

Отзыв

**официального оппонента на диссертацию П.Е. Бураковского
«Методы расчета прочности и рекомендации по проектированию
судов флота рыбной промышленности при обеспечении их
безопасности в экстремальных условиях эксплуатации»,
представленную на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальностям
05.08.01 Теория корабля и строительная механика;
05.08.03 Проектирование и конструкция судов.**

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения. Работа содержит 495 стр. текста, включая 10 таблиц и 192 рисунка, список литературы из 370 наименований. Приложения к работе опубликованы на 66 страницах.

Рецензируемая работа посвящена проблеме комплексного обеспечения безопасности судов флота рыбной промышленности в экстремальных условиях эксплуатации, что является одним из направлений Морской доктрины РФ.

В кратком введении обоснована актуальность работы, поставлена цель и задачи при ее выполнении, обоснована научная новизна и практическая значимость исследований, охарактеризованы применяемые методы, приведены положения, выносимые на защиту.

Эксплуатация морских судов, и особенно судов флота рыбной промышленности, сопряжена с возникновением ряда экстремальных ситуаций. Как следует из данных статистики, суда нередко гибнут или бесследно исчезают в условиях шторма. При эксплуатации промысловых судов приходится заходить в битый и сплошной лёд, швартоваться на волнении, что приводит к большим объёмам повреждений корпусных конструкций и сказывается на безопасности их эксплуатации. Статистические данные свидетельствуют о гибели большого количества судов по причине навигационных аварий, поэтому важной практической задачей является снижение ущерба от них. Для решения этих вопросов, направленных на повышение безопасности мореплавания, в диссертации разработаны новые методы расчёта прочности, математические модели и алгоритмы, приведены расчетные и модельные эксперименты, разработаны эффективные схемы подкрепления и модернизации конструкций, а также методики их расчёта. С этих позиций тема диссертации является своевременной и актуальной.

В первой главе выполнен анализ причин потерь судов мирового флота, в том числе промысловых. Показано, что серьезную опасность для морских судов представляют штормовые условия, когда на интенсивном встречном волнении возможен захват волной носовой оконечности, приводящий к гибели судна вследствие потери прочности или остойчивости. Отмечены особенности эксплуатации промысловых судов по сравнению с судами других типов,

приводящие к дополнительным трудностям с обеспечением их безопасности. Показано, что для снижения риска разрушения наиболее повреждаемых конструкций (бортовых перекрытий промысловых судов) целесообразным является использование подкреплений. Однако при их реализации необходимо рассчитывать элементы конструкции за пределом упругости, в том числе в условиях многократного случайного нагружения, что требует разработки соответствующих методов расчета. Автором отмечено, что одним из перспективных путей снижения повреждаемости корпусов судов и повышения безопасности мореплавания является разработка и внедрение бортовых интеллектуальных систем контроля эксплуатационной прочности. Это особенно важно для снижения числа и последствий навигационных аварий. Для успешной реализации таких систем необходимо располагать математическим аппаратом, позволяющим осуществлять моделирование динамики взаимодействия судов с внешней средой в режиме реального времени, т.е. с минимальными затратами вычислительных мощностей. Материалы первой главы позволили наметить цели и основные направления исследования в ходе выполнения диссертационной работы.

В первой главе автором приводятся статистические данные не только по судам флота рыбной промышленности, но и для мирового флота в целом. По мнению оппонента, последние можно было и не приводить, особенно учитывая объём диссертационной работы.

Вторая глава диссертации посвящена проблеме обеспечения безопасности судов в штормовых условиях. В ней представлен выявленный автором механизм взаимодействия корпуса судна с внешней средой в штормовых условиях, связанный с захватом волной носовой оконечности судна на встречном волнении. Предложена математическая модель, позволяющая исследовать динамику судна в условиях захвата волной носовой оконечности и определять величины гидродинамических нагрузок. Адекватность данной модели подтверждается результатами проведенного эксперимента с самоходной моделью судна. Также были уточнены гидродинамические характеристики носовой оконечности судна в условиях её зарывания в волну и показано негативное влияние фальшборта в носовой оконечности на безопасность мореплавания в данной ситуации.

Для предотвращения разрушения корпусов судов в экстремальных условиях эксплуатации автор предложил схему нормирования их общей прочности с учётом выхода оконечностей из воды, а также методику назначения седловатости палубы из условия ограничения гидродинамических давлений на нее.

Следует отметить разработанную П.Е. Бураковским вероятностную модель для оценки опасности встречи судов с аномальными волнами, основанную на использовании мерцающих потоков. Несмотря на существование таких волн в Мировом океане и регулярно происходящие встречи судов с ними, при нормировании прочности и остойчивости данное обстоятельство до сих пор не учитывается.

По результатам представленных в главе исследований автором предложен комплекс конструктивных решений, направленных на ограничение величины гидродинамических усилий, действующих на палубу судна в носовой оконечности, реализация которых позволит снизить вероятность гибели судов в штормовых условиях.

Не ясно, почему для моделирования динамики судна в условиях захвата его носовой оконечности волной автор в качестве исходных использовал уравнения качки в простейшей постановке.

По мнению оппонента, в работе следовало привести формулы для оценки величины дополнительного изгибающего момента в условиях захвата носовой оконечности судна волной в удобной для практического применения форме

В третьей главе рассмотрены вопросы обеспечения прочности листовых элементов корпуса под действием интенсивных локально распределённых нагрузок, что непосредственно сказывается на безопасности эксплуатации судов. Судам флота рыбной промышленности нередко приходится вести работу в битом льду, а в случае развития опасной ситуации, связанной с обледенением, заходить в ледовые поля, швартоваться на волнении в открытом море. При этом их корпуса подвергаются действию интенсивных локально распределённых нагрузок, приводящих к росту прогибов обшивки, что может вызвать её разрушение.

На основании обработки экспериментальных данных автором уточнены распорные характеристики обшивки при восприятии интенсивных локально распределённых нагрузок. Разработана методика расчёта судовых пластин под действием нагрузки с падающей интенсивностью, изменяющейся в процессе нагружения. Предложен алгоритм для прогнозирования стрелок прогиба судовых пластин при случайном эксплуатационном нагружении, который может быть использован для определения величины внешних нагрузок по остаточным прогибам.

Показано, что при наличии развитой гофрировки разрушающие стрелки прогибов пластин существенно возрастают, получена зависимость для аппроксимации плотности распределения разрушающих стрелок прогиба пластин в зависимости от коэффициента распора. Кроме того, отмечено значительное влияние гофрировки обшивки на момент сопротивления балок набора, для которых она является присоединённым пояском. Данные результаты могут быть использованы при совершенствовании нормативных ограничений для корпусных конструкций с остаточными деформациями.

По мнению оппонента, при разработке уточненных практических рекомендаций по выбору размеров связей бортовых перекрытий нужно было отметить необходимость повышения толщин бортовой обшивки по сравнению с вытекающими из аналитического расчета прочности с учетом повышенного ее износа, особенно для корпусов судов ледового плавания, а также воздействия кранцев при швартовке.

Кроме того, при исследовании изменения момента сопротивления балок набора (рисунки 3.20 и 3.21) в зависимости от гофрировки обшивки следовало учесть износ и обшивки, и набора.

В четвёртой главе рассматривается поведение балок судового корпуса с учётом их нелинейного взаимодействия с другими конструктивными элементами в упруго-пластической стадии деформирования под действием эксплуатационных нагрузок.

Автором разработан метод решения подобных задач с учётом большой геометрической и физической нелинейности на основе кусочно-аналитических решений. В диссертации произведено значительное обобщение расчетной модели конструкции, при этом автором использован ряд физически оправданных и обоснованных упрощающих гипотез. В основу разработанных расчётных методик была заложена «гипотеза о мгновенном изменении параметров изгиба». Особенностью предложенных методов является то, что они позволяют учесть взаимодействие между элементами корпусных конструкций при их деформировании в области развитых пластических прогибов, при этом может быть обеспечена высокая скорость вычислений, что позволяет реализовывать расчётные процедуры в режиме реального времени.

На основе выявленных закономерностей деформирования локально нагруженных связей автором детально проанализировано и установлено влияние таких не учитываемых в стандартных расчетных процедурах факторов, как поведение локально нагруженных связей в условиях деформирования в предельном состоянии, влияние продольных сил в этих условиях деформирования, учет сдвиговых эффектов при упруго-пластическом деформировании локально нагруженных шпангоутов, лежащих на упруго-пластическом основании прандтлевского типа с линейным упрочнением и ряд других самостоятельных вопросов.

Расчеты по разработанным методикам дают удовлетворительное согласование с экспериментальными данными, а также с расчётами с использованием численных методов. Разработанные методы расчёта позволили автору предложить методике оценки риска разрушения балок судового корпуса под действием интенсивных локально распределённых нагрузок.

С целью реализации и ускорения предложенных расчётных процедур, используемых в диссертационной работе, автором разработан ряд программных продуктов, на которые получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Не вполне ясно, могут ли использоваться разработанные автором кусочно-аналитические решения при наличии более сложной зависимости сил поддержания от прогиба (например, с несколькими локальными экстремумами), чем представленные на рисунках 4.4 и 4.11?

В пятой главе на основе выявленных закономерностей деформирования локально нагруженных связей рассматриваются вопросы повышения несущей

способности и снижения риска разрушения бортовых перекрытий судов для обеспечения их безопасной эксплуатации.

С использованием разработанных расчётных методик автором была уточнена роль перекрёстных связей при восприятии интенсивных локально распределённых нагрузок, которые и вызывают основной объем повреждений бортовых перекрытий судов. Предложена методика определения жёсткости промежуточного шпангоута для подкрепления пластин обшивки, основанная на ограничении максимальных пластических удлинений.

Разработаны новые эффективные схемы повышения несущей способности балок и пластин бортовых перекрытий судов. На данные конструкции получен ряд патентов РФ на изобретение, при этом для выбора параметров подкрепляющих элементов могут быть использованы разработанные в диссертации расчётные методики.

По мнению оппонента, при разработке рекомендаций по различным схемам подкреплений бортовых перекрытий следует учитывать влияние на критерии оптимизации этих схем различие трудоемкости их реализации.

Кроме того, в работе отсутствуют рекомендации по выбору жесткости промежуточного шпангоута в зависимости от шпации и толщины бортовой обшивки.

Из текста диссертации не вполне понятно, для какого момента эксплуатации автор предлагает добиться равнопрочности всех элементов бортового перекрытия, так как скорость износа обшивки и набора может существенно различаться, и в таком случае обеспечить равную вероятность разрушения можно лишь для какого-то определенного момента времени.

Из параграфа 5.5 «Бесстрингерная система набора бортового перекрытия» не вполне понятно, в каких случаях автор предлагает отказаться от использования бортового стрингера.

Шестая глава посвящена проблеме обеспечения безопасности судов в условиях риска возникновения навигационных аварий, а также снижению ущерба от них.

Автором разработана математическая модель, позволяющая определять вероятность посадки судна на мель при случайном распределении подводных препятствий по акватории, в том числе при изменении уровня воды. Эта модель позволяет учитывать влияние малых форм рельефа, плохо распознаваемых при гидрографировании, на безопасность плавания в соответствующей акватории. Для снижения ущерба от посадок на мель разработаны различные схемы конструктивной днищевой защиты, позволяющие обезопасить жизненно важные районы судна, такие как машинное отделение.

Также автором разработаны математические модели, позволяющие оценивать вероятность столкновения судов при различных направлениях трафика. Нужно отметить, что сопоставление результатов расчёта по предложенной модели со статистическими данными по столкновениям судов подтвердило адекватность модели. С учётом того, что наибольшую опасность

при столкновении судов представляют подводные пробоины, автор предложил несколько вариантов исполнения бульбовых надделок с повышенной продольной податливостью.

Новизна представленных в главе конструктивных решений подтверждается патентами РФ на изобретения.

Однако следует заметить, что из материалов главы не понятно, как повлияет изменение жесткостных характеристик перекрытия при реализации конструктивной днищевой защиты на вибрацию в районе машинного отделения.

В заключении диссертации приведены выводы, полученные в рамках проведения исследования, рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы.

По мнению оппонента, полученные в работе результаты представляют значительный интерес для обеспечения безопасной эксплуатации судов промыслового флота.

Обоснованность и достоверность полученных результатов, научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением основных положений строительной механики корабля, теории корабля, теории предельного равновесия, теории вероятностей и математической статистики, прикладного программирования, а также проверкой на соответствие с экспериментальными и статистическими данными.

Научная новизна исследования состоит в разработке подходов, методов и алгоритмов для расчёта прочности элементов корпусных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации и обоснования эффективности применяемых схем подкрепления и модернизации, а также конструктивных решений, направленных на повышение безопасности мореплавания.

Заключение

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, актуальна и имеет большое практическое значение для организаций, занимающихся проектированием, испытанием, эксплуатацией и ремонтом судов. Поставленная в работе цель достигнута, задачи решены.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку рецензируемой диссертационной работы.

Оформление диссертационной работы соответствует установленным требованиям.

Основные положения диссертации достаточно полно изложены в 138 научно-технических публикациях, среди которых 4 монографии, 34 патента РФ на изобретение и 38 публикаций в изданиях из перечня ВАК.

Основные положения, результаты и выводы изложены в автореферате достаточно полно, автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Диссертация Бураковского Павла Евгеньевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, в которой содержится решение научной проблемы разработки методов расчёта прочности и конструктивных мероприятий, направленных на обеспечение эксплуатационной прочности корпусов судов и повышение безопасности мореплавания, имеющей важное хозяйственное значение.

Диссертация соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», (утверждённым Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842), а её автор, Бураковский Павел Евгеньевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальностям 05.08.01 Теория корабля и строительная механика; 05.08.03 Проектирование и конструкция судов.

Официальный оппонент:

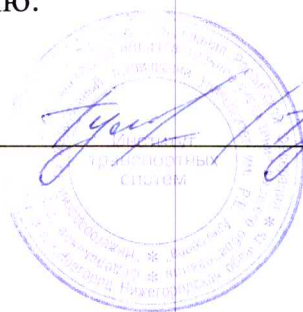
Зуев Валерий Андреевич, доктор технических наук по специальности 05.08.03 Проектирование и конструкция судов, профессор, заведующий кафедрой «Кораблестроение и авиационная техника» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», заслуженный деятель науки РФ.

Тел.: +7(831)436-78-96; e-mail: ship@nntu.ru; адрес: 603950, г. Н. Новгород, ул. Минина, 24


Валерий Андреевич Зуев
(подпись)

Подпись В.А. Зуева заверяю:

Заместитель директора
Института транспортных систем



28.10.2021