

Отзыв

официального оппонента

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

Актуальность темы исследования

Эксплуатация промысловых судов существенно отличается от эксплуатации судов других типов. Им приходится работать во всех районах Мирового океана, попадая в штормовые условия, тяжёлую ледовую обстановку, осуществлять швартовые операции в открытом море на волнении и т.д. Поэтому при рассмотрении вопросов, связанных с повышением безопасности мореплавания, автору пришлось затронуть комплекс всех основных аспектов этой многоплановой проблемы.

Наибольшую опасность для мореплавания представляют штормовые условия, когда при сильной качке судна происходит интенсивное заливание палубы в носовой оконечности, что нередко приводит к гибели судов. В работе показано, что в условиях развитого встречного волнения при сильном заливании палубы на ней могут возникать значительные гидродинамические нагрузки, приводящие к разрушению корпусов судов или их опрокидыванию, что в настоящее время не учитывается при проектировании судов.

Не только общая прочность и остойчивость определяют безопасность судов. Для промысловых судов, работающих в битом и сплошном льду, необходимо обеспечивать местную прочность корпусов при восприятии интенсивных локально распределенных нагрузок. Эта проблема уже поднималась ранее, однако она исследована недостаточно как в отношении внешних сил, так и специфики восприятия эксплуатационных нагрузок.

Как справедливо отмечается в работе, причиной довольно распространенных повреждений бортовых конструкций корпусов является как недостаточная достоверность оценки экстремальных величин эксплуатационных нагрузок, так и недостаточная информированность о фактическом уровне несущей способности конструкций при локальном характере действия этих нагрузок. В частности, это объясняется сложным характером взаимодействия обшивки и набора при локальном нагружении и упруго-пластическом деформировании элементов конструкций, который не учитывается современными практическими методами расчета

прочности перекрытий. Так, остаётся недостаточным практикующийся учет роли обшивки только в виде жестких присоединенных поясков балок набора при их изгибном нагружении.

Большой ущерб для судоходства приносят навигационные аварии (столкновения и посадки на мель). Столкновения судов относятся к наиболее распространенным и тяжелым авариям, происходящим в море, несмотря на достигнутые успехи в развитии современного навигационного приборостроения, электронной картографии, спутниковой навигации, совершенствование систем управления судами. Высокий риск столкновения судов отмечается в районах традиционных морских путей, используемых, в том числе, и судами флота рыбной промышленности при переходе на промысел, а также на подходах к морским портам. Посадки на мель являются другим весьма распространённым видом аварий на судах мирового флота, особенно промысловых, т.к. им нередко приходится осуществлять лов рыбы в районах с малыми глубинами, вблизи отмелей и т.д. Одной из причин невозможности предотвращения таких аварий является человеческий фактор, поэтому целесообразным представляется использование конструктивных решений, направленных на снижение ущерба в случае их возникновения. Кроме того, для оценки риска столкновений и посадок судов на мель необходимо располагать математическими моделями, позволяющими выбирать наиболее безопасный маршрут и режим движения судна.

На основании вышесказанного, считаю, что тема диссертационного исследования П.Е. Бураковского безусловно актуальна.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации и их достоверность

Приведенные в диссертации положения и выводы базируются на целесообразном и правильном использовании общих апробированных математических методов исследования, положений строительной механики корабля, теории корабля, теории вероятности и математической статистики.

Их достоверность подтверждается результатами эксперимента и расчётами с использованием численных методов.

Новизна исследования и полученных результатов

Научная новизна диссертации, её основных положений, выводов и рекомендаций заключается в следующем:

– автором выявлен новый механизм взаимодействия корпуса судна с внешней средой в штормовых условиях (захват волной носовой оконечности судна на встречном волнении), позволяющий объяснить гибель судов от потери прочности и остойчивости, дано обоснование выбора седловатости палубы, предложены новые принципы нормирования

общей прочности судов с учётом экстремальных условий эксплуатации, разработаны научно обоснованные конструктивные мероприятия для обеспечения безопасности мореплавания;

– предложены математические модели оценки риска посадки судов на мель в условиях переменной глубины акватории, риска столкновения судов и их встречи с аномальными волнами;

– разработаны методы расчёта и оценки риска разрушения судовых пластин, работающих в составе перекрытий в упруго-пластической стадии, подверженных действию контактных нагрузок с падающей интенсивностью, переменной в процессе нагружения, а также алгоритмы оценки и прогнозирования стрелок прогиба и рисков разрушения пластинчатых элементов судовых корпусов при их случайном эксплуатационном нагружении;

– созданы методы расчёта нелинейного упруго-пластического деформирования локально загруженной балки, лежащей на нелинейном упруго-пластическом основании с переменными характеристиками жёсткости, с учетом действия продольных усилий и большой физической и геометрической нелинейности, основанные на использовании кусочно-аналитических решений нелинейных дифференциальных уравнений изгиба;

– предложены методы расчёта бортовых перекрытий с учётом взаимодействия их конструктивных элементов в упруго-пластической стадии и методика оценки риска их разрушения при действии интенсивных локально распределённых нагрузок, включая область предельного состояния, на основании оценки распорных характеристик балочных конструкций судовых перекрытий (шпангоутов и стрингеров);

– выполнено научное обоснование схем модернизации, повышающих надёжность работы, снижающих риск разрушения корпусных конструкций при восприятии интенсивных локально распределённых нагрузок, а также снижающих ущерб от навигационных аварий;

– разработаны установки для осуществления экспериментальных исследований поведения судовых пластин в условиях многократного нагружения с переменным коэффициентом распора, а также для моделирования поведения судна в условиях захвата волной носовой оконечности.

Большое число патентов на изобретения, полученных по материалам диссертации, свидетельствует о новизне конструкторских решений, базирующихся на результатах исследований.

Содержание диссертации и её завершенность

Диссертация П.Е. Бураковского представляет собой законченное научное исследование, обладает внутренним единством, имеет ясное

изложение и чёткую структуру, содержит новые научные результаты и положения, выносимые на защиту. Работа состоит из оглавления, введения, шести глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и шести приложений.

Во введении обосновывается актуальность и цели работы, даются ссылки на работы ведущих специалистов по теме диссертационного исследования, приводится цель и задачи исследования, выносимые на защиту положения.

Количество источников, изученных автором в процессе написания диссертации, представляется достаточным.

В первой главе приведены характерные аварии, приводящие к гибели промысловых судов. Согласно статистике, большой проблемой для обеспечения безопасности мореплавания являются неблагоприятные погодные условия. Отмечено, что на безопасность эксплуатации промысловых судов существенно влияют повреждения бортовых перекрытий, получаемые ими в ходе выполнения производственных операций. Другой проблемой являются навигационные аварии, ущерб от которых продолжает оставаться высоким. Показано, что для восстановления эксплуатационной прочности корпусов судов целесообразно использовать различные схемы подкрепления. Изложены подходы к оценке риска при эксплуатации промысловых судов и обоснована необходимость разработки математических моделей для оценки вероятности возникновения навигационных аварий и методик, позволяющих определить вероятность разрушения элементов корпуса под действием интенсивных локально распределённых нагрузок.

Во второй главе рассматриваются проблемы обеспечения безопасности мореплавания в условиях штормового моря. На основании анализа аварии танкера «Находка» автором был выявлен новый механизм взаимодействия носовой оконечности судна с волнами, на который ранее не обращалось внимание при проектировании судов. Исследовано изменение остойчивости судна в условиях захвата его носовой оконечности волной. Получено модифицированное уравнение килевой качки, позволяющее выполнять моделирование динамики судна в условиях захвата волной носовой оконечности и оценивать величину гидродинамических давлений, развивающихся на плоских участках палубы.

Были проведены исследования по уточнению гидродинамических характеристик носовой оконечности при её зарывании в волну. Выяснено, что та же гидродинамическая сила вызывает и кренящий момент, который может привести к опрокидыванию судна. Отмечено негативное влияние фальшборта в носовой оконечности на безопасность судна в рассмотренной экстремальной ситуации.

Показано, что в условиях захвата волной носовой оконечности в корпусе судна развиваются дополнительные изгибающие моменты, которые могут привести к его разрушению, а также предложена новая схема нормирования общей прочности корпуса судна в экстремальных условиях эксплуатации с учётом выхода оконечностей из воды.

Обоснован выбор профиля седловатости палубы из условия ограничения величины гидродинамических давлений, развивающихся на ней на экстремальном встречном волнении.

Согласно представленной соискателем модели, вероятность встречи судов с аномальными волнами может быть довольно высокой, что согласуется с опытом эксплуатации морских судов.

Для предотвращения гибели судов в штормовых условиях автором предложен комплекс конструктивных решений, новизна которых подтверждается патентами РФ на изобретение.

Поскольку из-за специфики работы промысловых судов их безопасность определяется не только общей, но и местной прочностью, в третьей и четвёртой главах представлены разработанные автором методы расчёта элементов судовых корпусных конструкций при развитых пластических деформациях, позволяющие оценивать риск их разрушения под действием случайных эксплуатационных нагрузок, выбирать оптимальные размеры связей при разработке схем подкрепления бортовых перекрытий и проектировании корпусов судов.

На основании обработки экспериментальных данных уточнены распорные характеристики обшивки при её локальном нагружении за счёт более корректного разделения конструкции на жесткие и гибкие связи. Исследовано влияние изменения степени падения интенсивности нагрузки в середине пролёта пластины с произвольными граничными условиями на её деформирование, что даёт возможность уточнить резервы прочности и более обоснованно назначать толщины судовых пластин, воспринимающих контактные нагрузки. В работе представлены результаты исследования процесса накопления остаточных прогибов в пластинах обшивки в условиях непрерывного повторно-статического нагружения, которые позволили автору предложить алгоритм прогнозирования стрелок прогиба пластин обшивки под действием случайных эксплуатационных нагрузок. Получено аналитическое выражение для плотности распределения разрушающих стрелок прогиба пластин, с помощью которого можно выполнять оценку степени опасности эксплуатационных дефектов пластин судового корпуса. Также показано влияние развитой гофрировки на момент сопротивления балок набора.

Полученные результаты могут быть использованы при выборе толщин обшивки на этапе проектирования судов, при совершенствовании

нормативов дефектации корпусных конструкций с остаточными деформациями.

Усовершенствована расчётная модель проверки прочности бортовых перекрытий путем учета существенно нелинейного характера взаимодействия обшивки и набора при интенсивном локальном нагружении. Проведено исследование упруго-пластического деформирования взаимодействующих конструктивных элементов с учётом ряда дополнительных, обычно опускаемых из рассмотрения, факторов, которые оказывают существенное влияние на результаты.

Используя традиционные методы строительной механики корабля, автор получил кусочно-аналитические решения для нелинейных дифференциальных уравнений изгиба, описывающих деформирование балок судового корпуса за пределом упругости. Сопоставление результатов расчёта по предложенным методикам с экспериментальными данными и расчётами с использованием численных методов показало их удовлетворительное согласование.

Показано существенное влияние сил поддержания со стороны пластин обшивки, а также продольных усилий на несущую способность балок набора при их деформировании в запредельном состоянии. Рассмотрено влияние локализации нагрузки и сдвиговых эффектов на деформирование балок судового корпуса за пределом упругости.

Разработана методика для оценки риска разрушения балок судового корпуса под действием интенсивных локально распределённых нагрузок с использованием предложенных методов расчёта.

В пятой главе рассматриваются конструктивные мероприятия, направленные на обеспечение безопасной эксплуатации судов в условиях действия интенсивных локально распределённых нагрузок, а также методики расчёта, позволяющие выбирать параметры подкрепляющих элементов.

Результаты проведённого комплексного исследования реализованы в практических предложениях по разработке эффективных конструктивных мероприятий, направленных на повышение несущей способности бортовых перекрытий при действии интенсивных локальных нагрузок. При рассмотрении традиционных схем повышения несущей способности бортовых перекрытий, таких как установка дополнительных перекрёстных связей и промежуточных шпангоутов, автор указал на некоторые особенности конструкций при восприятии интенсивных локально распределённых нагрузок, которые должны учитываться при их реализации. Так, при определённом соотношении жесткостей элементов бортового перекрытия обрушение шпангоута будет происходить в зоне, не захватывающей перекрёстные связи, что не способствует повышению несущей способности шпангоутов. Автором также предложена уточнённая

методика расчета бортового стрингера при действии локальных нагрузок с учетом локализации деформаций.

Разработана методика выбора жёсткости промежуточного шпангоута из условия ограничения максимальных пластических удлинений в его материале. Отмечено, что за счёт использования струн, традиционно применяемых для предотвращения завала балок набора, можно добиться существенного повышения несущей способности балок набора благодаря дополнительно возникающим силам поддержания при деформировании конструкции.

Разработан ряд эффективных схем подкрепления элементов бортовых перекрытий, применение которых позволяет снизить риск их разрушения под действием интенсивных локально распределённых нагрузок.

Новизна предложенных технических решений подтверждается патентами РФ на изобретения.

Материалы, представленные в шестой главе, посвящены оценке риска столкновений и посадок судов на мель и разработке конструктивных решений, направленных на повышение безопасности мореплавания. В частности, предложена математическая модель, позволяющая определить вероятность посадки судна на мель при движении в некоторой акватории с подводными препятствиями. Данная модель выгодно отличается от известных моделей тем, что позволяет учитывать изменение уровня воды в акватории в процессе движения и изменение посадки судна.

Для снижения ущерба от посадок на мель автором разработана конструктивная днищевая защита, позволяющая предотвратить повреждение настила двойного дна с фундаментами механизмов, что даёт возможность судну сниматься с мели за счёт использования тяги собственных винтов и двигаться своим ходом после снятия с мели.

Предложены математические модели, позволяющие определять вероятность столкновения судов при различных схемах трафика. Использование таких моделей в бортовых интеллектуальных системах даёт возможность выбора наиболее безопасного маршрута движения судна и своевременного информирования судоводителя о том, что судно находится в районе с высоким риском столкновения. Данные модели также могут быть использованы для обоснованного принятия решений о целесообразности модернизации корпусных конструкций с целью снижения последствий столкновений. В данной главе представлены и соответствующие конструкции бульбовых наделок, обладающих повышенной продольной податливостью и позволяющих минимизировать ущерб в случае возникновения аварии.

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

С основными выводами автора можно согласиться.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Теоретическая значимость обусловлена разработкой научно обоснованных рекомендаций по расчёту прочности и проектированию конструкций корпусов судов для обеспечения их прочности и надёжности в экстремальных ситуациях в процессе эксплуатации с использованием новых методик расчёта прочности, учитывающих особенности нелинейного деформирования судовых корпусных конструкций и взаимодействия судна с внешней средой.

Практическая значимость состоит в следующем:

– разработаны рекомендации по проектированию корпусов судов для обеспечения их безопасности в штормовых условиях, в том числе с использованием новых конструктивных решений;

– предложены новые конструктивные решения, позволяющие повысить безопасность судов в условиях высокого риска возникновения навигационных аварий, а также методики для обоснования данных конструктивных решений;

– разработаны эффективные схемы подкрепления бортовых перекрытий судов для снижения риска их разрушения при действии интенсивных локально распределённых нагрузок;

– созданы расчётные методики, позволяющие оценивать и прогнозировать техническое состояние корпуса судна с износами и повреждениями при ремонте и модернизации, а также осуществлять мониторинг процесса изменения технического состояния судовых корпусных конструкций в процессе эксплуатации;

– предложена методика проектирования локально нагруженных бортовых перекрытий с равнопрочными размерами связей, а также методика для выбора жёсткости промежуточного шпангоута при действии локально распределённых эксплуатационных нагрузок;

– разработаны установки для проведения научных исследований в области прочности корабля и теории корабля;

– издан учебник для подготовки специалистов по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта».

Результаты работы внедрены в практическую деятельность ряда организаций, а также в учебный процесс.

Публикации и апробация

Содержание работы получило широкую апробацию на международных и всероссийских конференциях, часть из которых проводилась за рубежом.

По теме диссертации автором опубликовано 138 работ, среди них 4 монографии, 34 патента РФ на изобретение, 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ. В изданиях из «Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» опубликовано 38 работ.

Замечания и предложения по диссертационной работе не являются критичными для оценки диссертации и заключаются в следующем.

1. Некоторые из представленных в главе 1 аварийных ситуаций относятся к середине прошлого века. Автору следовало привести более свежие данные, особенно учитывая то обстоятельство, что подобные случаи регулярно происходят и в наше время.

2. В работе приведено много технических решений, направленных на улучшение существующих корпусных конструкций. Однако для их широкого практического внедрения требуется дополнительная проработка данного вопроса с целью привязки предлагаемых к внедрению решений к реальным корпусным конструкциям с соответствующими методиками расчёта, с согласованием, в необходимых случаях, с Классификационным обществом.

3. При рассмотрении деформирования балок судовых перекрытий автором рассмотрены исключительно расчётные схемы с симметричным приложением нагрузки относительно опорных конструкций, что на практике имеет место далеко не всегда.

Отмеченные замечания не отменяют научной и практической ценности диссертационной работы П.Е. Бураковского, материалы которой достаточно полно обсуждались специалистами в области судостроения и морской техники и отражены в опубликованных работах.

Оформление и содержание реферата

Основные положения, результаты и выводы изложены в автореферате достаточно полно. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

В целом оформление диссертации и автореферата нареканий не вызывает и соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011.

Заключение

Диссертация Бураковского Павла Евгеньевича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, в которой содержится решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение. Соискателем разработаны методы расчёта прочности и конструктивные мероприятия, направленные на обеспечение эксплуатационной прочности корпусов судов и повышение безопасности мореплавания.

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.

Отзыв составил Кутейников Михаил Анатольевич, начальник отдела конструкции корпуса и судовых устройств ФАУ «Российский морской регистр судоходства», доктор технических наук по специальности 05.08.01 Теория корабля и строительная механика. Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург, Дворцовая набережная, 8, +7(812)312-85-72, e-mail: kuteynikov.ma@rs-class.org.

Официальный оппонент
доктор технических наук,
начальник отдела конструкции корпуса
и судовых устройств ФАУ «Российский
морской регистр судоходства»



М.А. Кутейников

Подпись М.А. Кутейникова заверяю.

Старший специалист по кадрам
С.О. Балицкая

