

## ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОКУ В ОСЬОВІЙ ГІДРОТУРБІНІ

Д.Є. Яцуценко<sup>1</sup>, Є.С. Крупа<sup>2</sup>

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

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

Denys.Yatsutsenko@mit.khpi.edu.ua

Чисельне дослідження потоку в гідромашинах є важливим для підвищення ефективності та надійності енергетичних систем. Зокрема, вивчення потоку в гідротурбінах дає змогу оптимізувати їхню конструкцію, зменшити енергетичні втрати та покращити загальні робочі характеристики. Використання сучасних комплексів обчислювальної гідродинаміки (CFD) дозволяє детально моделювати і аналізувати складні явища потоку, що допомагає розробляти рекомендації щодо вдосконалення конструкції і підвищення ефективності роботи гідроелектростанцій [1].

Метою дослідження є чисельне моделювання течії рідини в проточній частині гідротурбіни та оптимізація її геометрії для поліпшення гідродинамічних характеристик, зниження енергетичних втрат і підвищення загальної ефективності роботи турбіни.

Об'єктом дослідження в даній роботі є вертикальна осьова поворотно-лопатева гідротурбіна ПЛ20.

На рисунку 1 представлено тривимірну модель гідротурбіни ПЛ20, яку було спроектовано в програмному комплексі SolidWorks [2].

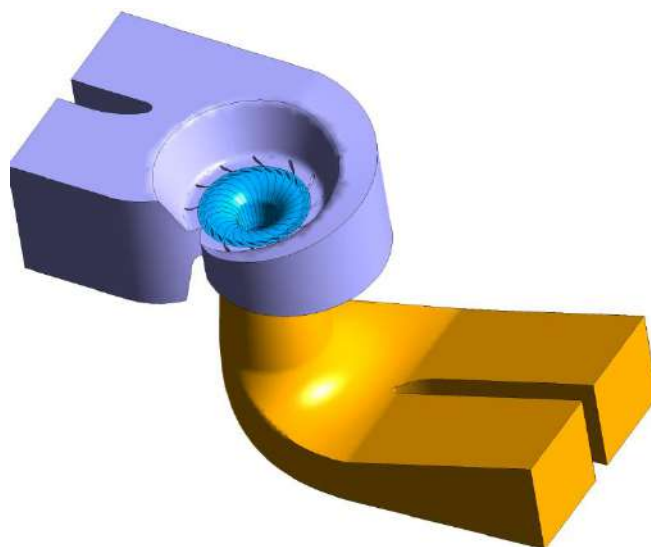


Рис. 1 – Тривимірна модель гідротурбіни ПЛ20

Використовуючи програмне забезпечення Ansys CFX, були проведені розрахунки для аналізу характеристик потоку та виявлення зон, що спричиняють гідравлічні втрати в проточній частині гідротурбіни [3].

В результаті розрахунку було отримано розподілення швидкостей та тисків у проточній частині. На рисунку 2 представлено візуалізацію результатів розрахунку.

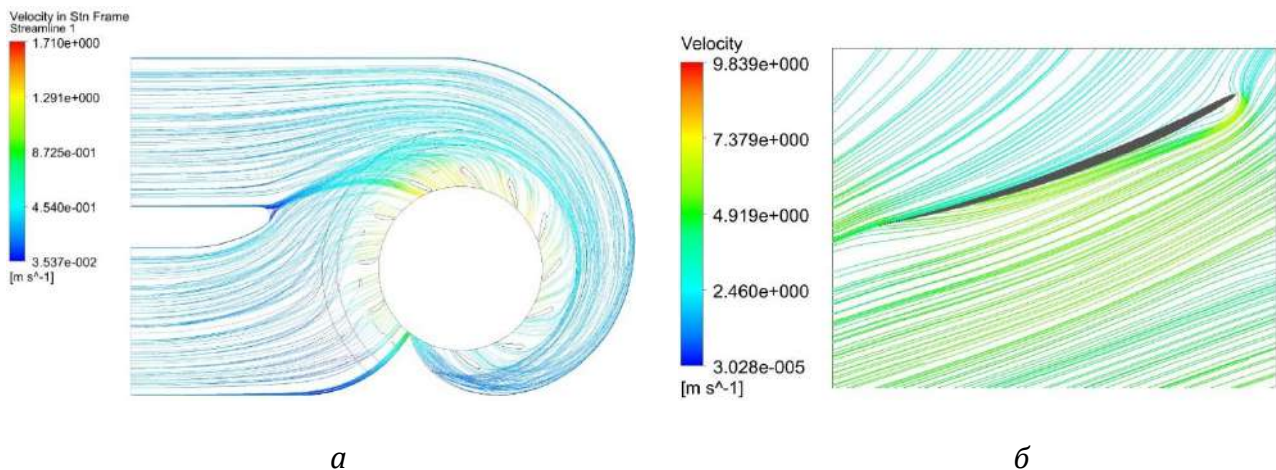


Рис. 2 – Візуалізація результатів розрахунку в проточній частині: *а* – спіральна камера, *б* – решітка лопатей робочого колеса

На рисунку 2а показано траєкторії руху рідини у спіральній камері. Потік розподіляється по спіралі, поступово прямуючи до лопатей турбіни. Особливу увагу варто звернути на область відразу за опорним бичком. Тут можна спостерігати нерівномірність потоку після його проходження через опорний бичок. Потік деформується, втрачаючи симетрію, що призводить до нерівномірного натікання на колони статора. Такий перебіг течії може спричинити збільшення гідравлічних втрат, нерівномірні навантаження на лопаті турбіни та зниження загальної ефективності установки.

Для вирішення цієї проблеми було запропоновано зміну геометрії опорного бичка. Мета модифікації полягає в мінімізації збурень у потоці, забезпеченні його рівномірного розподілу та зниження негативного впливу на колони статора. Таким чином, коригування форми дозволить підвищити ефективність роботи турбіни, покращити гідродинамічні характеристики та збільшити довговічність обладнання.

На другій візуалізації (рис. 2б) приведено перебіг потоку навколо профілю лопаті робочого колеса гідротурбіни. З картини полів швидкості видно, що потік обтікає профіль, створюючи зону високих відносних швидкостей уздовж тильної поверхні лопаті та область нижчих швидкостей на лицьовій стороні. В області за лопаттю спостерігається невелике уповільнення потоку, що може бути викликано початком утворення відриву потоку, характерного для такого роду гідродинамічних профілів при високих кутах атаки.

Основною проблемою у цій конфігурації є можливість виникнення відривних зон, які можуть знижувати ефективність лопаті та викликати кавітацію. Відрив потоку призводить до підвищених турбулентних втрат та зниження загальної ефективності перетворення енергії потоку на механічну роботу.

Для покращення характеристик рекомендується змінити геометрію профілю лопаті, щоб зменшити ймовірність відриву потоку. Це може включати зменшення кута атаки профілю або застосування модифікованої форми з гладким обтіканням на критичних ділянках.

#### Список літератури:

1. Krupa Y. Comparative analysis of software systems for hydraulic turbine flow simulation / Krupa Y., Demchuk R., Volobuiev A., Kis S // Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units. Kharkiv: NTU "KhPI". 2023. No. 1. P. 49–55.
2. Solidworks [Електрон. ресурс]. – Режим доступу <https://www.solidworks.com>.
3. Ansys [Електрон. ресурс]. – Режим доступу <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-cfx>.