

Моделно изследване на хидрокинетична турбина за река Дунав

Генчо Попов, Деян Маджаров, Красимир Тужаров, Ахмед Ахмедов, Димитър Ганчев

Model Study on Hydrokinetic Turbine for the Danube river: *This study is presenting the numerical simulation of multi-bladed Hydrokinetic Turbine which aims is to obtain the theoretical static torque of the turbine. Three design options were examined, each of which consists of several sub-designs. Result of the analysis helps to eliminate not effective concepts and choosing a particular efficient design of the hydrokinetic rotor.*

Key words: *Numerical Simulation, Hydrokinetic Turbine.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Хидрокинетичните турбини са хидромеханични преобразуватели на енергия, които преобразуват кинетичната енергия на безнапорни или нисконапорни течения в други използвани форми на енергия. Този тип турбини са известни още като: водна проточна турбина; ниско напорна хидротурбина; хидрокинетична турбина; нулево-напорна хидротурбина. Проточни турбини, могат да бъдат изградени като част от свободна или подсилена турбинна система и са алтернативно средство за генериране на енергия, изискващо малки или почти никакви строителни работи. Негативното влияние върху околната среда е минимално. По-конкретно намират приложение в речни, канални и морски течения. Също така могат да се ползват за усвояване на енергия от приливи и отливи в крайбрежни морски (океански) райони.

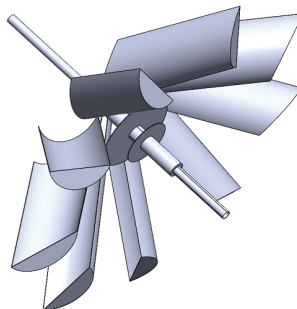
Многолопатъчната хидрокинетична турбина, разработена от фирма ХИДРОМАД РУСЕ ЕАД по договор BG161PO003-1.1.05 – 0316 „Иновативна система от многолопатъчни хидрокинетични турбини за производство на енергия“, финансиран от ОП Конкурентоспособност, е предназначена за преобразуване на кинетичната енергия на водното течение на река Дунав в механична енергия. В настоящата работа се разглежда численото моделиране работата на многолопатъчната хидрокинетична турбина с цел получаване на теоретичния статичен въртящ момент. Изследвани са три конструктивни варианта, всеки от които се състои от по няколко под-варианта. Целта е чрез този първоначален анализ да се отстранят не ефективните конструкции и да се подпомогне изборът на конкретен ефективен дизайн на хидрокинетичния ротор.

ИЗЛОЖЕНИЕ

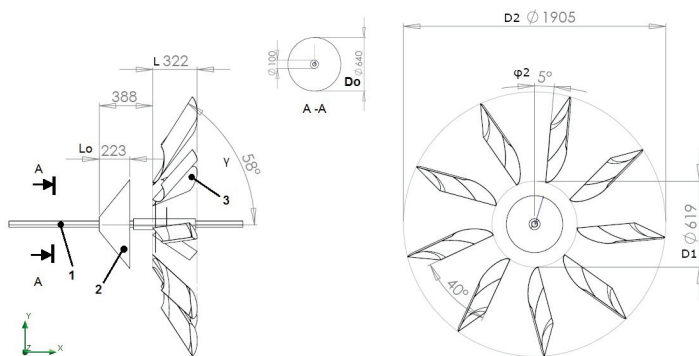
Общият вид на едно от вариантите изпълнения на изследваната многолопатъчна хидрокинетична турбина е показан на фиг. 1. Тя се състои от няколко полуцилиндрични лопатки, радиално разположени около централен вал, като тяхната дължина варира в определен диапазон за различните конструктивни изпълнения. Лопатките са монтирани под наклон с остър ъгъл, сключван между надлъжната ос на всяка лопатка и оста на въртене на централния вал, който може да е успореден на течението, а също така и разположен под някакъв ъгъл спрямо него.

Турбината се монтира към понтон, на който са разположени мултипликатор и генератор, поради което нейната ос на въртене е разположена под наклон спрямо направлението на течението.

Разработени са три конструктивни разновидности на хидрокинетичното колело, схемата на които са показани на фиг.2.

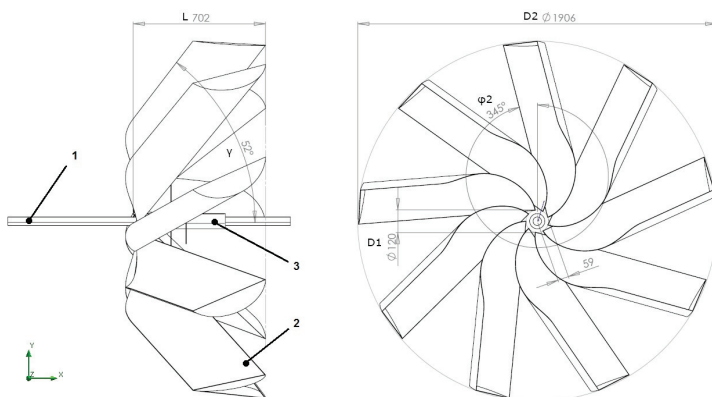


Фиг. 1 Общ вид на изследваната хидрокинетична турбина



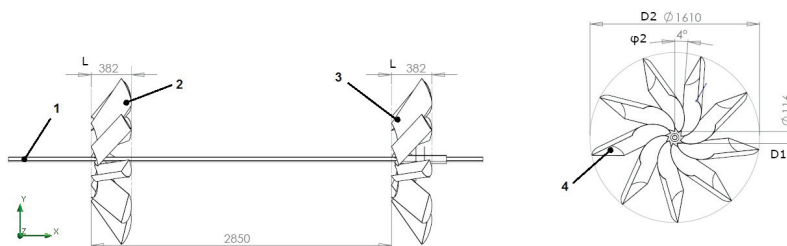
i. Вариант 1

1- Централен вал; 2 – обтекател; 3 - полуцилиндрични лопатки.



ii. Вариант 2

1- Централен вал; 2 – полуцилиндрични лопатки; 3 – главина



iii. Вариант 3

Фиг. 1 Варианти на изпълнение на хидрокинетичната турбина

1- Централен вал; 2 – „преден“ ротор; 3 – „заден“ ротор; 4 - полуцилиндрични лопатки.

Всеки вариант се състои от по няколко подварианта с различни геометрични параметри на колелото.

• **Вариант 1:** този вариант на хидрокинетичното колело е изграден от вал 1, обтекател 2, главина и лопатки 3.

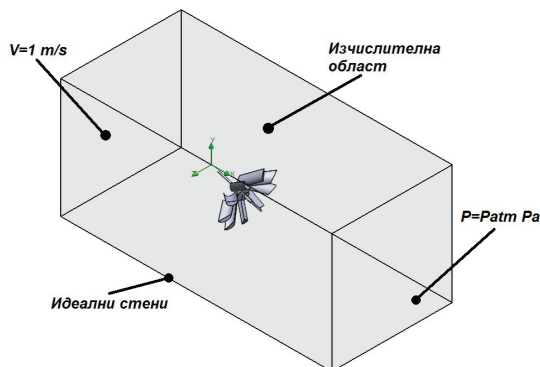
• **Вариант 2:** това е базовият вариант, при който хидрокинетичното колело се състои от вал 1, главина 3 и лопатки 2.

• **Вариант 3:** при този вариант хидрокинетичното колело е изградено от два еднакви ротора, монтирани един зад друг на общ вал.

За всеки от горните варианти е изследвано влиянието на геометричните параметри върху статичния въртящ момент на ротора. Основните геометрични величини, които характеризират работата на изследваната хидрокинетична турбина, са:

- D_1 – вътрешен диаметър на турбинното колело (ротора);
- D_2 – външен диаметър на турбинното колело (ротора);
- D_o – външен диаметър на обтекателя (за вариант 1);
- L_o – ширина на обтекателя (за вариант 1);
- L – ширина на ротора;
- Y – наклон на поставяне на лопатките спрямо оста на въртене;
- φ_2 – ъгъл на лопатката спрямо вертикала, минаващ през оста на вала във равнина YZ.

Всички модели на хидрокинетичната турбина са създадени с помощта на CAD софтуера SolidWork 2013 [4, 5]. Интегрираният в SolidWorks CFD софтуер Flow Simulation е използван при моделиране обтичането на неподвижната хидрокинетична турбина. Всички симулации са проведени при едни и същи настройки на граничните условия, размери на изчислителната област и гъстота на изчислителната мрежа [1, 2].

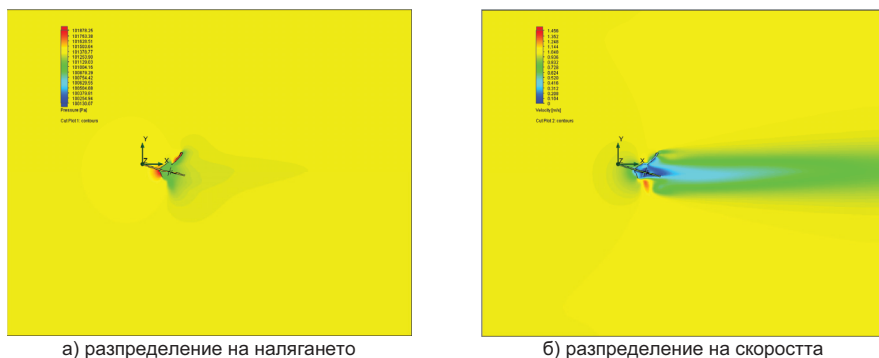


Фиг. 3 Изчислителна област и гранични условия

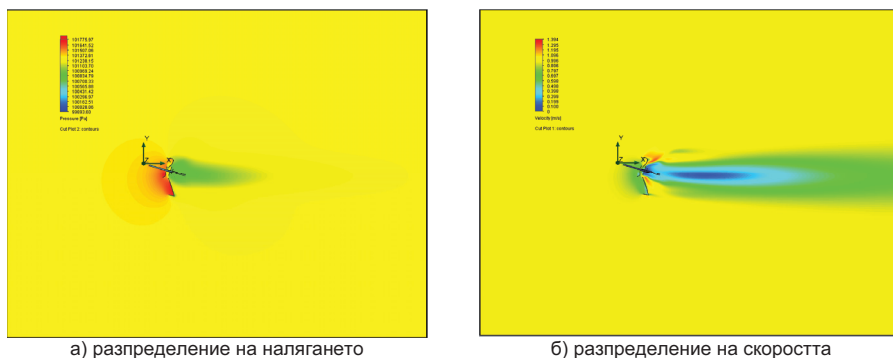
За изграждането на симулациите е използвана опцията, предлагана от Flow Simulation – Wizard, която позволява подготовка на изчислителната процедура стъпка по стъпка. Типът на анализа е външен, тримерен, като размерите на изчислителната област (за всички варианти) са: $X_{\max} = -6\text{m}$, $X_{\min} = 10\text{m}$; $Y_{\max} = 6\text{m}$, $Y_{\min} = -6\text{m}$; $Z_{\max} = 6\text{m}$, $Z_{\min} = -6\text{m}$, (фиг. 3). Използваният флуид е вода, повърхностите на турбината са приети за идеално гладки, скоростта на водното течение е зададена $v = 1\text{m/s}$. Използваният турбулентен модел е популярният $k-\varepsilon$ модел. Изчислителната мрежа е генерирана автоматично от софтуера. За критерия, определящ гъстотата на изчислителната мрежа, е зададена висока стойност, което гарантира генерирането на качествена мрежа.

Резултатите от числените симулации осигуряват теоретични данни за силите, действащи върху ротора, статичния въртящ момент на вала на турбината, а също така и за разпределението на налягането и скоростта в областта на хидрокинетичното колело. Трябва да се отбележи, че резултатите от симулациите се използват за качествена оценка на разликата между изследваните различни варианти и подварианти, като те показват само определен тренд в промяната на изследваните параметри. Това означава, че получаваните от числения анализ стойности не могат да се приемат за действителни, като те трябва да се уточнят с експериментални изследвания.

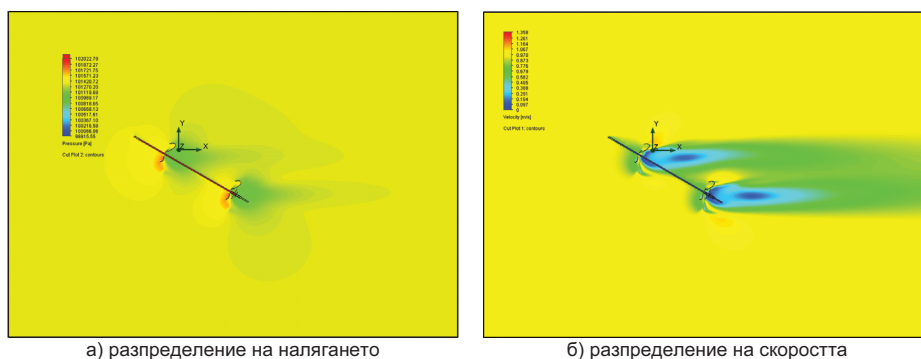
Тук са представени и сравнени резултатите само за най-ефективните подварианти от трите концепции (варианта). В табл.1 са дадени получените стойности за статичния въртящ момент и силата от челното налягане, а разпределението на налягането и скоростта в областта на хидрокинетичната турбина - на фиг.4, фиг.5 и фиг.6.



Фиг. 4 Числени резултати за Вариант 1



Фиг. 5 Числени резултати за Вариант 2



Фиг. 6 Числени резултати за Вариант 3

Таблица 1

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
M, Nm	225	825	396
F_x , N	600	943	883

От фиг.4 се вижда, че монтираният пред ротора обтекател има неблагоприятно влияние върху работата на турбината. Той силно турбулизира потока, който в след това обтича лопатките. В този вариант лопатките работят в неблагоприятни условия и усвояваната от тях енергия е малка. В случая обтекателят се явява като нежелано съпротивление на входа на работното колело.

От резултатите за вариант 2 (фиг.5) се вижда, че течението срещу ротора е несмутено, което води до по-благоприятни условия при обтичането на лопатките. При този вариант лопатките на турбината могат да усвоят по-голяма част от енергията на обтичащият ги флуид.

Резултатите за вариант 3 (фиг.6) водят към заключение, че концепцията с два ротора е неефективна. Както при вариант 1 и тук „предният“ ротор се явява като неблагоприятно съпротивление турбулизиращо потока обтичащ „задният“ ротор. Лопатките на „задният“ ротор работят при лоши условия и усвояваната от тях енергия е по-малка. Недостатък на тази конструкция също са по-големите габаритни размери и по-голямата маса.

Резултатите, представени в таблица 1, също сочат Вариант 2 за най-ефективно решение от изследваните три варианта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от проведеното моделно изследване показват, че конструктивният вариант с единичен ротор е по-ефективен в сравнение с другите два изследвани варианта – ротор с две хидрокинетични колела и вариант с монтиран обтекателят.

При варианта с два ротора, полетата на разпределение на налягането и скоростта ясно показват неблагоприятното влияние на „предния“ ротор върху „задния“, което влошава неговите условия на работа. Идентична е ситуацията и при варианта с предвключения обтекател.

Литература

- [1] Аилямковский А. А., Инженерные расчёты в SolidWorks Simulation., ДМК Москва 2010.
- [2] Аилямковский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В., Харитонович А. И., SolidWorks - Компьютерное моделирование в инженерной практике., Петербург 2005.
- [3] Обретенков, В. Водни турбини. Екопрогрес, София, 2008
- [4] Каравасилев О., Недялков В., Нанчев А., Кожухаров М., Сапунджиева А., SolidWorks – Разширени възможности, София ТехноЛогика ЕООД 2008
- [5] Стоянов Ц., Каравасилев О., Нанчев А., Недялков В., SolidWorks – Книга за потребителя, София ТехноЛогика ЕООД 2006
- [6] SolidWorks 2008, COSMOSFloWorks 2008, COSMOSFloWorks 2008 Fundamentals.

БЛАГОДАРНОСТИ Това изследване е финансирано по проект BG161PO003-1.1.05 – 0316 „Иновативна система от многолопатъчни хидрокинетични турбини за производство на енергия“, финансиран от ОП Конкурентоспособност.

За контакти:

Деян Маджаров - madlock@dir.bg

Димитър Ганчев - madlock@dir.bg

ХИДРОМАД РУСЕ ЕАД, гр. Русе, ул. Свети Димитър Басарбовски №12

Доц. д-р Генчо Попов - gspopov@uni-ruse.bg,

Доц. д-р Красимир Тужаров - tujarov@uni-ruse.bg

Маг. инж. Ахмед Ахмедов - aahmedov@uni-ruse.bg

Кат. „Топлотехника, хидравлика и екология“, Русенски университет „А. Кънчев“.

Докладът е рецензиран.