

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе СПбГМТУ,
доктор технических наук

Дмитрий Владимирович Никущенко



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический
Университет» на диссертацию **Лысенко Александра Петровича**
**«Методы численного моделирования статических и динамических
характеристик композитных упругих муфт»**,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.5.17 – «Теория корабля и строительная механика»

Актуальность темы исследования

Актуальность предложенной темы диссертационной работы Лысенко Александра Петровича связана с повышением надежности пропульсивных комплексов, подверженных динамическим нагрузкам, которые являются причиной усталостных повреждений, увеличения шума и т.д. Одним из эффективных средств снижения динамических воздействий в последнее время является использование виброизоляторов в виде упругих муфт. В таких муфтах помимо прочностных и жесткостных характеристик, важно обеспечивать высокие диссипативные свойства. В качестве перспективных материалов с возможностью управления его характеристиками принимаются полимерные композиты.

К особенностям упругих муфт из композитов относится слоистая структура, образованная из материалов, обладающих анизотропией физико-механических свойств. Традиционный подход проектирования основан на серии испытаний образцов материалов и конструкции, что зачастую затратно и охватывает узкий диапазон варьируемых параметров. Более продуктивно применение методов математического моделирования, что позволяет выполнять численные эксперименты, основная задача которых заключается в выяснении физической сущности процессов, протекающих как в материалах, так и в изготовленных из них конструкциях в предполагаемых условиях эксплуатации.

Цель диссертации заключается в разработке методов численного моделирования диссипативно-жесткостных характеристик и прочности композитных упругих муфт и исследовании процессов, происходящих в этих муфтах в предполагаемых условиях эксплуатации.

Анализ содержания диссертации позволяет утверждать, что представленное теоретическое исследование актуально в настоящее время и является научно-квалификационной работой, направленной на решение научно-технической задачи оценки эффективных прочностных свойств симметричных слоистых композитных структур при изгибе/кручении, а также упругих и диссипативных характеристик, прочности композитной упругой муфты.

Соответствие диссертации паспорту специальности

Объектом исследования являются конструктивные решения для снижения динамических воздействий на пропульсивные комплексы в виде упругих муфт из полимерных композитов. Результаты, полученные в работе, также могут быть применены при проектировании иных объектов океанотехники из полимерных композиционных материалов.

Предметом исследований являются модели прогнозирования эффективных прочностных, жесткостных и диссипативных характеристик слоистых композитных структур, определяемых при различных условиях нагружения.

Область и предмет исследования диссертации соответствует паспорту специальности 2.5.17 – «Теория корабля и строительная механика».

Научная новизна результатов исследований

Научная новизна, выполненных автором диссертационных исследований состоит в:

1. Разработке математической модели прогнозирования эффективных прочностных характеристик симметричных слоистых композитных структур при изгибе/кручении.

2. Разработке новых методов численного моделирования диссипативно-жесткостных характеристик и прочности композитной упругой муфты, нестационарных колебаний композитной упругой муфты.

3. Проведении исследований влияния последовательности укладки слоев материалов на величины эффективных свойств слоистых композитов, определяемых при различных условиях нагружения, влияния температуры среды эксплуатации и погрешностей изготовления на значения собственных частот и коэффициентов механических потерь композитной упругой муфты.

4. Определении статических жесткостных характеристик, предельного состояния, диссипативных характеристик при нестационарных колебаниях композитной упругой муфты, позволившие оценить влияние рабочих процессов на напряженно-деформированное состояние и значение коэффициента механических потерь.

Степень достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Выполненные автором исследования основываются на доказанных закономерностях фундаментальных и прикладных наук, с соблюдением всех установленных допущений и ограничений. Математические выкладки выполнены корректно. Достоверность результатов подтверждена хорошим согласованием расчетных и экспериментальных значений статических нагрузочных характеристик, статических жесткостей, собственных частот и коэффициентов механических потерь, а также предельного крутящего момента опытных конструкций сборной композитной упругой муфты.

Работа представляет собой законченное теоретическое исследование, позволяет получить представление об особенностях моделирования диссипативно-жесткостных характеристик и прочности композитных упругих муфт и исследовании процессов, происходящих в этих муфтах при различных условиях статического и динамического нагружения.

Практическая ценность выполненной работы

Практическая ценность работы заключается в разработке и реализации методов моделирования упруго-диссипативных характеристик и прочности, позволяющих минимизировать объемы экспериментальной проверки вновь разрабатываемых конструкций композитных упругих муфт с повышенным уровнем диссипативных характеристик. На основе предлагаемых методов, разработаны две конструкции композитных упругих муфт, новизна которых подтверждена двумя патентами РФ.

Структура и объем диссертации, оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения, изложенных на 134 страницах машинописного текста, включая 65 рисунков, 6 таблиц, 2 страницы оглавления и список литературы из 141 источников.

Во введении сформулированы актуальность темы, цели и задачи работы, ее научная новизна и практическая значимость, сведения об апробации результатов исследований и публикаций соискателя по теме исследований.

В первой главе проанализированы существующие методы математического моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС), предельного состояния и диссипативных характеристик композитных конструкций. Отмечается, что определение НДС большинства композитных конструкций основаны на теории анизотропных пластин или теории упругости анизотропного тела. Рассмотрены особенности моделирования разрушения композитных конструкций и использование критериев прочности. Показано, что демпфирование в композитных конструкциях необходимо рассматривать как один из основных параметров проектирования, отмечены предложения по способам повышения диссипации энергии полимерных композитов.

Во второй главе представлен новый метод вычисления эффективных упругих и диссипативных характеристик симметричных слоистых композитов при изгибе и кручении. Рассмотрены две схемы прогнозирования отклика слоистых композитов на внешнее воздействие. Описывается метод нахождения эффективных пределов прочности слоистого композита при растяжении/сжатии и сдвиге в плоскости армирования. Приведены результаты сравнительного исследования влияния ориентации слоев на эффективные упругие, диссипативные и прочностные характеристики уравновешенного и квазиизотропного в плоскости армирования симметричных слоистых композитов, определенных при различных условиях нагружения.

В третьей главе разработан алгоритм численного моделирования статических жесткостных характеристик композитных упругих муфт. Он основывается на использовании метода конечных элементов для получения нелинейных внутренних усилий, возникающих в муфте, при ее дискретном силовом и кинематическом нагружении. После этого вычисляются линеаризованные жесткостные характеристики, строятся аппроксимирующие зависимости. Выполнены численные исследования влияния комбинированного нагружения на прочность композитной упругой муфты, позволившие оценить влияние уровней осевых и радиальных усилий, а также изгибающего момента на величину предельного крутящего момента. Выполнено сопоставление численного моделирования с экспериментальными данными, продемонстрировавшее их хорошее согласование.

В четвертой главе описан разработанный приближенный комбинированный метод определения коэффициентов механических потерь композитных структур, образованных несущими слоями из конструкционных композитов и слоями вязкоупругих полимеров, состоящий в поэтапном определении коэффициентов механических потерь составляющих элементов и системы в целом. Отмечается необходимость учета гироскопических моментов и неконсервативных позиционных сил при моделировании динамики вращающихся композитных упругих муфт, однако для более информативной оценки влияния демпфирования на величины резонансных амплитуд перемещений, деформаций и напряжений необходимо выполнять анализ вынужденных колебаний, особенно для конструкций упругих муфт с высоким уровнем демпфирования. Установлены диапазоны изменения значений собственных частот и соответствующих им коэффициентов механических потерь, вызванных влиянием эксплуатационных и технологических факторов. Выполнено сопоставление результатов, полученных автором, с экспериментальными данными из открытых источников.

В заключение обобщены результаты проведенных исследований, представлены наиболее значимые из них.

Диссертационная работа написана технически грамотно, материал излагается достаточно ясно.

Диссертационная работа является завершенной научной работой, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний. Соискателем на основании теоретических исследований и практической разработки математических моделей получены результаты, которые могут быть использованы в научно-исследовательских и проектных организациях судостроительной промышленности для оценки эффективных физико-механических свойств и анализа предельных состояний конструкций из полимерных композитов.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации, включает сокращенное изложение всех глав и, в полном объеме, - основные результаты исследований. Также в автореферате приведен перечень публикаций автора.

Публикации

Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 10 научных статьях, 8 из которых в изданиях, включенных в Перечень, определенный ВАК для публикаций результатов научных исследований, и 2 патентах на изобретение РФ.

Опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе и автореферату можно сделать следующие замечания:

1. В работе исследован только один конструктивный вариант упругой композитной муфты, что снижает объективность проведенного анализа чувствительности предлагаемого метода определения жесткостных характеристик.
2. Автором использован только один критерий прочности Цая-Бу, что обоснованно ссылкой на международный исследовательский проект «World Wide Failure Exercise». При выполнении верификации целесообразно рассмотреть и другие критерии с указанием критических зон, в которых наступает предельное состояние.
3. При расчете статических жесткостных характеристик неясно, как получены интегральные характеристики несущих слоев: средствами программного комплекса или на основе моделей, предлагаемых автором в главе 2 диссертации.
4. В разработанной процедуре численного моделирования статических жесткостных характеристик и прочности композитных упругих муфт используется метод конечных элементов, при этом отсутствует достаточное обоснование параметров расчетной модели, в том числе типа и размера конечных элементов, модели материала, учета начальной кривизны изделия и других геометрических несовершенств.

Заключение

Отмеченные замечания не ставят под сомнение результаты работы и не снижают общей положительной оценки работы.

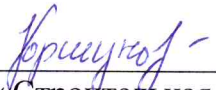
Анализ представленных соискателем материалов, содержание диссертации, автореферата и опубликованных трудов, позволяют сделать вывод о том, что диссертационная работа Лысенко Александра Петровича на тему «Методы численного моделирования статических и динамических характеристик композитных упругих муфт» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение научной задачи по разработке методов численного моделирования диссипативно-жесткостных характеристик и прочности композитных упругих муфт и исследовании процессов, происходящих в этих муфтах в предполагаемых условиях эксплуатации, имеющей значение для развития методов строительной механики корабля в области проектирования конструкций из полимерных композитов.

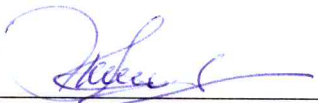
Диссертация соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, ред. от 01.10.2018), а ее автор Лысенко Александр Петрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.17 – «Теория корабля и строительная механика».

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Строительная механика корабля» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский Государственный Морской Технический Университет», протокол № 06/2022-2023 от «24» января 2023г.

Отзыв подготовили:

Д.т.н., профессор  Александр Александрович Родионов
заведующий кафедрой «Строительная механика корабля» СПбГМТУ

К.т.н.  Владимир Александрович Коршунов
доцент кафедры «Строительная механика корабля» СПбГМТУ

К.т.н.  Дмитрий Александрович Пономарев
доцент кафедры «Строительная механика корабля» СПбГМТУ

190121, г. Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д.3, тел. (812) 494-09-40,
e-mail: ksmk@corp.smtu.ru