

ОТЗЫВ

**официального оппонента доктора технических наук
Александра Владиславовича Андриюшина
на диссертационную работу Дарчиева Георгия Константиновича
по теме: «Разработка технологии проектирования гребных винтов ледовых
транспортных судов с улучшенными кавитационными характеристиками на
режимах движения в свободной воде», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.08.01 – Теория корабля и
строительная механика**

В настоящее время происходит интенсификация разработки арктических нефтегазовых и других месторождений полезных ископаемых, что обуславливает необходимость строительства современных крупнотоннажных транспортных судов высоких Арктических категорий для вывоза углеводородов (нефть, газ) и других полезных ископаемых в промышленные районы. Значительную часть времени такие ледокольные суда эксплуатируются на открытой воде. Поэтому повышение гидродинамической эффективности гребных винтов и улучшение их кавитационных характеристик при эксплуатации на чистой воде являются в настоящее время “узловыми” задачами при проектировании пропульсивных комплексов современных арктических транспортных судов. Указанные задачи взаимосвязаны, например, минимизация дискового отношения ледокольного гребного винта из условия обеспечения отсутствия опасных форм его кавитации на ходовых режимах на чистой воде является одним из основных путей повышения пропульсивной эффективности движительного комплекса и эксплуатационной эффективности судна в целом. Снижение дискового отношения на 0.1 позволяет повысить гидродинамический КПД гребного винта на 4%, в то время как при современном проектировании ведется борьба за 1% КПД (из диссертации, стр. 80). Необходимо также отметить, что снижение дискового отношения позволяет снизить уровень ледовых нагрузок на гребной винт, его прочные размеры и прочные размеры элементов пропульсивного комплекса и тем самым обеспечить его эксплуатационную надежность. Современные арктические крупнотоннажные танкера и газовозы (например, газовозы ЯмалМах типа “Кристоф де Маржери”) и их пропульсивные комплексы выходят за рамки предшествующего опыта проектирования и эксплуатации. Разработанные до настоящего времени теоретические и экспериментальные методы прогнозирования различных форм кавитации гребных винтов не в полной мере соответствуют требованиям современного проектирования, что было причиной определённых просчетов при разработке гребных винтов арктических крупнотоннажных судов (достаточно подробно

освещено в диссертации). Последнее обуславливает необходимость разработки современной технологии проектирования ледокольных гребных винтов с улучшенными кавитационными характеристиками, что, соответственно, определяет разработку новых уточненных методов их прогнозирования. Решение указанной задачи имеет важное практическое значение

С учетом изложенного диссертационная работа Дарчиева Георгия Константиновича «Разработка технологии проектирования гребных винтов ледовых транспортных судов с улучшенными кавитационными характеристиками на режимах движения в свободной воде», направленная на решение указанных задач, является актуальной, практической важной и представляет большой научный интерес.

Содержание диссертационной работы Дарчиева Г. К.

Диссертационная работа Дарчиева Г.К. состоит из введения, четырех глав и библиографического списка. Объем работы – 131 лист машинописного текста, включая библиографический список.

Введение. Во введении работы выполнено обоснование ее актуальности, сформулированы цель исследования, научная новизна, основные положения работы и ее практическая значимость.

Первая глава. В первой главе проведен обзор и выполнен анализ существующих методик проведения кавитационных испытаний моделей гребных винтов.

Автором диссертационной работы выполнен подробный обзор современных отечественных и зарубежных методик проведения модельных кавитационных испытаний гребных винтов. Совместно с особенностями возникновения кавитации на гребных винтах за корпусом судна выделены и проанализированы основные методологические проблемы, возникающие при проведении кавитационных испытаний и прогнозе их результатов на натурный масштаб. Автор обоснованно указывает, что обеспечение “турбулизации” пограничного слоя (ПС) при модельном обтекании поверхности лопасти гребного винта, “чтобы максимально приблизить его к полностью турбулентному натурному обтеканию” (см. диссертацию, стр. 20), является ключевой задачей при проведении модельных кавитационных испытаний гребных винтов. Нанесение шероховатости на поверхность модели гребного винта является одним из перспективных направлений решения указанной проблемы. С этой целью под руководством и с участием автора выполнены уникальные сравнительные модельные и натурные испытания ледокольного гребного винта и анализ их результатов. Модельные кавитационные испытания выполнены в средней Кав. трубе КГНЦ для гребного винта с “гладкой” поверхностью и с различными

видами турбулизаторов в виде шероховатости. Получен главный вывод: наиболее приближенными к натурным данным являются результаты, полученные для гребного винта с применением полоски шероховатости у входящей кромки. Указанный вывод определил основное направление по формированию уточненной методики проведения модельных кав. испытаний гребных винтов.

Вторая глава. Во второй главе выполнен анализ физических аспектов формирования потока на лопастях гребных винтов и технологии применения шероховатости. Хорошо известно, что в модельном эксперименте не удастся полностью выполнить критерий подобия по числу Re (Рейнольдса) для гладких моделей гребных винтов. Последнее определяет необходимость корректировки модельных гидродинамических характеристик с модельного масштаба на натуральный. С этой целью могут быть использованы метод ИТТС и другие известные методики (например, метод В.Г. Мишкевича). Однако корректное прогнозирование кавитационных исследований в модельном эксперименте требует прямого выполнения критерия Re , то есть турбулизации ПС. С этой целью могут быть использованы различные турбулизаторы. Автор диссертации подробно проанализировал различные экспериментальные методики, применяемые за рубежом, для решения указанной задачи. Результаты анализа были уточнены в рамках выполненных экспериментальных исследований по изучению особенностей обтекания различных профилей (ледовый профиль ИК82 и гидродинамический профиль NACA66-mod) с гладкой поверхностью и с искусственной шероховатостью (в зависимости от числа Re). Выявлены закономерности обтекания гладких и шероховатых профилей различных типов, которые выявили причину возникновения кавитации на средних ледокольных гребных винтах крупнотоннажных танкеров ледового плавания на ходовых режимах. Последнее имеет большое практическое значение. Результаты исследований в данной главе положены в основу разработки методики по проведению модельных испытаний с искусственной шероховатостью для прогнозирования кавитации, см. главу 3.

Третья глава диссертации “Экспериментальное исследование влияния искусственной шероховатости на гидродинамические и кавитационные характеристики гребных винтов”. В указанной главе представлены результаты кавитационных испытаний моделей ледокольного гребного винта и гребного винта транспортного судна для чистой воды с различными шероховатостями. На базе указанных исследований и исследований в предыдущих главах разработана методика проведения кавитационных испытаний моделей гребных винтов с искусственной шероховатостью. Рекомендованная высота

шероховатости составляет 30 мкм на полоске 2.5% от длины хорды (см. диссертацию, глава 3, параграф 3.3). В дополнение к стандартным модельным испытаниям гребных винтов с гладкой поверхностью разработанная методика может быть рекомендована для прогнозирования различных форм кавитации.

Рекомендации по нанесению шероховатости на лопасть модели гребного винта с целью турбулизации ПС и корректного прогнозирования кавитации имеют важное практическое значение и могут быть использованы для отработки гребных винтов современных крупнотажных ледокольных танкеров с целью предотвращения кавитации.

Четвертая глава. “Разработка методики проектирования гребных винтов с улучшенными характеристиками по развитой кавитации на ходовых режимах”. В четвертой главе диссертации содержатся результаты разработки проектирования гребных винтов с улучшенными характеристиками по развитой кавитации на ходовых режимах. Методика является логичным продолжением работ К.В. Александрова, в которых предложено снижение кавитации за счет оптимизации формы профиля в районе входящей кромки (в районе “носика”), то есть направление “носика” профиля должно максимально соответствовать направлению потока в наиболее опасных зонах потока за корпусом судна (например, лопасть среднего гребного винта в крайнем верхнем положении), см. диссертацию, стр. 84–85. Автор диссертации с помощью методов CFD вывел указанный подход на новый современный уровень и довел до практической реализации применительно к определённым судам (к определённым обводам, скорости судна, осадке, полю скоростей в диске гребного винта). Методика позволяет выполнить оптимизацию профиля на каждом радиусе лопасти с последующей проверкой по результатам кавитационных испытаний моделей гребных винтов с искусственной шероховатостью (см. главы 2 и 3). Эффективность разработанной методики подтверждена экспериментальными исследованиями. Разработанная методика является новой технологией проектирования гребных винтов с улучшенными кавитационными характеристиками по развитой кавитации на режимах движения в свободной воде.

Заключение. Заключение работы содержит результаты выполненных исследований и полученные выводы.

Диссертационная работа Дарчиева Георгия Константиновича «Разработка технологии проектирования гребных винтов ледовых транспортных судов с улучшенными кавитационными характеристиками на режимах движения в свободной воде» является целостной, завершённой работой. Цели, поставленные автором, выполнены.

Диссертационная работа имеет “прорывной” характер, разработанные автором экспериментальные и теоретические методики (технологии) имеют важное практическое значение и позволяют решать крупную техническую проблему – предотвращение кавитации на гребных винтах крупнотоннажных ледокольных танкерах (газовозах) и тем самым повысить их гидродинамическую эффективность при проектировании.

Основные экспериментальные и теоретические результаты, полученные в рамках диссертационной работы, являются новыми (диссертация, стр. 8 и автореферат, стр. 6) и соответствуют современному уровню отечественных и зарубежных исследований в соответствующих областях.

Необходимо отметить строгое логическое построение диссертационной работы, включая постановку и цель работы, а также взаимосвязь различных частей экспериментальных и теоретических исследований.

Работа написана доступным техническим и литературно грамотным языком, приведены ссылки на работы как российских, так и зарубежных специалистов.

Необходимо отметить высокий профессиональный уровень Дарчиева Георгия Контантиновича в области экспериментальной и расчетной (вычислительной) гидродинамики пропульсивных комплексов и судна.

Результаты работы прошли апробацию путем издания 5 научно-технических публикаций, 3 из которых входят в издания из перечня ВАК (труды Крыловского Государственного Научного Центра), одна публикация, входящая в базу Web of Science, одна публикация в материалах международной конференции.

Работа и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ВАК. Автореферат отражает основное содержание работы. Диссертация написана автором самостоятельно, она обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты.

Результаты, выносимые на защиту, являются новыми, практически важными и представляют научный интерес, см. диссертацию, “Научная новизна”, стр. 8 и автореферат, стр. 6.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания.

– В диссертационной работе в качестве ледокольного профиля принят профиль семейства ИК82 с тупой входящей кромкой (толщина профиля на расстоянии 5% ширины лопасти от входящей кромки составляет 73% максимальной толщины на заданном радиусе), разработанный в КГНЦ специально для ледовых гребных винтов, см. диссертацию, глава 2, раздел 2.4. В настоящее время для снижения уровня ледовых нагрузок и улучшения гидродинамических и кавитационных характеристик ледокольных

гребных винтов активно используются острые ледокольные профили со сброшенной кривизной в районе входящей кромки, толщина кромок практически соответствует профилю НАСА 66-mod (толщина входящей кромки острого ледокольного профиля на расстоянии 5% ширины лопасти от входящей кромки составляет около 50% максимальной толщины). Соответствующий профиль был предложен КГНЦ и установлен на гребном винте атомного ледокола «Россия». Эффективность указанного профиля в части снижения ледовых нагрузок в сравнении с тупыми профилями типа ИК82 подтверждена натурными испытаниями. Учитывая изложенное, целесообразно в дальнейшем выполнять проектирование ледокольных профилей (модернизацию кривизны входящей кромки под заданную неравномерность потока) на базе острого ледокольного профиля с уменьшенной толщиной входящей кромки, что даст дополнительный эффект по улучшению кавитационных и гидродинамических характеристик.

– В главе 4, параграф 4.1 указывается, что “одним из традиционных методов борьбы с кавитацией на засасывающей стороне лопасти является увеличение дискового отношения, что приводит к снижению удельной гидродинамической нагрузки на лопасти. Кроме того, увеличение длины хорды лопасти позволяет при сохранении прочности уменьшить относительную толщину за счет сохранения соотношения e^2/C , e – максимальная толщина профиля, C – длина хорды профиля”. Необходимо указать, что данный вывод основан на действующих Правилах РС (часть XII, глава 6). По действующим Правилам РС прочные размеры лопасти задаются на основе балочной теории от воздействия только изгибающего момента (действующие Правила РС разработаны практически 50 лет тому назад), что не соответствует реальному напряженно-деформированному состоянию лопасти от ледовой кромочной нагрузки, которая дополнительно формирует скручивающий лопасть момент. Последнее учитывается требованиями IACS, которые включены в действующие Правила РС, часть XXVII. Увеличение дискового отношения при действии кромочной ледовой нагрузки приводит к увеличению максимальной толщины на периферийных радиусах.

Указанные замечания не снижают оценку диссертационной работы, ее практическую значимость, новизну и могут рассматриваться в качестве рекомендаций для выполнения дальнейших исследований.

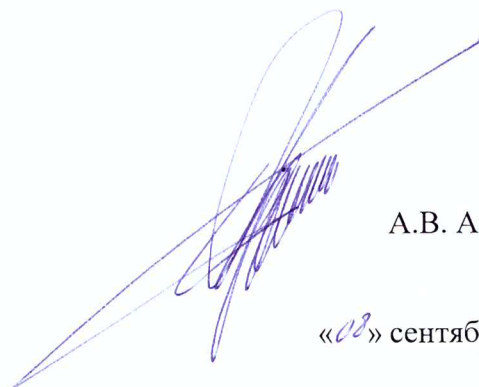
Считаю, что диссертационная работа Дарчиева Георгия Константиновича по теме «Разработка технологии проектирования гребных винтов ледовых транспортных судов с улучшенными кавитационными характеристиками на режимах движения в свободной воде» является законченной научно-квалификационной работой, а также полностью соответствует требованиям ВАК, которые предъявляются к кандидатским

диссертациям в соответствии с «Положением о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 «О порядке присуждения ученых степеней»).

Автор диссертации Дарчиев Георгий Константинович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.08.01 – Теория корабля и строительная механика.

Отзыв составлен на 7 листах.

Отзыв составил официальный оппонент, заведующий лабораторией “Пропульсивные комплексы судов” (44), Акционерное Общество «Центральный Орден Трудового Красного Знамени научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота” (АО «ЦНИИМФ»), Доктор технических наук



А.В. Андриюшин

«08» сентября 2021 г.

ул. Кавалергардская, д. 6, лит. А, г. Санкт-Петербург, 191015, Россия.

Email: cniimf@cniimf.ru, propulsionlab@cniimf.ru, AndryushinAV@cniimf.ru

Раб. тел +7 (812) 271 81 05, моб. тел. +7 921 918 69 89

