

Резюме проекта

Выполняемого при поддержке РФФИ

«Расчётно-экспериментальное исследование нестационарных процессов в проточном тракте гидротурбин высоконапорных ГЭС с целью повышения надежности их работы»

за 2014 год

Договор № РФФИ-127

Приоритетное направление: Рациональное природопользование

Критическая технология: Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику

Период выполнения: два года

Ключевые слова: гидродинамика, турбулентность, гидроэнергетика, численное моделирование, уравнения Рейнольдса, математическая модель, пульсации давления

1. Цель фундаментального исследования:

Расчетно-экспериментально изучение нестационарных гидродинамических процессов в элементах проточного тракта гидротурбин и разработка на основе полученных данных методики прогнозирования и борьбы с нестационарными процессами в гидротурбинах.

2. Основные результаты проекта:

- Спроектирован и изготовлен экспериментальный стенд, в масштабе 1/67.6, воспроизводящий полный проточный тракт гидроагрегата Саяно-Шушенской ГЭС.
- На изготовленном стенде проведены экспериментальные исследования нестационарных процессов в модельной гидротурбине Саяно-Шушенской ГЭС.
- Разработана эффективная численная методика моделирования процессов гидродинамики закрученных потоков в гидротурбинах.
- Проведено детальное тестирование разработанной методики моделирования.
- Проведено сопоставление результатов расчетов с экспериментальными данными реальных ГЭС (Саяно-Шушенской и Бурейской ГЭС).
- При помощи численного моделирования проанализирована структура течения за рабочим колесом турбины.
- Выполнен анализ зависимости интенсивности пульсаций давления от параметра крутки течения.
- При помощи разработанной и протестированной численной методики проведено исследование влияния стабилизирующих конструкций на характер течения в гидротурбинах и уровень пульсаций давления.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках фундаментального, прикладного научного исследования, экспериментальные разработки

нет

4. Назначение и область применения результатов проекта

С практической точки зрения результаты исследований могут быть использованы для проведения прикладных НИР и опытно-конструкторских работ, направленных на создание гидравлических турбин высоконапорных ГЭС и ГАЭС с параметрами превосходящими мировые аналоги по КПД, ширине рабочих диапазонов, ресурсу и безопасности работы. Возможными потребителями результатов могут являться предприятия проектирующие, производящие и эксплуатирующие гидроэнергетическое оборудование: ОАО Силовые машины, ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»,

гидроэлектростанции ОАО РусГидро, Сызранский завод тяжёлого машиностроения, НПО ЦКТИ, ООО «ВолгаГидро».

5. Возможность коммерциализации результатов проекта

При должном финансировании проекта возможно создание универсальной методики оценки, описания и прогнозирования нестационарных процессов в гидроагрегатах в течении двух-трех лет.

6. Эффекты от внедрения результатов проекта

По результатам работы были сформулированы рекомендации по снижению пульсаций давления в проточном тракте гидротурбин высоконапорных ГЭС.

Для борьбы с низкочастотными пульсациями в отсасывающей трубе в область вихревого жгута предлагается подавать сжатый воздух в количестве 1 – 3% от расхода воды, что позволяет снизить интенсивность пульсаций с 10 – 15% до 2 – 3%. Данный способ является чрезвычайно эффективным однако существуют технические сложности с его реализацией. Изменение формы обтекателя рабочего колеса. Чтобы устранить рециркуляционное течение на оси отсасывающей трубы предлагается удлинить обтекатель рабочего колеса.

Стабилизация потока с помощью водяной струи. Предлагается стабилизировать течение отсасывающей трубе с помощью водяной струи, подаваемой из обтекателя рабочего колеса вдоль оси. Расход в струе при этом должен достигать 10% от общего расхода, а низкочастотные пульсации давления снижаются в 2 – 3 раза. Использование конструктивных средств стабилизации потока. Стабилизирующие конструкции выполняются в виде ребер на стенках конуса отсасывающей трубы, сплиттеров (ребер, продолженных до соприкосновения друг с другом), крестовины за рабочим колесом, цилиндра, расположенного под обтекателем коаксиально ему.

Использование ребер снижает закрутку потока при неоптимальных режимах работы турбины и таким образом позволяют уменьшить пульсации давления, вызванные вихревым жгутом. Обычно используется от двух до восьми ребер. Их длина составляет около половины наименьшего диаметра отсасывающей трубы, а ширина – от 0,1 до 0,2 диаметра. Использование ребер и крестовин позволяет снизить интенсивность пульсаций давления с 10 – 15% до 2 – 4%. Часто предлагают комбинировать использование ребер и впуск воздуха, чтобы уменьшить кавитационный износ ребер, либо снизить пульсации в режимах, где ребра работают плохо. Также предлагается метод активного подавления пульсаций с помощью возбуждения гидравлических колебаний той же частоты в противофазе. Колебания возбуждаются инъекцией воды, расход которой меняется с заданной частотой посредством роторного вентиля.

7. Наличие соисполнителей

нет

Руководитель работ по проекту

Доцент СФУ, Минаков Андрей Викторович