

## Реверсивные насос-турбины с переменной скоростью вращения импеллера для аккумуляции энергии

Руководитель НИР, зав. лаб. 6.1., д.ф.-м.н.

Отв. исполнитель, снс, к.т.н.

Исполнители:

снс, к.ф.-м.н.

снс, к.т.н.

нс, к.ф.-м.н.

мнс

мнс

инж.-иссл., аспирант

лаб., магистрант

лаб., магистрант

С. И. Шторк

И. К. Кабардин

И. В. Литвинов

К. И. Степанов

С. Г. Скрипкин

М. А. Цой

Е. Ю. Гореликов

Д. А. Суслов

В. Е. Ледовский

К. С. Зубанов

Международный трехгодичный проект направлен на решение проблемы высокоэффективного накопления энергии путем разработки и оптимизации основного элемента гидроаккумулирующих станций - реверсивной насос-турбины. Фундаментальной научной задачей проекта является изучение вихревых кавитирующих течений в реверсивной насос-турбине, работающей в различных, в том числе переходных режимах, что включает в себя анализ взаимодействия закрученного потока с рабочим колесом (сопряженная задача гидродинамики и механики деформируемого твердого тела), возникновение лопаточной и вихревой кавитации, а также нестационарных явлений. В качестве иностранных партнеров для выполнения проекта привлечены Индийский технологический институт Рурки (Индия) и Университет Цинхуа (Китай).

Проект сосредоточен на исследовании и моделировании нестационарных течений, взаимодействия ротор-статор, кавитации и стабильности кривой производительности. Результаты исследования позволят получить новое и более глубокое понимание физики этих гидродинамических процессов, критически влияющих на производительность насос-турбины. Это, в свою очередь, поможет создать научную базу для разработки конкурентоспособного гидроэнергетического оборудования. Важным с научной и прикладной точек зрения является то, что будет накоплена обширная база экспериментальных данных по закрученному турбулентному потоку в насос-турбине, не имеющая аналогов в мире, в том числе при наличии крупномасштабных вихревых структур и кавитации. Экспериментальные результаты будут использованы для верификации численных расчётов, проводимых в Индийском технологическом институте Рурки. Численные результаты будут в дальнейшем использованы для масштабирования, анализа и получения эксплуатационных характеристик реального прототипа насос-турбины. Таким

образом, в рамках выполнения проекта будут разработаны научные и научно-технические основы создания новой реверсивной насос-турбины с переменной скоростью вращения импеллера для аккумулирования энергии. Финальным результатом проекта станет разработка конечного продукта – оптимизированной геометрии рабочего колеса и проточного тракта реверсивной насос-турбины, который пройдет все необходимые испытания стандарта МЭК и будет предложен для внедрения при проектировании новых и высокоэффективных гидроаккумулирующих станций накопления энергии в странах БРИКС.

### **Первый этап проекта (2022 год).**

На первом этапе проекта был проведен аналитический обзор литературы по задачам проекта. Исследование публикаций продемонстрировало активность зарубежных авторов по изучению, проектированию, разработке и созданию гидроаккумулирующих станций с оптимизированными реверсивными гидроагрегатами. При проектировании подобных гидроагрегатов используется многоступенчатый цикл, включающий в себя изучение характеристик потока на уменьшенных моделях, проведение и верификацию численных расчётов, использование современных методов оптимизации, включая методы машинного обучения. К основным целям исследований можно отнести: расширение допустимого режимного диапазона работы реверсивной насос-турбины, повышение общей эффективности и механической надежности гидроагрегата одновременно в насосном и турбинном режимах. Важно помнить, улучшение характеристик реверсивных насос-турбин является сложной многопараметрической проблемой, для решения которой необходимо рассмотрение во взаимосвязи различных гидродинамических процессов во всех элементах гидроагрегата. На основе проведенного обзора литературы можно заключить, что все задачи выполняемого проекта являются востребованными и актуальными, используемые методы соответствуют современным мировым подходам, а итоговый результат выполняемого проекта позволит значительным образом развить направление гидроэнергетики как в России, так и в странах БРИКС.

Проведена предпроектная подготовка гидродинамического (см. фотографию стенда) и аэродинамического стендов для выполнения работ по моделированию переменной реверсивной насос-турбины.

Разработаны программы методик и аттестации для аэродинамического (АСЭМ) и гидродинамического (ГГС) стендов. В соответствии с данными программами методик и аттестации была проведена первичная аттестация стендов. Результаты аттестации

положительные, оформлены соответствующими протоколами аттестации. На основании положительных результатов аттестации ИТ СО РАН выданы аттестаты на оба стенда.



Фотография гидродинамического стенда для реализации проекта.

Проведена проверка работоспособности измерительной аппаратуры. Проверка показала полное соответствие измерительной аппаратуры требованиям, указанным в плане работ научного исследования. Проведена адаптация методов и устройств экспериментального моделирования. Проведена адаптация методов лазерной доплеровской анемометрии и цифровой трассерной визуализации.

Проведены патентные исследования по теме реверсивных насос-турбин с переменной скоростью вращения импеллера для аккумулирования энергии. Краткое описание объекта: работа направлена на решение проблемы высокоэффективного накопления энергии путем разработки и оптимизации основного элемента гидроаккумулирующих станций - реверсивной насос-турбины. Это будет способствовать развитию технологии высокоэффективного хранения энергии, выравниванию неоднородности нагрузки электрической сети, а также внедрению новых возобновляемых источников энергии.

Таким образом, работы первого этапа были реализованы полностью.