

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАВИТИРУЮЩЕГО ВИХРЕВОГО ТЕЧЕНИЯ
В КОНУСНОЙ ЧАСТИ ОТСАСЫВАЮЩЕЙ ТРУБЫ ГИДРОТУРБИНЫ.****Цой М.А.**Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН,
630090, Россия, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 1

Надежность работы энергетического сектора, основной составляющей которого является Единая Энергосистема России, во многом обеспечивается гидроэнергетикой, заключающей в себе более 90 % резерва регулирующих мощностей. ГЭС являются наиболее маневренными по сравнению с другими существующими типами электростанций. Они имеют возможность в считанные минуты увеличить генерируемую мощность, таким образом, компенсируя пиковые нагрузки. Это подчеркивает важность доступного для гидротурбины диапазона регулирования. Основные ограничения накладываемые на него связаны с высоким уровнем пульсаций давления, сопровождающимися сильными гидроударами в проточной части и вибрацией.

Когда локальное давление в жидкости падает ниже давления насыщенного пара при данной температуре, происходит вскипание – образуется паровая фаза, такое явление называется кавитацией. При попадании кавитационных каверн в область высокого давления пузырьки пара мгновенно конденсируются, что приводит к возникновению шума, вибрации, ударных волн и эрозии рабочих поверхностей.

Мощные низкочастотные пульсации давления, вызываемые прецессией винтового вихревого жгута [1] под рабочим колесом гидротурбины, также накладывают ограничения на рабочие режимы и негативно сказываются на ресурсе работы оборудования, КПД гидромашин и безопасности всей гидроэлектростанции. Частота этих пульсаций является определяющей частотой переменной осевой гидравлической силы, колебаний мощности гидроагрегата, пульсаций давления в отсасывающей трубе и в спиральной камере. Причина возникновения прецессирующего вихревого жгута – распад осесимметричного вихревого ядра при высокой остаточной закрутке потока под рабочим колесом гидротурбины в режимах неполной нагрузки гидроагрегата.

В ИТ СО РАН создан экспериментальный стенд, позволяющий получать кавитирующее течение для исследования в лабораторных условиях кавитационных явлений, имеющих место за рабочим колесом гидротурбин. Стенд представляет собой замкнутый гидродинамический контур объемом 350 л. Для увеличения диапазона доступных значений числа кавитации, при ограниченной скорости потока, необхо-

димо варьировать гидростатическое давление в контуре, для этого в верхнюю часть контура включен промежуточный бак с воздухом, с подключенным к нему вакуумным насосом.

Рабочий участок состоит из закручивающего устройства и диффузора, имитирующего конусную часть отсасывающих труб гидротурбин. Для воспроизведения условий, имеющихся под рабочим колесом реальных гидротурбин, применяется комбинация из двух завихрителей – неподвижного и свободно вращающегося. Такая комбинация обеспечивает распределение осевой и тангенциальной компонент скорости наиболее близкое к распределению под рабочими колесами гидротурбин [2]. Для неподвижного завихрителя значение конструктивного параметра крутки S было выбрано равным 1,1.

Конический диффузор с углом конуса $8^\circ 30'$, выполнен из оргстекла, что в совокупности с высоким качеством механической обработки поверхностей позволяет обеспечить оптический доступ к потоку и применить бесконтактные методы измерения полей скорости, такие как PIV для аксиальной и радиальной компонент скорости и LDA для тангенциальной компоненты.

Проведена визуализация прецессирующего вихревого жгута с использованием высокоскоростной камеры. Определены рабочие характеристики установки: частота прецессии вихревого жгута, скорость вращения завихрителя, перепад давления на рабочем участке. Была обнаружена неустойчивость структуры вихря – периодическая смена конфигурации между одно- и двухжгутовой модами. В работе была использована PIV техника для получения поля скорости и поля завихренности в конусе отсасывающей трубы. Выявлена крупномасштабная область приосевых обратных токов.

Список литературы:

1. Алексеенко С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л. Введение в теорию концентрированных вихрей // Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2003. 504 с.
2. David Stefan Structure of flow fields downstream of two different swirl generators // Engineering MECHANICS, Vol. 20, 2013, No. 5, p. 339–353