

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВИСОКОНАПІРНИХ ОБОРОТНИХ ГІДРОМАШИН

*Д.А. Савенков<sup>1</sup>, О.Д. Тиньянов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> аспірант кафедри Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

<sup>2</sup> аспірант кафедри Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

[dmytro.savenkov@gmail.com](mailto:dmytro.savenkov@gmail.com)

[oleksandr.tynianov@mit.khpi.edu.ua](mailto:oleksandr.tynianov@mit.khpi.edu.ua)

Відновлювані джерела енергії є дуже важливим чинником енергонезалежності в сучасному світі. Так «Енергетична стратегія України на період до 2035 р.» забезпечує увагу на відновлюваних джерелах та визначає пріоритети держави щодо енергетичної політики. Згідно з цим документом потужність відновлюваних джерел в країні повинна зрости до 25 млрд. кВт·г до 2035 р. Ця стратегія вимагає подвоєння потужностей гідроенергетичних об'єктів України до 12 млн кВт та вирішення низки завдань, пов'язаних з дослідженням і модернізацією проточних частин гідромашин (насосів та турбін) на наявних ГЕС і ГАЕС. В сучасних умовах функціонування енергосистем особливо гостро стоїть питання забезпечення покриття пікових навантажень, що обумовлює необхідність приділяти підвищену увагу маневровому гідроенергетичному обладнанню для оптимального розподілу навантажень серед споживачів [1].

Підхід до розробки високоефективного устаткування для ГАЕС передбачає використання сучасних методів проектування та оптимізації, що дозволяє досягти підвищеної надійності, продуктивності та енергоефективності. Багатокритеріальна оптимізація та аналіз впливу різноманітних режимних факторів та параметрів забезпечує оптимальні енергетичні показники. Із розвитком комп'ютерних методів проектування ефективність самого процесу залежить від ефективності вибору комплексу математичних моделей, які складаються в блоки й тим самим формують блочно-ієрархічний підхід до моделювання характеристик, що дозволяє досліднику використовувати ті або інші блоки для ефективного проектування гідромашин.

Основою для такого числового аналізу є математичні моделі робочого процесу. Разом із розвитком методів моделювання робочого процесу на базі розв'язання задач тривимірної течії в'язкої рідини активно застосовуються методи оцінки енергетичних характеристик на основі спрощених моделей течії. Однією з моделей, що використовується на початкових етапах, є модель на базі безрозмірних усереднених параметрів (макрорівень) [2].

У цій роботі метод безрозмірних усереднених параметрів застосовано для аналізу характеристик високонапірної оборотної гідромашини за напором 500 м. Обрано відповідну математичну модель і коефіцієнти втрат для проведення числового аналізу характеристик оборотної гідромашини, що дає змогу описати процес енергетичної взаємодії потоку з елементами проточної частини. Обрана модель успішно використовується для розрахунків проточних частин гідротурбін і оборотних гідромашин із напором 300-500 м [3].

Виконано розрахунки енергетичних характеристик гідромашини ОРО500 за допомогою математичних співвідношень для запропонованої моделі, з подальшим порівнянням результатів з експериментальними даними. Це дозволяє аналізувати як кінематичні, так і енергетичні характеристики гідромашини, а також гідравлічні втрати в елементах проточної частини (відсмоктуюча труба, робоче колесо, підвід) у

турбінному режимі роботи. На рис. 1 й у табл. 1 подано результати числових розрахунків проточної частини ОРО500 подано в табл. 1 і на рис. 1.

Таблиця 2 – Результати розрахунків енергетичних показників проточної частини ОРО500

$n'_i$ , об/хв	$Q'_i$ , м <sup>3</sup> /с	$\eta$ , % (розра- хунок)	$\eta$ , % (експе- римент )	$h_{\text{відв}}$ , %	$h_{\text{прк}}$ , %	$h_{\text{вм}}$ , %	$\text{ctg}\beta_1$	$\text{ctg}\beta_2$	$\text{ctg}\alpha_1$	$\text{ctg}\alpha_2$
78	0,145	84,4	81,0	65	9	26	1,5	2,57	3,49	0,31
85	0,140	84,3	82,5	64,5	8,8	26,7	2,1	2,5	3,5	0,23
92	0,133	82,5	80,5	63,5	8,5	28	2,5	2,35	3,55	0,15

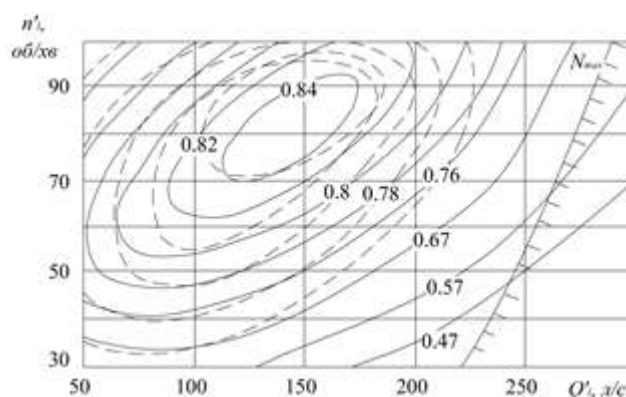


Рис. 1 – Універсальна характеристика проточної частини ОРО500: суцільна лінія – розрахунок, пунктирна лінія – експеримент

В елементах підводу значення втрат найбільші та складають більш половини гідравлічних втрат у всій проточній частині оборотної гідромашини в турбінному режимі роботи. Порівняльний аналіз отриманих результатів з експериментами показав збіжність, яку можна вважати задовільною, що свідчить про подальшу доцільність застосування обраного методу.

Застосування безрозмірних усереднених параметрів дає змогу визначати енергетичні характеристики, виявляти закономірності робочого процесу та оцінювати вплив геометрії робочих органів на характеристики вже на етапі попереднього вибору режимних параметрів. Це значно скорочує час, необхідний для розробки технічного проекту гідромашинного обладнання для оснащення ГАЕС.

#### Список літератури:

1. Landau Yu. A. Osnovnyie tendentsii razvitiya gidroenergetiki Ukrainyi [The main trends in the development of hydropower in Ukraine]. Nauchnyie raboty. Kharkov. – 2014. – vol. 53, – No 40. –pp. 82-86.
2. Ye. Sokol, M. Cherkashenko, V. Drankovskiy “Control and energy models of reversible hydraulic machines” [Upravlinnia i enerhetychni modeli oborotnykh hidromashyn]. Bulletin of the NTU “KhPI”. Series: Hydraulic machines and hydraulic units. Kharkiv : NTU “KhPI” – 2019. – No 2 – pp. 4-11.
3. Rezvaya Kseniya, Mikhaylo Cherkashenko, Viktor Drankovskiy, Irina Tynyanova, Vadym Makarov. Using mathematical modeling for determination the optimal geometric parameters of a pump-turbine water passage. 2020 IEEE 4th International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), Istanbul (Turkey). – 2020. – pp. 212-216.