

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Абдулина Арсена Яшаровича «Методика моделирования рабочего процесса водометных движителей скоростных судов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.04.13 – Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты.

На отзыв представлена диссертационная работа объемом 160 страниц машинописного текста, которая содержит введение, 4 главы, основные результаты и выводы, 38 таблиц, 112 рисунков и два приложения. Библиографический список включает 75 наименований. Материалы диссертации изложены в 11 печатных работах, в том числе 4 работы опубликованы в изданиях из перечня ВАК.

Актуальность темы исследования

Повышение требований к динамике и энергоэффективности современных скоростных судов обуславливает необходимость совершенствования рабочих процессов их движителей. Водометные движители с лопастными насосами обладают преимуществами перед другими типами движителей: обеспечивают высокие значения КПД на высоких скоростях движения судна, безопасность эксплуатации, более низкие уровни шума по сравнению с гребными винтами, высокую маневренность, приемистость, проходимость по мелководью и обладают меньшей склонностью к кавитации на высоких скоростях движения.

Можно выделить два направления совершенствования водометных движителей: улучшение характеристик применяемых лопастных насосов и совершенствование проточной части с целью уменьшения гидравлических потерь. Следствием последнего является сложная форма проточной части современных водометных движителей.

Особенно сильно на характеристики водометных движителей влияют следующие явления, возникающие в проточной части и в рабочем колесе: кавитация, неравномерность потока в поперечных сечениях перед рабочим колесом, возникновение отрывных течений. В связи со сложностью данных явлений, задача совершенствования рабочего процесса водометного движителя может быть решена только с помощью трехмерного численного моделирования с верификацией на основании физического эксперимента.

В настоящее время разработаны различные одномерные и двухмерные математические модели, которые учитывают лишь часть гидродинамических

явлений, происходящих в проточной части водометного движителя. Большинство из этих моделей дают существенное отклонение от экспериментальных измерений и требуют доработки.

На основании изложенного считаю, что диссертация Абдулина А.Я. по специальности 05.04.13 – «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты», посвященная исследованию и совершенствованию рабочего процесса водометного движителя и разработке методики его численного моделирования, является актуальной.

Общая методика исследования

Автор выполнил численное моделирование и провел экспериментальные исследования процессов, протекающих в водометном движителе с лопастным насосом. Численное моделирование проводилось на основе фундаментальных уравнений: неразрывности, количества движения, состояния сред, сохранения энергии, моделей турбулентности и кавитации. Для численного решения уравнений использовался программный пакет ANSYS CFX.

Для верификации математической модели автором были проведены физические эксперименты на полноразмерном и модельном водометном движителе, что повышает ценность работы. Результаты экспериментов были обработаны методами математической статистики и сопоставлены с расчетными данными, полученными на основании численного моделирования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обзор отечественной и зарубежной литературы, представленный в работе, является достаточным. Список использованной в исследовании литературы содержит 75 наименований.

Автор корректно применяет общие законы механики жидкости и газа для обоснования полученных результатов и выводов. Достоверность разработанных автором численных моделей и обоснованность использования результатов физических экспериментов подтверждается статистической обработкой экспериментальных данных и удовлетворительным согласованием экспериментальных данных с данными, полученными на основании численного моделирования.

Научная новизна полученных результатов

Новые научные результаты, полученные соискателем:

1. Численная модель рабочего процесса водометного движителя, поставленная в программном пакете ANSYS CFX и учитывающая турбулентность потока, динамику процесса кавитации, нестационарность и неравномерность потока. Разработанная численная модель наиболее полно учитывает все гидродинамические явления, по сравнению с моделями, представленными в литературном обзоре. На основе результатов численного моделирования рассчитаны интегральные характеристики водометного движителя.

2. Новая геометрия оседиагонального рабочего колеса и алгоритм построения ее твердотельной модели. Лопasti нового колеса имеют более сложную форму по сравнению с рабочим колесом шнекового типа, что привело к увеличению расчетного значения КПД движителя до 89%, что на 6% выше, чем у шнекового рабочего колеса (83%).

3. Результаты экспериментальных исследований, полученные на ходовой лаборатории, на базе глиссирующего катера FreeRider-490C-Jet с водометным движителем.

4. Результаты верификации численной модели рабочего процесса водометного движителя. По результатам верификации обоснован выбор модели турбулентности SST и откорректированы коэффициенты конденсации и испарения в модели кавитации Рэлея-Плессета.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Теоретическая значимость полученных диссертантом результатов состоит в разработке численной модели трехмерного движения жидкости в водометном движителе, учитывающей турбулентность потока, его неравномерность, нестационарность и возможность возникновения кавитации. Численная модель позволяет с достаточной точностью прогнозировать характеристики водометного движителя и оценивать влияние геометрических и режимных параметров на эти характеристики.

Диссертант показал, что в водоводе возможно возникновение пузырьков пара, которые распространяются вплоть до рабочего колеса, снижая тем самым характеристики водометного движителя. Численное моделирование позволило определить степень неравномерности потока в проточной части движителя. Выполнена оценка влияния кавитации на тяговые характеристики водометного движителя.

Значимость полученных автором результатов для практики заключается в разработке методики численного моделирования рабочего процесса водометного движителя, которая позволяет уменьшить количество доводочных работ на этапе проектирования. Применение предложенной геометрии рабочего колеса в водометном движителе катера FreeRider-490C-Jet позволило при неизменной потребляемой мощности получить прирост скорости движения катера с 20 до 23 м/с, что является существенным результатом. Полученные результаты позволили выработать практические рекомендации по проектированию водометных движителей.

Результаты исследований, проведенных при выполнении настоящей работы, докладывались и обсуждались на конференциях международного и всероссийского уровня. Публикации диссертанта также подтверждают научный уровень разработок. Основные результаты диссертации изложены в 11 научных трудах (4 статьи в изданиях из перечня ВАК РФ). Содержание диссертации полностью соответствует содержанию опубликованных научных работ А.Я. Абдулина.

По разработанной методике проведены исследования водометного движителя на глиссирующем катере FreeRider-490C-Jet. Найдены размеры рабочего колеса и спрямляющего аппарата насоса, которые были заложены в конструкцию нового водометного движителя данного катера. Практическое значение работы подтверждено актом внедрения на предприятии ООО НПП «Мастер-Мотор» (г. Уфа) и в учебный процесс ФГБОУ ВПО «УГАТУ» (г. Уфа).

Замечания

По работе можно сделать следующие замечания:

1. Не исследовано влияние размера и формы ячеек использованной тетраэдрической сетки на результаты численного моделирования.

2. Считаю, что одной из важных частей диссертации является исследование рабочего процесса водометного движителя с помощью математической модели с откорректированными константами. Эта часть исследования недостаточно полно освещена в формулировке научной новизны и результатов исследования.

3. На стр. 48 диссертации допущена ошибка при записи уравнений Навье-Стокса. Данное замечание не влияет на полученные в работе результаты, поскольку в программном комплексе ANSYS CFX уравнения учтены верно.

4. На стр. 52 диссертации указано, что RNG k-ε модель турбулентности относится к классу моделей рейнольдсовых напряжений, что неверно.

5. На стр. 56 диссертации приведено уравнение для объемной доли паровой фазы. При этом неясно, почему в уравнениях Навье-Стокса не учтена данная объемная доля.

6. Из текста диссертации неясно, учтено ли влияние объемной доли нерастворенного воздуха, присутствующего в воде, на кавитационные характеристики водометного движителя.

7. В табл. 4.4 приведены стандартные значения коэффициентов C_e и C_ϵ . Отсутствуют сведения о том, в каких численных расчетах были использованы новые откорректированные коэффициенты и о том, как новые коэффициенты повлияли на результаты моделирования.

На отдельные опечатки и технические недостатки текста диссертации соискателю было указано в устной форме. Отмеченные замечания по работе в целом не снижают ее достоинства. Работа выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической значимостью.

Общая оценка диссертационной работы

Автор находит подтверждение достоверности результатов численного моделирования путем их сравнения с результатами физического эксперимента (верификация численной модели). Таким образом, можно сделать вывод, что разработанная численная модель достаточно полно и точно описывает процессы, протекающие в водометных движителях скоростных судов.

Тема диссертационной работы Абдулина А.Я. соответствует научной специальности 05.04.13 – «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты». Автореферат диссертации и публикации соискателя в достаточной мере отражают содержание работы. В автореферате отмечен личный вклад автора в научное исследование, представлена новизна и практическая значимость результатов. Представлен список научных публикаций. В целом диссертационная работа позволяет судить о достаточной научной квалификации А.Я. Абдулина.

Диссертационная работа Абдулина А.Я. «Методика моделирования рабочего процесса водометных движителей скоростных судов» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне. Работа соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней. Научные результаты характеризуются как научно-обоснованные технические разработки,

