

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Лаврищевой Любови Сергеевны на тему:
«Численное моделирование обтекания объектов морской техники и разработка технологии оптимизации формы гребного винта», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05. – механика жидкости, газа и плазмы

Задачи оптимизации актуальны во всех областях человеческой деятельности. Работа диссертантки посвящена технологии оптимизации формы гребного винта. Гребные винты различной формы являются движителями многих судов, поэтому оптимизация формы такого винта актуальна для развития судостроения.

Сложный характер обтекания морских судов и подводных аппаратов приводит к неоднородности поля скоростей и появлению крупных вихревых образований. В этих условиях разработка технологии оптимизации, позволяющая упростить и автоматизировать расчеты основных гидродинамических параметров и увеличить коэффициент полезного действия (КПД), является одновременно очень важной и очень сложной задачей. В диссертации приведено решение этой задачи для широкого класса условий.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и четырех приложений.

Во Введении формулируются основные цели проведенного исследования, отмечается научная новизна ряда полученных результатов, практическая значимость и достоверность, которая обеспечена их согласованием с экспериментальными данными и проверкой независимости численных решений от используемой расчетной сетки.

Особое внимание уделяется апробации работы, публикациям по теме диссертации и личному вкладу автора в получение результатов, вошедших в диссертацию.

Во Введении формулируются положения, выносимые на защиту.

В начале работы (глава 1) кратко излагаются основные положения гидромеханики, которые составляют основу многих программных комплексов вычислительной гидродинамики. Основное внимание при этом уделяется осредненным по Рейнольдсу уравнениям Навье–Стокса и модифицированной Ментером модели турбулентности $k-\omega SST$.

Далее приводится обзор научных работ, посвященных численному моделированию обтекания исследуемых объектов, а также обзор методов оптимизации и их использования для решения задач вычислительной гидродинамики. Отмечаются достоинства применяемых методов, проблемы и сложности, возникающие при их применении.

Во 2-й главе рассмотрено численное моделирование обтекания разных типов гребных винтов:

- 1) винтов регулируемого шага (лопасти винта могут поворачиваться относительно осей, перпендикулярных оси гребного вала – модель А);

09/2-20 от 21.01.2019

- 2) винтов фиксированного шага (лопасти неподвижно закреплены на оси вращения – модель Б).

Рассмотрены ситуации, когда изолированный винт находится в однородном потоке.

В главе разработана программа, которая позволяет автоматизировать расчет обтекания всех типов гребных винтов в однородном потоке. На разработку программы получено свидетельство о государственной регистрации.

Следует отметить, что в процессе исследования обтекания рассматриваемых объектов диссертанткой выявлены пути улучшения качества расчетной сетки и снижения ее размерности.

Глава 3 диссертационной работы посвящена разработке технологии оптимизации гребных винтов в однородном потоке.

Здесь следует отметить, что одним из ключевых этапов оптимизации обтекания различных объектов является разработка параметрического представления их геометрических моделей.

В диссертации отмечается, что такая разработка была осуществлена ведущим инженером-программистом КГНЦ В. Н. Новоселовым. При этом Л. С. Лаврищева принимала участие в тестировании соответствующей программы и ее интеграции в технологическую цепочку оптимизации.

Сама диссертантка разработала технологию оптимизации гребных винтов (ранее параметризованных) в однородном потоке. В качестве целевой функции она выбрала КПД. Задача решалась при следующих ограничениях: упор на лопастях, создаваемый подъемной силой, и крутящий момент на валу движителя не должны были превосходить их исходные значения, а минимальное давление в области вращения винта не должно было уменьшаться по сравнению с его начальным значением.

В результате оптимизации удалось увеличить КПД гребных винтов для модели А в среднем на 1,3%, а для модели Б – в среднем на 3,6%.

При решении задач оптимизации проведено исследование экономии ресурсов суперкомпьютера, в результате которого обнаружена возможность отказа от использования «подробной» расчетной сетки.

Глава 4 диссертационной работы посвящена численному моделированию обтекания корпусов судов.

В главе рассмотрены проблемы численного моделирования корпуса судна на примере контейнеровоза *KCS*, форма которого максимально приближена к реальным коммерческим судам. Приведены результаты ряда задач, связанных с исследованием буксировочных и самоходных движений судна. В частности, представляют интерес исследования, определяющие влияние турбулентности на характер обтекания судна. Эти результаты были получены А. Е. Тарановым. В работе показано, что расчеты с подключением модели ламинарно-турбулентного перехода более точно отражают

характер обтекания судна, чем расчеты с учетом представления о полностью турбулентном течении.

В завершение данной главы приводится автоматизированная программа расчета обтекания гребного винта за корпусом судна на языке Java.

Следует отметить, что данная (4-я) глава несколько выпадает из общей структуры диссертации.

В принципе, 4-ю главу можно рассматривать как подготовительный этап к переходу от численного моделирования и оптимизации течений, связанных с обтеканием изолированных гребных винтов к численным исследованиям обтекания гребных винтов за корпусом судна.

Заключительная глава 5 диссертации посвящена разработке технологии оптимизации формы гребного винта при его движении за корпусом судна.

Как и в случае обтекания гребных винтов однородным потоком, задаче оптимизации их формы должно предшествовать решение задачи о создании их параметрической модели.

В данной главе параметрическая модель движителя подготавливается по программе Vintgen. При этом используются более полные данные о геометрических характеристиках гребного винта *KP505*, приводится поточечное описание гребного винта и наложение его на геометрическую модель. В этих условиях визуальное сравнение показывает более достоверное сходство модели с оригиналом.

Программный код параметрического описания модели винта *KP505* представлен в Приложении В, а на рис. 5.6 приведена его трехмерная параметрическая модель с поверхностной сеткой.

Специальный параграф посвящен применению разработанной ранее технологии оптимизации гребных винтов в однородном потоке (см. гл. 3) для более точных и сложных параметрических моделей движителей. При этом наряду с введенными ранее ограничениями добавляется еще одно геометрическое ограничение.

Результаты оптимизации формы *KP505* представлены в таблице и на рисунках.

Разработанная ранее технология оптимизации гребных винтов в однородном потоке (см. гл. 3) применяется для оптимизации гребных винтов в условиях более подробной их параметризации и учета ряда геометрических особенностей. При этом рассматривается движение гребных винтов в свободном потоке и за корпусом судна.

В результате оптимизации КПД гребного винта увеличен на 2,5%. Однако замечено, что данная модель гребного винта может быть рекомендована к установке за корпусом судна при возможности увеличить мощность двигателя не менее, чем на 4,7%.

Суммируя сказанное выше, следует признать, что в работе Л. С. Лаврищевой решен ряд задач, важных для развития судостроения. Решение соответствующих задач и осуществление исследований, о которых говорится в диссертации, указывают на высокую научную квалификацию ее автора.

Следует отметить четкое и ясное изложение материала диссертации. Работа производит хорошее впечатление.

В качестве замечаний можно указать опечатки (например, на с. 27 и 70), а также использование в некоторых случаях научного жаргона и не очень удачное построение фраз: например, на с. 70 можно прочесть «... скорость v_i в диске движителя обезразмерена на скорость набегающего потока...».

Указанные замечания не снижают высокой оценки рассматриваемой работы, что позволяет сделать следующее заключение.

Диссертация Лаврищевой Любови Сергеевны на тему: «Численное моделирование обтекания объектов морской техники и разработка технологии оптимизации формы гребного винта» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Лаврищева Любовь Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05. – механика жидкости, газа и плазмы. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета

доктор физико-математических наук, профессор,
профессор кафедры гидроаэромеханики СПбГУ

 М. А. Рыдалевская

17.01.2019.