

ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ПОТОКУ В КАПСУЛЬНІЙ ГІДРОТУРБІНІ ПЛ15-ГК

В.К. Попов¹, Є.С. Крупа²

¹ магістрант кафедри гідравлічних машин ім. Г.Ф. Проскури, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

² доцент кафедри гідравлічних машин ім. Г.Ф. Проскури, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

Valerii.Popov@mit.khpi.edu.ua

Чисельне моделювання потоків (CFD) в гідромашинах є потужним інструментом для підвищення ефективності та надійності сучасних гідроенергетичних систем. Аналіз просторових потоків у проточній частині гідротурбін дозволяє детально вивчити розподіл тисків та швидкостей, виявити зони гідравлічних втрат та оптимізувати конструкцію для підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД). Використання програмних комплексів обчислювальної гідродинаміки дає змогу розробляти рекомендації щодо вдосконалення елементів турбіни без проведення дорогих натурних експериментів [1].

Метою дослідження є чисельний аналіз просторового потоку в проточній частині горизонтальної капсульної гідротурбіни поворотно-лопатевого типу ПЛ15-ГК для визначення її гідродинамічних характеристик, розрахунку гідравлічних втрат та порівняння результатів з експериментальними даними.

Об'єктом дослідження є горизонтальна капсульна гідротурбіна ПЛ15-ГК. Для проведення дослідження в програмному середовищі SolidWorks була створена точна тривимірна модель проточної частини, що включає підвід, статор, направляючий апарат, робоче колесо (РК) та відсмоктуючу трубу.

Для чисельного аналізу потоку використовувався програмний комплекс Ansys CFX [1-3]. Розрахункова область була дискретизована за допомогою неструктурованої тетраедральної сітки загальною кількістю 3,8 млн елементів. Для точного моделювання течії в прикордонних шарах на поверхнях лопатей та стінках проточної частини було створено призматичний шар сітки (рис. 1).

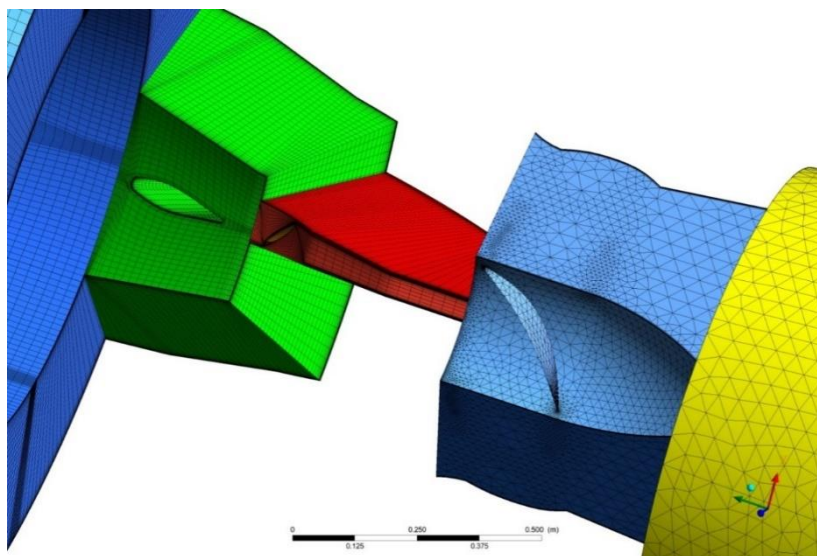


Рис. 1 – Розрахункова сітка моделі ПЛ15-ГК

Моделювання проводилося для розрахункового режиму роботи: напір $H = 1$ м, об'ємна витрата $Q = 2500$ л/с. Для опису турбулентності потоку була застосована модель $k-\epsilon$.

В результаті розрахунку було отримано детальні картини розподілу швидкостей та тисків у проточній частині. Аналіз показав, що потік у підвідній частині та в зоні робочого колеса є рівномірним, без значних зривів. Спостерігається плавне обтікання поверхонь лопатей робочого колеса, що свідчить про ефективну роботу турбіни в даному режимі (рис. 2).

Аналіз розподілу тиску на поверхні лопатей робочого колеса показав, що мінімальні значення тиску спостерігаються на тильній стороні, що є характерним для турбін даного типу (рис. 3). Нерівномірний розподіл тиску є ключовим фактором, що створює обертовий момент на валу турбіни [2].

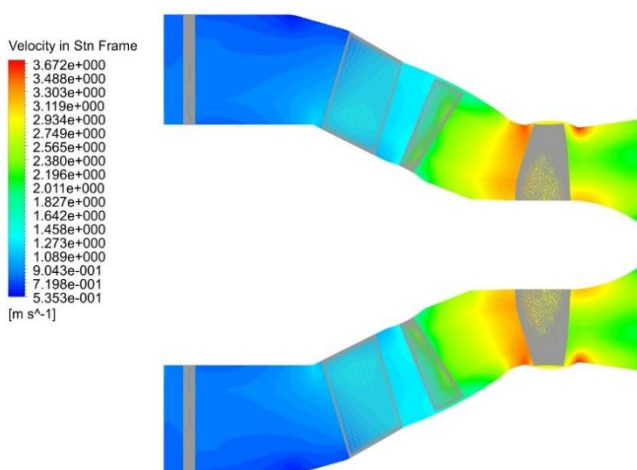


Рис. 2 – Розподіл абсолютної швидкості в проточній частині гідротурбіни



Рис. 3 – Розподіл повного тиску в проточній частині гідротурбіни

На основі отриманих даних було проведено розрахунок гідравлічних втрат в основних елементах проточної частини. Сумарні втрати склали 8,1%, причому найбільші втрати (3,8%) спостерігаються в робочому колесі, де відбувається основне перетворення енергії.

Розрахований гідравлічний ККД турбіни склав 91,9%, що добре узгоджується з експериментальними даними (90,3%) для модельної турбіни ПЛ 15/984-ГК-46. Незначна розбіжність у 1,6% підтверджує високу точність та адекватність застосованої чисельної моделі.

Список літератури:

1. Крупа Є. С. Development of horizontal bulb hydroturbines for high heads with a wide range of reliable operation modes/ Є. С. Крупа // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х. : НТУ «ХПІ», 2021. – № 1. – С. 67–73.
2. Крупа Є. С. Розробка нових конструкцій горизонтальних капсульних гідротурбін/ Є. С. Крупа, Р. М. Демчук // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х. : НТУ «ХПІ», 2023. – № 2. – С. 33–37.
3. Liu H. Design and Implementation of a Three-Dimensional CAD Graphics Support Platform for Pumps Based on Open CASCADE/ H. Liu, Z. Wu, S. Yuan // Processes. 2023. Vol. 11, issue 8. P. 2315.