

## ОТЗЫВ

Официального оппонента, кандидата технических наук Модестова Виктора Сергеевича на диссертацию **Любомирова Ярослава Мстиславовича** на тему **«ИНТЕРАКТИВНЫЙ МЕТОД ГИДРОУПРУГОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ЛОПАСТНЫХ СИСТЕМ»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.17 – Теория корабля и строительная механика

### **Актуальность темы**

Диссертационная работа **Любомирова Ярослава Мстиславовича** по теме **«Интерактивный метод гидроупругого моделирования композитных лопастных систем»** на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной (научно-исследовательской) работой, в которой на основании выполненных автором исследований предложено **решение научной задачи**, связанной с разработкой интерактивного метода гидроупругого численного моделирования адаптивных композитных лопастных систем. Актуальность работы заключается в том, что существующий традиционный гидродинамический подход, применяемый при моделировании лопастных систем, имеет существенный недостаток, связанный с представлением лопастной системы как недеформируемого твердого тела. Наиболее продуктивным способом создания композитных лопастных систем, обладающих требуемыми характеристиками динамического отклика, прочности и демпфирования является применение методов математического моделирования, учитывающих сопротивление внешней среды. Указанные обстоятельства обуславливают необходимость разработки методов гидроупругого численного моделирования динамического отклика, прочности и диссипативных характеристик композитных лопастных систем. Однако, строгая формализация шагов решения сложных междисциплинарных задач не всегда может быть реализована, тогда становится актуальным интерактивный выбор направления решения.

**Цель диссертации** определена как разработка интерактивного метода математического моделирования параметров динамического отклика взаимодействующих с водно-воздушной средой деформируемых композитных лопастных систем судовых движителей, основанного на использовании различных стратегий численного решения связанных задач аэрогидроупругости.

**Степень обоснованности и достоверность** полученных результатов, научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается использованием методов и положений теории упругости, теории вязкоупругости, механики композитов, аэрогидродинамики, методов и средств вычислительной механики как основного аппарата математического моделирования. Достоверность результатов подтверждена хорошим согласованием расчетных и экспериментальных значений параметров динамического отклика (собственных частот и собственных форм колебаний, коэффициентов механических потерь, критических скоростей флаттера и дивергенции, кривых действия) исследуемых конструкций.

**Научная новизна** исследования состоит в том, что:

– разработан интерактивный метод математического моделирования параметров динамического отклика взаимодействующих с водно-воздушной средой деформируемых композитных лопастных систем судовых движителей, основанный на использовании различных стратегий численного решения связанных задач аэрогидроупругости;

– уточнен метод выбора рациональных составов и структур армирования погруженных в водную среду композитных лопастей судовых движителей, основанный на исследовании собственных частот и собственных форм их затухающих колебаний.;

– Исследовано влияние:

– структуры армирования консольной пластины и обшивки адаптивного крыла, образованных совокупностью слоев однонаправленного углепластика, на величины их собственных частот, а также критических скоростей флаттера и дивергенции;

– состава и структуры армирования неоднородных по толщине «мокрых» композитных лопастей, образованных силовыми слоями из однонаправленного углепластика и вибропоглощающим слоем «мягкого» вязкоупругого материала, на величины собственных частот и коэффициентов механических потерь, а также на спектры эффективной мощности виброскоростей, средних амплитуд виброскоростей и реакций в зоне соединения ступицы с валом судового движителя

**Теоретическая и практическая значимость** полученных автором результатов заключается в разработанном интерактивном методе

математического моделирования параметров динамического отклика взаимодействующих с водно-воздушной средой деформируемых композитных лопастных систем судовых движителей. Метод основан на численной реализации различных стратегий решения связанных задач аэрогидроупругости, что позволяет минимизировать объемы экспериментальной проверки разрабатываемых конструкций судовых движителей с адаптивными композитными лопастями. Эффективность метода иллюстрируют разработанные два элемента конструкции сборного судового движителя с адаптивными композитными лопастями, новизна которых подтверждена двумя патентами Российской Федерации.

### **Публикации**

Основные результаты и положения диссертационной работы нашли отражение в 7 научных публикациях, в т.ч. в 4 статьях, опубликованных в изданиях, включенных в Перечень изданий, определенный ВАК для публикации результатов научных исследований (из них 2 без соавторов), 1 публикация индексируется в БД SCOPUS и WoS; получены 2 патента на изобретение РФ; докладывались и получили положительную оценку на 10 научно-технических конференциях.

### **Оценка содержания диссертации и ее завершенности**

Содержание работы соответствует специальности 2.5.17 – Теория корабля и строительная механика. Выносимые на защиту положения являются обоснованными, выводы отвечают и отражают содержание диссертации, работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК и представляет собой законченное научное исследование. Диссертация написана автором **самостоятельно** с правильным использованием устоявшихся научных терминов, обладает внутренним единством, имеет ясное изложение и четкую структуру, содержит новые научные результаты и положения, выносимые на защиту. Выводы по работе отражают цель и содержание диссертации. **Личный вклад автора** диссертации в науку заключается в постановке задач исследования, планировании и организации всех этапов работы. Диссертанту принадлежат: интерактивный метод математического моделирования параметров динамического отклика взаимодействующих с водно-воздушной средой деформируемых композитных лопастных систем судовых движителей, основанный на использовании различных стратегий численного решения

связанных задач аэрогидроупругости; уточнение метода выбора рациональных составов и структур армирования погруженных в водную среду композитных лопастей судового движителя, основанного на исследовании собственных частот и собственных форм их затухающих колебаний; результаты численных исследований, обработка и обобщение экспериментальных данных лабораторных исследований.

**Автореферат диссертации** отражает основное содержание работы.

Вместе с тем **по диссертации и автореферату** можно сделать следующие **замечания:**

1. Моделирование аэрогидродинамической задачи выполняется путем решения нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (URANS), замыкаемых SST-моделью турбулентности. Тем не менее, можно ожидать, что более сложные гибридные модели RANS-LES могут обеспечить более точное решение, хотя и ценой более высоких вычислительных затрат.

2. В работе не учитывается влияние широкополосных турбулентных пульсаций давления на возбуждение динамического отклика лопастей, поэтому необходимы пояснения, что вызвало их возбуждение при выполнении гидроупругого расчета РК ВД в неоднородном турбулентном потоке.

3. Автор предлагает метод определения диссипативных характеристик лопастей и отмечает его достоверность хорошим соответствием результатов, с опубликованными результатами решения комплексной задачи на собственные значения. Необходимо подчеркнуть отличие предлагаемого метода от упомянутых опубликованных решений комплексной задачи.

4. Имеется также ряд мелких замечаний по оформлению диссертации, не влияющие на положительное восприятие ее содержания.

Отмеченные замечания имеют не принципиальный характер и не ставят под сомнение результаты работы.

### **Заключение о соответствии диссертации установленным «Положением о присуждении ученых степеней»**

Диссертация Любомирова Ярослава Мстиславовича «Интерактивный метод гидроупругого моделирования композитных лопастных систем» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему и соответствует критериям, установленным

в п.9 «Положением о присуждении ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842.

Диссертация соответствует квалификационным требованиям предъявляемым ВАК России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и ее автор **ЛЮБОМИРОВ Ярослав Мстиславович**, за разработку интерактивного метода гидроупругого моделирования композитных лопастных систем, заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.17 – Теория корабля и строительная механика.

Отзыв составил Модестов Виктор Сергеевич, кандидат технических наук по специальности 05.14.03 - Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации (технические науки).

Официальный оппонент, директор центра "Техническая диагностика и надежность АЭС и ТЭС" федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технический университет Петра Великого», кандидат технических наук \_\_\_\_\_ Виктор Сергеевич Модестов

Подпись заместителя директора центра, кандидата технических наук, Модестова Виктора Сергеевича заверяю:

Контактные данные оппонента:

Рабочий телефон: +7(812)552-77-78, e-mail: vmodestov@spbstu.ru

Адрес места работы: 195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург

тел. дирекции: 7(812)552-60-80, e-mail: office@spbstu.ru

Я, Модестов Виктор Сергеевич, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета 31.1.003.01, и на дальнейшую обработку.

