

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Дарчиева Георгия Константиновича

на тему: «Разработка технологии проектирования гребных винтов ледовых транспортных судов с улучшенными кавитационными характеристиками на режимах движения в свободной воде»,

по специальности 05.08.01– Теория корабля и строительная механика

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Актуальность темы. Государственные планы освоения природных богатств Арктики и более интенсивного использования Северного морского пути обусловили необходимость создания современной морской техники, приспособленной к эксплуатации в ледовых условиях. На суда ледового плавания в соответствии с требованиями классификационных обществ (в том числе и Морского регистра судоходства) устанавливаются гребные винты повышенной прочности, то есть с изменённой геометрией по отношению к обычным оптимальным гребным винтам. Таким образом, у судов ледового плавания при удовлетворении требований к гребным винтам по прочности утрачиваются их наилучшие характеристики по гидродинамической эффективности и кавитации. Кавитация – вредное явление, приводящее к повышенной вибрации движительного комплекса, эрозии лопастей и повышенному уровню подводного шума. Отдаление момента возникновения кавитации на лопастях гребных винтов и снижение интенсивности кавитации (её начальных форм), является важной задачей, решение которой приведёт к улучшению эксплуатационных характеристик судов ледового плавания.

В настоящее время международное морское сообщество уделяет большое внимание вопросам защиты морской среды. Повышенный уровень подводного шума от морского транспорта оказывает отрицательное воздействие на обитателей морской среды. С целью защиты биосферы морей и океанов Международная морская организация (International Maritime Organization, IMO) выпустила документ “Руководство по снижению подводного шума коммерческих судов для решения задачи о неблагоприятных воздействиях на морскую жизнь” (Guideline for the reduction of underwater noise from commercial shipping to address adverse impacts on marine life. MEPC 66/17, 2013.) Руководство является добровольным, однако учитывая практику IMO введения обязательных требований, появление этого документа говорит о серьёзных намерениях морского сообщества поставить под контроль шумность коммерческих судов, включая суда ледового плавания. Классификационные общества следуют, как правило, за указаниями IMO. Норвежское классифи-

кационное общество DNV первым включило в свои правила нормирование подводного шума. Появились суда экологического класса DNV.

Выполненная работа является актуальной, так как направлена на решение технической проблемы современного судостроения, а именно: улучшение кавитационных характеристик (отдаление момента возникновения кавитации на лопастях гребных винтов и снижение интенсивности кавитации) транспортных судов ледового плавания. Успешное решение этой проблемы позволит существенно улучшить эксплуатационные характеристики судов, а также удовлетворить требования классификационных обществ для судов экологического класса, как по существующим правилам, так и по будущим.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена:

- тщательным сравнительным анализом известных исследований кавитационных явлений на лопастях гребных винтов с искусственной шероховатостью и выполненных в диссертационной работе;
- использованием в проектировочных и поверочных расчётах гребных винтов верифицированных и опробованных программ (STAR-CCV+, InpGeom, Siemens FEMAR, SPA2000);
- результатами многочисленных модельных испытаний гребных винтов на гидродинамических установках Крыловского государственного научного центра, выполненными по признанным и апробированным методикам.

Результаты диссертационной работы представлены и прошли обсуждение на международной конференции “The Fifth International Symposium on Marine Propulsors” (SMP 17).

Новизна научных и практическая значимость исследований. Научной новизной обладают следующие результаты диссертационной работы Г.К. Дарчиева:

- Оценка влияния искусственной шероховатости входящей кромки при модельных испытаниях ледовых профилей и гребных винтов на кавитацию;
- Метод проектирования профилей цилиндрических сечений лопастей с учётом режимов работы гребного винта в неоднородном поле скоростей;
- Технология проектирования ледовых гребных винтов транспортных судов с не единой профилировкой с улучшенными кавитационными характеристиками на режимах движения в свободной воде.

Предложенный научный подход к исследованию кавитационных явлений на лопастях гребных винтов, разработанные метод проектирования профилей сечений лопастей гребных винтов и технология проектирования гребных винтов позволяют проектировать гребные винты транспортных судов ледо-

вого плавания с улучшенными кавитационными характеристиками (по начальным формам кавитации) и выполнять в рамках модельного эксперимента их прогнозирование и контроль. Применение результатов работы на практике позволит оснастить отечественные суда ледового плавания гребными винтами с улучшенными эксплуатационными характеристиками, а именно: снизится виброактивность движительного комплекса, уменьшатся эрозийные разрушения лопастей гребных винтов, улучшатся характеристики подводного шума. При этом гидродинамическая эффективность гребных винтов сохранится.

Краткая характеристика основного содержания диссертации. Диссертация Г.К. Дарчиева состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы, включающего 94 наименования.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель исследования, перечислены задачи, стоявшие перед диссертантом; описана степень разработанности темы, указаны методология и методы исследования, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе автором выполнен анализ методик кавитационных испытаний, применяемых в различных гидродинамических лабораториях, приведены данные испытаний ледового гребного винта на различных установках, выполнено сравнение с картиной кавитации в натурных условиях. Сделан вывод о необходимости корректировки отечественной методики включением в неё испытаний моделей гребных винтов с искусственной шероховатостью, что позволит с большей достоверностью прогнозировать размеры очагов кавитации в натурных условиях.

Вторая глава посвящена анализу опубликованных материалов об искусственной турбулизации потока на лопастях моделей гребных винтов как метода снижения масштабного эффекта. Представлены результаты обширного эксперимента по визуализации обтекания традиционных профилей (типа НАСА 66-mod) и ледовых профилей (ИК82) с шероховатостью вблизи носика профиля и без неё, выполненного автором в гидродинамической трубе с вертикальным рабочим участком. Было установлено, что кавитационная картина от применения искусственной шероховатости входящей кромки существенно зависит от геометрии профиля и угла атаки. Эксперимент позволил объяснить зафиксированные картины кавитации на лопастях исследованного гребного винта в различных гидродинамических лабораториях.

В третьей главе представлены результаты испытаний моделей гребных винтов с шероховатостью входящей кромки. Были испытаны модель гребного винта транспортного судна с ледовыми профилями (с симметричным контуром лопасти) и модель гребного винта транспортного судна с профиля-

ми сечений лопастей NACA 66-mod (с саблевидным контуром лопасти). Испытания показали, что шероховатость 30 мкм является универсальной и может быть рекомендована для кавитационных испытаний в процессе проектирования гребных винтов. Форма каверны для модели гребного винта с ледовыми профилями оказалась близкой к наблюдаемой форме каверны при натурных испытаниях.

В четвёртой главе представлена разработанная технология проектирования гребных винтов с улучшенными кавитационными характеристиками на ходовых режимах, включающая метод проектирования (оптимизации) профилей гребных винтов. Метод построен с использованием подхода К.В. Александрова и его учеников по оптимизации формы профиля путём изменения его локальной кривизны в районе входящей кромки. Технология проектирования предусматривает следующие этапы:

1. Проектирование гребного винта по классической схеме.
2. Определение углов атаки и скоростей набегающего потока на профили лопастей гребного винта по данным поля скоростей с использованием программы SPA2000, разработанной А.Ш. Ачкинадзе и В.И. Красильниковым.
3. Корректирование профилей гребного винта по методу, предусматривающему их оптимизацию относительно поля скоростей, с использованием RANS методов и включающее корректировку кривизны в носике профилей, сглаживание распределения кривизны вдоль профиля, согласование кривизны между всеми радиусами гребного винта, контрольные расчёты обтекания профилей.
4. Квазиакустические испытания гребного винта как чистого, так и с шероховатостью.
5. Прогнозирование картины кавитации.
6. Дополнительная корректировка геометрии лопасти (при необходимости).

На примере гидродинамических и кавитационных испытаний модели спроектированного гребного винта по предложенной технологии показаны его преимущества перед исходной моделью.

Замечания по диссертационной работе. В диссертационной работе не представлены проектные данные по типовому судну, которому соответствуют исследуемые гребные винты, что снижает наглядность полученных результатов.

Сравнение улучшенных конструкций гребных винтов и исходных в исследовании ограничено сравнением чисел кавитации, которые соответствуют

моменту возникновения кавитации на лопастях, а также расчётами пульсаций давлений на корпусе судна. В работе нет сравнительных расчётов докавитационных скоростей движения и оценки уровней подводного шума типового проекта судна со штатным гребным винтом и гребным винтом, спроектированным по разработанной методике, что не даёт возможности более наглядного сопоставления реальных эксплуатационных характеристик судна и расчётных эксплуатационных характеристик судна после его оснащения гребным винтом улучшенной геометрии.

Отмеченные недостатки не влияют на основные выводы диссертационной работы и не меняют её положительной оценки.

Общее заключение. Результаты диссертационной работы опубликованы в 4 научных статьях в рецензируемых изданиях и представлены на одной международной конференции.

Уровень решённых задач соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Содержание диссертации соответствует специальности 05.08.01– Теория корабля и строительная механика.

Диссертация Дарчиева Георгия Константиновича «Разработка технологии проектирования гребных винтов ледовых транспортных судов с улучшенными кавитационными характеристиками на режимах движения в свободной воде» является завершённой научно-квалификационной работой и содержит решение актуальной и важной задачи для судостроения и судоходства, заключающейся в повышении эксплуатационных характеристик судов ледового плавания, и даёт новый научный инструмент для исследования кавитационных явлений в гидродинамических лабораториях. Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Г.К. Дарчиев, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,

инженер АО «НПП «Морская техника»,
к.т.н.

Подпись Тогунца Анатолия Радиславовича заверяю
Зам. генерального директора АО «НПП
«Морская техника»



А.Р. Тогуняц

С.Л. Анчиков

«10» июня 2021 г.