

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук

Шишулина Дениса Николаевича

на диссертационную работу **Петрова Алексея Анатольевича**

по теме **«Разработка методов расчета предельной и усталостной прочности стальных конструкций морской техники, эксплуатируемой при низких температурах»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.08.01 – Теория корабля и строительная механика.

Актуальность темы

Диссертационная работа **Петрова Алексея Анатольевича** по теме **«Разработка методов расчета предельной и усталостной прочности стальных конструкций морской техники, эксплуатируемой при низких температурах»**, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.08.01 – «Теория корабля и строительная механика является научно-квалификационной (научно-исследовательской) работой, в которой содержится решение задачи научно обоснованного прикладного способа расчета статической и усталостной прочности конструктивных элементов морской техники в условиях низких температур с использованием критериального подхода, заключающемся в применении интегральных критериев разрушения при статическом и усталостном нагружении. Актуальность работы заключается в том, что существующая нормативная база, регламентирующая вопросы расчетной оценки прочности конструкций в различных отраслях промышленности не всегда может обеспечить современные требования по снижению металлоемкости конструкций и решение вопроса достоверного определения ресурсных характеристик конструктивных элементов ответственных инженерных объектов, так как используемые подходы, в основном, обладают излишним консерватизмом, который, при определенных эксплуатационных

условиях, не перекрывает отсутствие учета сложных эффектов при упругопластическом деформировании и нелинейности при накоплении повреждений. В связи с этим остро стоит вопрос о переработке существующей нормативной базы, с учетом новых достижений в области механики и численных методов, чем и объясняется актуальность данной темы диссертации.

Цель диссертации определена как разработка методов прямого расчета низкотемпературной предельной и усталостной прочности конструкций морской техники, основанных на критериях прочности, обеспечивающие достоверность расчетов при эксплуатационных нагружениях в условиях низких температур.

Достоверность и обоснованность полученных результатов, научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации обеспечивается корректным применением математических методов, которые подтверждены проводимым в работе сравнением численных результатов, полученных на базе разрабатываемых критериев, с экспериментальными данными и численным моделированием методом конечных элементов (МКЭ); применением апробированного математического аппарата теории упругости, механики сплошных сред и существующую нормативную базу; непротиворечивостью теоретико-методических позиций.

Научная новизна и основные результаты работы заключаются в следующих положениях:

- разработке и использовании модифицированных критериев прочности при статическом и усталостном нагружении с учетом низких температур эксплуатации и влияния объемности напряженно-деформированного состояния (НДС);

- практической реализации численной методики расчета типа разрушения (вязкое или хрупкое) в опасной точке конструктивного элемента в зависимости от вида НДС и температуры эксплуатации;

– модифицировании и использовании существующих критериев усталостной прочности для учета влияния пониженной температуры на ресурсные характеристики конструкционных материалов и объемности НДС.

Ценность полученных результатов для науки и практики обеспечивается:

– повышением достоверности прогнозирования эксплуатационного ресурса конструктивных элементов морской техники;

– апробацией достоверных критериальных подходов для расчета статической и циклической прочности с учетом эксплуатационных факторов (объемность НДС и влияние низких температур на свойства конструкционных материалов) позволяющих снизить металлоемкость конструкций на стадии проектирования;

– проведение достоверных расчетов на статическую и усталостную прочность при оценке возможности продления ресурса конструктивных элементов морской техники.

Публикации

Основные научные результаты диссертации опубликованы автором в 11 научных работах, из которых в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ, опубликовано 7 работ. Имеет свидетельства о государственной регистрации объектов интеллектуальной собственности: программы для ЭВМ, выполняющая автоматизированный расчет прочности корпуса судна и базы данных.

Оценка содержания диссертации и её завершенности

Содержание работы соответствует специальности 05.08.01 – Теория корабля и строительная механика. Диссертация написана автором **самостоятельно**, с правильным использованием научно-технических терминов, обладает внутренним единством рассматриваемых вопросов, имеет ясное изложение и четкую структуру, выносимые на защиту положения являются обоснованными, выводы по работе отражают цель и

содержание диссертации, работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК и представляет собой законченное научное исследование. **Личный вклад автора** диссертации в науку состоит в разработке и модификации критериев статической и циклической прочности и возможности дальнейшего практического применения основных полученных результатов в практическую деятельность проектных организаций морской техники.

Название (тема) и цель, задачи, круг рассматриваемых в диссертации смежных вопросов полностью соответствуют паспорту специальности и являются актуальными.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, полностью отражает все новое, ценное и полезное, что получено в диссертации.

Краткая характеристика работы

Во введении приводится описание проблем нормативно-методического подхода расчетной оценки прочности морской техники, сформулированы цель и задачи работы, изложены основные результаты и положения выносимые на защиту.

В первой главе рассматривается обзор конструктивно-технологических особенностей добывающих платформ, ледоколов, судов ледового плавания, характеристики используемых конструкционных материалов, литературный обзор по нормативно-методическим подходам расчета статической и усталостной прочности при пониженных температурах. В заключении первой главы приводится обзор существующих требований к контролю технического состояния объектов морской техники.

Во второй главе приводятся научно-теоретические изыскания по разработке и обоснованию критериев статической прочности сварных соединений в рамках решения задачи трещиностойкости с учетом снижения пластичности материала.

Третья глава посвящена практической реализации использования разработанных критериев статической прочности при решении задачи секции форштевня арктического судна. Результаты практической реализации заключаются в следующем:

- предлагаемый подход к расчетам прочности конструкций позволяет отказаться от жесткой регламентации минимально допустимого параметра раскрытия трещины в сварном соединении;

- выстроен алгоритм использования разработанных критериев при расчетах на статическую прочность.

В четвертой главе описано обоснование модификации метода расчета усталостной прочности стальных конструкций при пониженных температурах на базе зависимостей Коффина-Менсона и Басквина-Коффина-Менсона. Отмечено, что ресурсные характеристики рассматриваемых сталей при малоцикловом нагружении в условиях пониженных температур ниже, а при многоцикловом выше чем при нормальных и повышенных температурах, что необходимо учитывать при расчетах на усталостную прочность.

В заключении сформулированы основные полученные результаты диссертационной работы.

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

1. В представленных критериях статической и усталостной прочности отсутствует влияние поврежденности на физико-механические свойства материала, что может привести к неконсервативным оценкам ввиду того, что статическая прочность материала после приложения циклического нагружения (в том числе и при отсутствии макротрещины в вершине концентратора напряжений) может существенно снижаться.

2. Не автореферата и диссертации не ясно, как учитывается суммирование усталостных повреждений при циклическом нагружении, если

предполагается использование гипотезы линейного суммирования повреждений Пальмгрена-Майнера, то как учитывается экспериментально подтвержденный факт, что суммирование повреждений происходит нелинейно.

3. В представленных критериях не учитывается влияние градиента напряжений в концентраторах, что ставит под вопрос использование диаграмм растяжения и кривых усталости для конструкционных материалов полученных, как правило, в условиях одноосного растяжения/сжатия при выполнении расчетов на усталостную прочность конструктивных сварных элементов с концентраторами напряжений.

4. При выполнении численного моделирования кинетики НДС методом конечных элементов секции форштевня арктического судна не учитывались остаточные сварные напряжения, которые могут внести существенные изменения в расчетные значения полей напряжений и деформаций в данном конструктивном элементе. Необходимо пояснение о степени достоверности расчета без учета остаточных сварных напряжений.

5. В диссертации не приведен анализ преимуществ использования разработанных критериев перед критериями классической механики разрушения (силовой критерий Ирвина, энергетический критерий Гриффитса) при решении задач статической трещиностойкости.

6. В работе отсутствует четко сформулированная методика учета непропорциональности нагружения при упругопластическом деформировании (возникновение несоосности тензоров напряжений и деформаций) в критерии усталостной прочности.

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

Выводы

1. Диссертация Петрова Алексея Анатольевича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, в которой содержится решение задачи обеспечения прочности морских сооружений, работающих в низкотемпературных условиях.

2. Диссертация соответствует критериям, установленным в Положении о присуждения учёных степеней (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), а ее автор Петров Алексей Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.08.01 – Теория корабля и строительная механика.

Отзыв составил Денис Николаевич Шишулин, кандидат технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры, начальник отдела экспериментальной прочности и систем диагностики АО «Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения имени И.И. Африкантова», 603074, г. Нижний Новгород, Бурнаковский проезд, 15, телефон +7 (831) 275-26-40, e-mail: shishulin@okbm.nnov.ru.

Начальник отдела экспериментальной
прочности и систем диагностики
АО «ОКБМ Африкантов», кандидат
технических наук



Шишулин Д.Н.

Подпись Шишулина Дениса
Николаевича заверяю,
Начальник департамента научного
развития и ВАБ – Главный учёный
секретарь АО «ОКБМ Африкантов»,
доктор технических наук



Бахметьев А.М.