

Повышение энергоэффективности, надежности и долговечности гидравлического оборудования локальных Smart-систем водоснабжения

Работа проведена в 2015 г. в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 г.г.» в период с 01 июля 2015г. по 31 декабря 2015г.

Соглашение о предоставлении субсидии № 14.586.21.0005 от 17 сентября 2014г. (Этап 3)

Научный руководитель проекта: вед. научн. сотр. НЦ «Износостойкость», д.т.н., А.В. Волков

Ответственный исполнитель: ст. научн. сотр. НЦ «Износостойкость», к.т.н., А.Г. Парыгин

1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

Создание научно-технического задела в области разработки энергоэффективного оборудования нового поколения для современных гидравлических систем, использующих Smart-технологии и, в частности, развитие новых подходов к проектированию элементов проточной части центробежных насосов, обеспечивающих расширение на 15...20% эффективной рабочей зоны, работающих в условиях локальных Smart-систем водоснабжения на существенно переменных режимах.

2. Основные результаты ПНИ

В 2015 году в рамках 3 этапа в период с 01 июля 2015г. по 31 декабря 2015г. выполнялись следующие работы:

1) Проведены экспериментальные многопараметрические исследования влияния характеристик потока, степени смачиваемости проточной части и рельефа ввода насоса на его КПД и кавитационный запас.

2) Разработаны виртуальные полноразмерные 3D модели насосов по вариациям геометрии лопастной системы.

3) Проведено расчетно-численное моделирование работы макетов насосов в условиях локальных Smart-систем водоснабжения с использованием пакета прикладных программ Flow Vision, обеспечивающих расчет трехмерных течений в проточной части насоса (виртуальные эксперименты).

4) Проведен анализ и оценка результатов численного моделирования, минимизация вариантов макетов для проведения стендовых экспериментальных исследований.

5) Проведены дополнительные патентные исследования и подана заявка №2015151677RU на изобретение «Реактивное рабочее колесо центробежного насоса».

6) Опубликована 1 статья «Анализ влияния гидрофобности поверхности проточной части центробежных насосов на их эксплуатационные характеристики» в журнале «Теплоэнергетика» №11 за 2015 г. (индексируется в Scopus).

7) Работы, выполненные иностранным партнером:

- проведены экспериментальные исследования вихревых структур за вихревым генератором с помощью LDV (лазерного доплеровского измерителя скорости), PIV-метода (метода цифровой трассерной визуализации течений), томографии и разработаны способы подавления пульсаций давления на выходе гидравлических машин;
- проведены экспериментальные исследования кавитации и суперкавитации в вихревых потоках.
- проведена экспериментальная верификация модификаций CFD кода по характеристикам производительности гидравлических машин;
- проведена экспериментальная верификация математической модели пульсаций давления на выходе гидравлических машин.

При выполнении работ были получены следующие основные результаты.
Стендовыми экспериментами установлено:

- снижение смачиваемости входной части дает отрицательные эффекты: локальное понижение напора насоса в области больших подач на 5...10 кПа; ухудшение кавитационного запаса на 8...18,7% и снижение КПД при оптимальной подаче на 1,02...1,58%;
- снижение смачиваемости передней стенки корпуса и отвода дает прирост напора насоса во всей рабочей области на 2...8 кПа при незначительном ухудшении кавитационных качеств и повышении КПД насоса на 0,22...1,8%.

Виртуальными экспериментами установлено, что применение инновационной гетерогенной лопастной системы по сравнению с классической гомогенной дает расширение рабочей зоны при номинальной частоте вращения ротора по диапазону подач насоса до 23,4%, а по интегральной рабочей зоне насоса – до 22,4%. При регулировании в диапазоне частот 25...110% расширение интегральной рабочей зоны насоса составило 16,8% при заданном в ТЗ на проект расширении рабочей зоны не менее 15%.

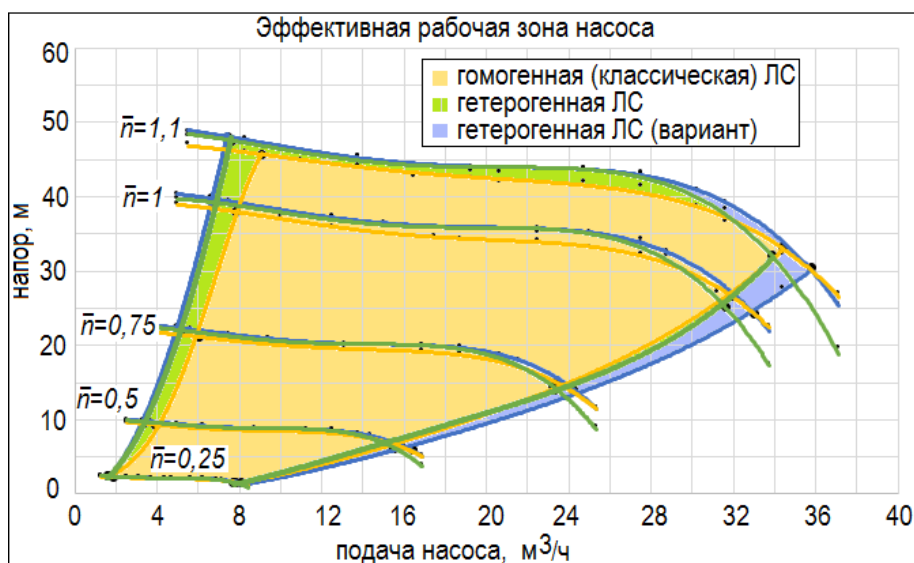


Рис. 1.

Основные результаты иностранного партнера показали следующее:

- созданный экспериментальный комплекс для исследования пульсаций давления за вихревым генератором позволяет визуализировать картину вихревых процессов за генератором, что в значительной мере способствует изучению вихревых структур;
- предложенный способ инъекции дополнительной воды в основной поток для подавления пульсаций за гидромашинной является эффективным;
- возможность использования расчетных методов для определения областей аэродинамического профиля, наиболее подверженных кавитационному износу, что позволяет оценить эрозионный потенциал кавитационного облака априори расчетными методами;
- эксперимент и численный *CFD*-анализ имеет хорошую сходимость по кавитационным структурам внутри насоса в широком диапазоне скоростей потока, что позволяет в дальнейшем использовать *CFD*-код и модель Рэлея-Плессета для достаточно точной оценки границ кавитации, т.е. оценки кавитационной границы эффективной рабочей зоны насоса в условиях *Smart*-систем водоснабжения при малых подачах;
- экспериментально установлено, что метод собственных ортогональных разложений безусловно пригоден для изучения вихревых течений и пульсаций давления в проточной части гидравлической машины и может использоваться для выявления активных структур течения на границах эффективной рабочей зоны насосов и получения информации об их пространственной форме и связанных частотах при минимальных вычислительных затратах.

Полученные результаты полностью соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту.

3. Область применения результатов ПНИР

Результаты проекта предназначены для применения как организациями – производителями насосного оборудования для систем водоснабжения, так и эксплуатирующими их (последние – в плане формирования заказа на поставку энергоэффективных насосов с расширенной рабочей зоной, отвечающих новым техническим требованиям). Возможное потребление результатов работы не ограничивается локальными Smart-системами водоснабжения и в перспективе может быть распространено на любые гидравлические системы с центробежными насосами.

4. Оценка перспектив продолжения работ по проекту.

Результаты работ, полученные на третьем этапе выполнения Соглашения, полностью соответствуют требованиям Технического задания и Плана-графика исполнения обязательств и дают основание полагать, что продолжение работы позволит выполнить все поставленные задачи.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.