

кутів потоку, які створюються спіральною камерою $\tilde{\alpha}_{cp}$ і напрямних апаратом $\tilde{\alpha}_{0HA}$. Дана модель є основою для проведення чисельного дослідження впливу геометричних параметрів на характеристику опору підвідної частини, а також для складання балансу енергії в турбінному роботі оборотної гідравлічної машини [2, 3].

При проведенні чисельне дослідження ПЧ, використовують ту чи іншу програму, яка дозволяє на даному етапі визначити необхідні гідродинамічні параметри в залежності від того чи відомі геометричні параметри характерних перетинів, чи проточної частини в цілому. Після проведення досліджень, маючи два підходи до поставленої задачі та отримавши певні результати, можна з декількох варіантів проточних частин обрати одну найбільш прийнятну на ранніх етапах проектування оборотної гідравлічної машини.

Список літератури:

1. Кузминский С. С., Пылев И. М. Применение уравнения баланса энергии для оценки энергетических характеристик гидротурбин. – Энергомашиностроение, 1977, Вып. 2, с. 9-12.
2. Колычев В.А., Дранковский В.Э., Мараховский М.Б. Гидродинамические характеристики направляющего аппарата обратимой гидромашины в турбинном режиме работы // Гидравлические машины. – 1991.- Вып. 25. - с. 49-57.
3. А. В. Русанов А. В., Линник А. В., Сухоребрий П. Н., Хорев О. Н., Косьянов Д. Ю. Численное исследование течения жидкости в проточной части гидротурбины ПЛ20 Кременчугской ГЭС. – Вісник НТУ «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – № 45 (1154). – С. 9–15.

УДК 621.224

Потетенко О.В., Яковлева Л.К., Самба Битори Т. Д. Б.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВИХРЕВОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА В ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЯХ ВЫСОКОНАПОРНЫХ РАДИАЛЬНО-ОСЕВЫХ ГИДРОТУРБИН РО 500, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИХ ПОВЫШЕННЫЕ ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ НА РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Анализ проведенных комплексных исследований структуры потока с помощью шаровых зондов на модельной установке гидротурбины РО 500 на 28 режимах универсальной характеристики в спиральной камере, на цилиндрической поверхности, охватывающей межлопаточный канал (13 положений по окружному направлению и 7 по высоте) перед рабочим колесом и на конической поверхности за лопастями рабочего колеса показал полную картину структуры потока в различных элементах проточной части. В дополнение были проведены и проанализированы эксперименты по замеру распределения давления на поверхностях вращающихся лопастей. Для повышения точности замеров при испытании на воде, в качестве передающей давление на поверхности лопасти среды использовался сжатый воздух, продувающий дренажные отверстия у устанавливаемой баланс давления воздух-вода на поверхности лопасти.

В докладе приводится анализ характерных особенностей структуры потока в каналах гидротурбины РО 500 и даются пояснения причин существенно больших (2-4) % потерь энергии в подводящих органах гидротурбины, что составляет 30-40% от всех гидравлических потерь. Во-первых, на ряде режимов работы гидротурбины в поперечном сечении спиральной камеры появляется крупномасштабная вихревая структура типа «парного вихря», аналогичная вихревой структуре в трубопроводе круглого сечения с поворотом.

Следует также отметить, что во входном сечении спиральной камеры гидротурбины РО 500 имеет место лишь 50 % от необходимого на оптимальном режиме работы момента

количества движения приведенного к единице массового расхода $(V_u r)_1$ перед рабочим колесом. Таким образом, в поперечных сечениях спиральной камеры, в центральной зоне поток перемещается от рабочего колеса, а в периферийной зоне к рабочему колесу. Такая структура потока вызывает обтекание колонн статора, лопаток направляющего аппарата и в итоге лопастей рабочего колеса с различными по высоте углами атаки, вызывая дополнительные потери обусловленные изменением циркуляции вокруг профилей указанных элементов по высоте канала. Определены параметры вихря перед рабочим колесом (масштаб и интенсивность) и параметры крупномасштабных вихревых структур типа спиралевидных вихрей сбегаящих с конуса обтекателя рабочего колеса на режимах отличных от оптимального вызывающих низкочастотные пульсации давления с большой амплитудой. Даются рекомендации по совершенствованию подводящих органов и других элементов гидротурбины РО 500 защищенные более 10 патентами Украины.

УДК 621.22:621.694

Роговий А.С., доц. к.т.н.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ РІДИНИ У ВИХОРОКАМЕРНИХ НАГНІТАЧАХ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ DES

Вихрові апарати одержали широке розповсюдження в промисловості, особливо в екстремальних та особливих умовах експлуатації, де великого значення мають позитивні властивості струминних пристроїв, і вихрових зокрема, такі як надійність і довговічність [1]. Останні кілька десятиліть широке поширення одержали методи числового вирішення рівнянь Нав'є-Стокса, осереднені за Рейнольдсом (RANS) [2]. Дані методи, крім незаперечних переваг вивчення складних гідродинамічних ефектів, мають певні недоліки такі як значний час, необхідний для розрахунку та великі похибки, у випадку некоректного використання й підбору моделей турбулентності [3]. Застосування прямого моделювання турбулентності (DNS) і моделювання великих вихорів (LES), а також гібридних моделей може приводити до більше точних вирішень [4], однак сполучено з важко переборними обчислювальними витратами зараз й у найближчій перспективі [5].

У даній роботі зроблене порівняння найбільш часто застосовуваної моделі турбулентності SST з гібридною моделлю DES, яка дає можливість одержати більш точний результат, але більш вимоглива до обсягу сітки, що використовується для розрахунку. Це приводить до більш високих вимог до продуктивності обчислювальної системи й часу на розрахунок. Метод DES сполучає підходи RANS та LES. Сітка для розрахунку складалася з 22 млн. елементів, і побудована таким чином, щоб забезпечити параметр $Y^+ < 2$. Для моделювання течії в вихорокамерних нагнітачах обрано програмний комплекс OpenFOAM.

Внаслідок істотної нестационарності течії та прецесії вихрового ядра в камері, кінематичні характеристики в пристрої змінюють свої значення, тому виміряти їх і зробити верифікацію за ними досить складно. Порівняння результатів розрахунків з експериментальними параметрами проведена за інтегральними параметрами, а також за кінематичними, шляхом порівняння величини статичного тиску на верхній торцевій кришці пристрою. Проаналізовано розподіл тиску за радіусом камери й визначено, що гібридна модель турбулентності DES не дозволяє, так само як і модель SST точно визначити значення вакууму на осі вихрової камери. Похибка становить близько 20 %. Однак, модель пророкує практично правильні, на 20 % більші, ніж модель SST, значення вакууму біля осі в горлі осьового дифузора на вході у вихрову камеру. Крім того, DES модель краще описує вихрові структури поблизу осі вихрової камери, а також прецесію вихрового ядра, що не дозволяє