

Резюме проекта
Выполняемого при поддержке **РФФИ**
**«Исследование способов подавления низкочастотных пульсаций давления в
проточном тракте гидротурбин»**
промежуточный

Договор № РФФИ-142

Приоритетное направление: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

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

Период выполнения: 2014-2015гг

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

1. Цель фундаментального исследования:

Исследование нестационарных закрученных потоков в элементах проточного тракта гидротурбин и разработка на основе полученных данных методики прогнозирования и борьбы с нестационарными процессами в гидротурбинах

Основные результаты проекта:

- Выполнен обзор и анализ современных экспериментальных и теоретических подходов по изучению гидродинамики потоков в гидротехнических сооружениях. Получено представление о современных способах стабилизации потока в гидротурбинах.

- Установлено, что причиной пульсаций давления в проточном тракте и как следствие больших динамических нагрузок на все узлы гидроагрегата является образование в пространстве за рабочим колесом прецессирующего вихревого ядра.

- В ходе обзора рассмотрены различные методы и конструктивные средства стабилизации потока. Проанализировано примерное воздействие их на поток и величину пульсаций давления. Выбрано несколько наиболее эффективных вариантов стабилизирующих устройств, для дальнейшего их исследования на стенде.

- Для изучения средств стабилизации потока в гидротурбинах был создан уникальный аэродинамический модельный стенд, который в масштабе 1/67.6 полностью воспроизводит агрегат Саяно-Шушенской ГЭС. Содержит в себе все ключевые узлы гидроагрегата: улитка, статорная колонна, направляющий аппарат, рабочее колесо и отсасывающая труба. Стенд спроектирован таким образом, что позволяет легко устанавливать и исследовать любые типы стабилизирующих конструкций (ребра, обтекатель рабочего колеса, крестовины).

- На созданном стенде проведена серия экспериментальных исследований пульсаций скоростей и давления в проточном тракте модельной турбины. Для моделирования широкого диапазона режимов работы реального агрегата в экспериментах на модели варьировался полный расход и частота вращения рабочего колеса. В рассмотренных режимах измерены локальные и интегральные характеристики турбины. Измерены профили компонент скорости и пульсации давления в диффузоре отсасывающей трубы для различных режимов работы агрегата. В результате экспериментов получены зависимости частоты и интенсивности пульсаций давления от расхода и частоты вращения рабочего колеса.

- Установлены режимы работы гидроагрегата, в которых было зафиксировано формирование прецессирующего вихревого ядра. Факт прецессии вихря за рабочим колесом количественно диагностировался по поведению спектров пульсаций давления, в которых в этих режимах проявлялась ярко выраженная выделенная частота равная 20 -30 % оборотной частоте.

- В ходе экспериментов было показано, что именно в режимах с концентрированным прецессирующим вихрем наблюдается максимальный уровень пульсаций давления в турбине.

- Анализ измеренных профилей скорости в диффузоре отсасывающей трубы показал, что в режимах с прецессирующим вихрем на профиле осевой скорости в приосевой зоне формируется обширная зона рециркуляции с высокими скоростями обратного течения. Таким образом, показано, что компоненты скорости потока за рабочим колесом могут выступать в роли показателя характеризующего интенсивность нестационарных явлений в отсасывающих трубах гидротурбин.

- Получены экспериментальные зависимости частоты прецессии вихря в отсасывающей трубе. Показано, что при увеличении расхода частота прецессии растёт. Наличие линейной связи между f и Q в широком диапазоне расходов зафиксировано и в других работах. В то же время при увеличении частоты вращения рабочего колеса пульсации снижаются, т.к. при увеличении частоты вращения колеса закрутка потока снижается, вследствие того, что колесо снимает закрутку, создаваемую статорной колонной и направляющим аппаратом.

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

3. 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».

4. Возможность коммерциализации результатов проекта:

На созданном стенде существует возможность тестирования при проектировании различных частей проточного тракта гидроагрегата высоконапорных ГЭС, а так же конструктивных средств стабилизации потока. Влияние их на режимы работы станции, и модернизации до оптимальных показателей.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта:

По результатам данной работы создан уникальный аэродинамический стенд (точная копия гидроагрегата Саяно-Шушенской ГЭС), показано, что основной причиной больших нагрузок на гидроагрегат является прецессирующее вихревое ядро в пространстве за рабочим колесом, с помощью стенда воссозданы режимы максимальных и минимальных пульсаций давления, объяснен механизм их формирования и развития.

6. Наличие соисполнителей

Руководитель работ по проекту

Ассистент кафедры «Теплофизика» СФУ, Платонов Д.В.