропорційно кількості лопастей.

Застосування вищевказаних способів визначається в загальному випадку взаємовпливом лопастей обертового тіла, числом Рейнольдса, Маха і очікуваним ступенем турбулентності потоку.

Чисельні рішення задач гідродинаміки для турбіни витратоміра були порівняні за допомогою чисельного комплексу CF Design на основі метода скінчених елементів.