



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования

«Волжский государственный университет  
водного транспорта»  
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Нестерова ул., 5, Нижний Новгород, 603950  
телефон: (831) 419-47-56;  
тел/факс: (831) 419-78-58  
E-mail: otd\_o@vsuwt.ru

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной  
и инновационной деятельности  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»



А.Б. Корнев

« 8 » ноября 2021 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации – ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта» на диссертационную работу Бураковского Павла Евгеньевича «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

### Актуальность темы

Особенностью эксплуатации рыболовных судов является частая швартовка в море к плавбазам в условиях волнения, а также необходимость обеспечивать вылов рыбы в ледовых условиях. Все это приводит к повышенной вероятности повреждений бортовых перекрытий по сравнению с транспортными судами. Необходимость лова рыбы в условиях мелководья приводит к вероятности посадки на мель и связанные с этим обстоятельством повреждения днищевых перекрытий. Рассматриваемые суда длительное время находятся в море вдали от мест убежища, поэтому имеют повышенную вероятность попадания на экстремальное волнение, при котором носовая оконечность судна оказывается полностью погруженной в воду. Такие нагрузки могут быть причиной гибели судна либо в результате нарушения общей прочности, либо в результате потери остойчивости. Статистика повреждений элементов конструкций рыболовных судов, а также их аварий подтверждает вышесказанное.

В диссертационной работе П.Е. Бураковского рассматриваются вопросы прочности, учитывающие особенности эксплуатации рыболовных судов, а также предлагаются конструктивные решения, направленные на повышение безопасности их эксплуатации, поэтому можно заключить, что её тема является актуальной.

### Цель диссертации

Целью диссертации является разработка методов расчёта прочности судовых корпусных конструкций с учетом физической и геометрической нелинейности в условиях ло-

кального нагружения при экстремальных условиях эксплуатации, а также рекомендаций по проектированию конструкций для обеспечения их прочности и надёжности, повышения безопасности мореплавания.

### **Структура и содержание диссертации**

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и шести приложений.

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цель и задачи исследования, а также положения, выносимые на защиту.

В первой главе анализируются данные по потерям судов мирового флота, а также особенности эксплуатации судов флота рыбной промышленности и их влияние на безопасность мореплавания. Рассмотрены вопросы повреждаемости корпусов судов. Показана перспектива применения бортовых интеллектуальных систем контроля эксплуатационной прочности для повышения безопасности мореплавания.

Вторая глава посвящена проблеме повышения безопасности судов в условиях штормового моря. Описан новый механизм взаимодействия судна с внешней средой на встречном волнении, связанный с захватом волной носовой оконечности судна, и показано, что в таких условиях возможна гибель судна в результате потери прочности или остойчивости. Предложена методика оценки внешних нагрузок, действующих на носовую оконечность судна. Разработана математическая модель для оценки вероятности встречи судов с аномальными волнами, а также предложена новая схема нормирования общей прочности судов, учитывающая возможность выхода их оконечностей из воды. Даны рекомендации по выбору седловатости палубы, а также представлены новые конструктивные решения, защищенные патентами РФ на изобретение, позволяющие повысить безопасность судов.

Третья глава посвящена установлению закономерностей деформирования пластин обшивки корпуса, работающих в составе судовых перекрытий. Разработан алгоритм, позволяющий прогнозировать стрелки прогиба пластин обшивки судового корпуса в условиях случайного эксплуатационного нагружения, а также оценивать риск их разрушения.

В четвертой главе анализируются поведения балок судовых перекрытий в упруго-пластической стадии работы при восприятии интенсивных локальных нагрузок с учётом их взаимодействия с обшивкой. Для решения данной задачи автором предложен метод расчета упруго-пластического изгиба балки, лежащей на упругом основании переменной жесткости. Результаты расчета позволили автору сделать вывод о том, что обшивка, выполняющая роль упруго-пластического основания для шпангоута, оказывает существенное влияние на его несущую способность. Показано, что после образования кинематически изменяемого механиз-

ма шпангоут не теряет несущую способность за счёт действия сил поддержания со стороны пластин обшивки и продольных усилий, возникающих в нём. Учёт развития пластических деформаций в ограниченной области при действии интенсивных локально распределённых нагрузок позволил автору предложить упрощённую расчетную схему с дискретизацией упруго-пластического основания в зоне пластического деформирования.

В пятой главе рассматриваются конструктивные мероприятия, позволяющие повысить надёжность бортовых перекрытий судов, воспринимающих интенсивные локально распределённые нагрузки. Уточнена роль бортового стрингера при восприятии локальных нагрузок, а также предложена методика выбора жёсткости промежуточного шпангоута из условия ограничения степени пластического деформирования его материала. На основе комплекса исследований предложена методика выбора равнопрочных размеров связей бортовых перекрытий, учитывающая их взаимодействие при восприятии интенсивных локальных нагрузок. Предложены различные конструктивные варианты подкрепления пластин и балок судовых перекрытий. Большинство приведённых технических решений выполнено на уровне изобретений.

Шестая глава диссертации посвящена вопросам снижения ущерба от навигационных аварий. Автором предложены математические модели, позволяющие оценить риск возникновения навигационных аварий: столкновений судов и посадок на мель. Разработаны схемы днищевой конструктивной защиты жизненно важных районов корпуса и методики её расчёта. Для снижения ущерба от столкновений судов предложены конструкции носовых бульбов с повышенной продольной податливостью. Представленные в главе конструкции защищены патентами РФ на изобретение.

В заключении представлены основные результаты работы и определены дальнейшие направления исследований.

Автореферат в должной мере отражает содержание диссертации и позволяет понять и оценить полученные результаты.

### **Научная новизна полученных результатов**

Предложена новая модель взаимодействия судна с внешней средой, связанная с захватом волной носовой оконечности судна, объясняющая гибель судов в штормовых условиях, дано научное обоснование выбора профиля седловатости палубы при проектировании судов из условия ограничения гидродинамических давлений на носовую оконечность, а также представлены новые принципы нормирования общей прочности корпусов морских судов.

Разработаны математические модели оценки риска посадки судов на мель, 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.

Созданы методы расчёта нелинейного упруго-пластического деформирования локально загруженной балки, лежащей на нелинейном упруго-пластическом основании с переменными характеристиками жёсткости, с учётом действия продольных усилий и большой физической и геометрической нелинейности.

Разработаны методы расчёта бортовых перекрытий с учётом взаимодействия их конструктивных элементов в упруго-пластической стадии и оценки риска их разрушения при действии интенсивных локально распределённых нагрузок.

Предложены и научно обоснованы схемы модернизации судовых корпусных конструкций, повышающие безопасность судов в штормовых условиях, а также надёжность работы корпусных конструкций при восприятии интенсивных локально распределённых нагрузок.

Разработаны установки для осуществления экспериментальных исследований устойчивости моделей судов в условиях захвата волной носовой оконечности и испытания моделей судовых балок и пластин при упруго-пластическом деформировании материала.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Теоретическая значимость работы 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.

Полученные автором результаты имеют практическую ценность в следующих направлениях:

- при проектировании судов в части конструктивного оформления носовой оконечности с целью предотвращения её захвата волной; определения необходимых запасов прочности и надёжности, назначения равнопрочных размеров связей;
- при оценке технического состояния изношенного и поврежденного корпуса судна, определении целесообразного метода ремонта;
- при реализации конструктивных решений, снижающих последствия навигационных аварий;

– при разработке и обосновании принципиальных схем повышения несущей способности перекрытий и их составных элементов при восприятии ими интенсивных локально распределённых нагрузок;

– при создании установок для испытания моделей судов и экспериментального изучения работы конструкций корпуса и их составных элементов;

– при подготовке и чтении соответствующих курсов дисциплин в учебном процессе для укрупненной группы специальностей и направлений подготовки 26.00.00 «Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта».

**Достоверность полученных результатов** определяется корректным использованием основных положений строительной механики корабля, теории предельного равновесия, теории корабля, теории вероятности, а также прикладного программирования. Следует отметить хорошее согласование результатов экспериментов с результатами расчётов по предложенным методикам.

#### **Свидетельство о личном вкладе автора в полученные результаты**

Список литературы, отражающей результаты диссертационной работы, содержит 90 публикаций, в которых упоминается фамилия автора, из которых 38 принадлежат лично автору. Из 38 патентов, в которых содержатся результаты изобретений, относящихся к теме диссертационной работы, 21 принадлежат лично автору, а остальные содержат его фамилию.

Из этого следует достаточная достоверность личного вклада автора в результаты, представленные в диссертационной работе.

#### **Замечания**

В диссертационной работе рассматриваются задачи, точные решения которых принципиально невозможны по целому ряду причин, поэтому автору приходится вводить ряд предположений и ограничений. В связи с этим всегда можно задать автору множество вопросов и сделать множество замечаний. Очевидно, что наиболее полно эти вопросы и замечания будут представлены в отзывах официальных оппонентов.

На наш взгляд, в диссертационной работе можно отметить следующие замечания:

1. Представляется, что вероятностные модели посадки судна на мель и столкновения судов, предложенные в п.6.1 и 6.3 не в полной мере соответствуют теме диссертационной работы. Полученные с их помощью значения вероятности происшествя или аварии не учитываются при нормировании внешних нагрузок, действующих на корпуса рыболовных судов, а также на выбор размеров связей. Кроме того, принятые при построении моделей допущения вызывают сомнения в их обоснованности. Так на с.356 диссертации утверждается: «Для упрощения здесь рассматривается «неуправляемая» модель, когда суда не пытаются

избежать столкновения за счет маневрирования». Очевидно, что такое упрощение вряд ли может быть принято для получения результата, имеющего практическое значение.

2. На с.12 автореферата утверждается, что «Снижение повреждаемости корпусов судов может быть обеспечено не только посредством подкреплений и модернизации, но и за счет использования бортовых интеллектуальных систем», а на с.216 диссертации: «Использование кусочно-аналитических решений позволяет значительно сократить затраты вычислительных мощностей, что делает возможным применение разработанных методов расчета при создании бортовых интеллектуальных систем контроля прочности».

В диссертации рассматривается поведение судовых корпусных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации и вызванные этими условиями повреждения. Как может управлять судоводитель этими ситуациями? Он должен будет прекратить швартовку или прекратить лов в условиях битого льда, если система выдала ему информацию о повреждении бортового перекрытия?

Можно ли доверять показаниям ИС, основанным на предложенном автором методе, если в п.4.4 диссертации утверждается, что «в качестве локальной нагрузки для качественного анализа принимается давление по отпечатку 200х200 мм. Вопрос о действительной зоне локализации эксплуатационных нагрузок достаточно сложен и требует самостоятельного исследования»?

3. Назначение размеров отпечатка позволило автору утверждать, что приложение нагрузки к шпангоуту не вызывает деформации смежных шпангоутов и на основании этого предположения определять характеристики упругого основания для шпангоута, вызванного реакцией обшивки. Очевидно, что реакция обшивки будет существенно зависеть от зоны контакта. Таким образом, рассмотренный в диссертации случай нагружения одного шпангоута может оказаться не самым опасным.

4. В п.3.6 диссертации утверждается, что «момент сопротивления поперечного сечения балки может увеличиваться при увеличении стрелки погиби при гофрировке обшивки». Доказательство этого утверждения приводится в предположении неизменной величины присоединенного пояса обшивки. Нам представляется такое предположение неубедительным. В ряде работ было показано, что изгиб обшивки приводит к уменьшению величины присоединенного пояса.

5. При рассмотрении автором вопросов упруго-пластического деформирования обшивки им справедливо отмечается возможность накопления остаточных деформаций за счет последовательных циклов нагружения, тогда как при рассмотрении деформирования балок рассматриваются деформации лишь при однократном нагружении. Это требует пояснения.

6. В п.4.9 диссертации утверждается, что результаты расчетов по предложенным автором методикам расчета упруго-пластического деформирования шпангоута хорошо совпадают с результатами расчетов с использованием известных комплексов, реализующих метод конечных элементов (МКЭ). К сожалению, в диссертации не представлена расчетная модель конструкции по МКЭ. Являлась ли эта модель моделью балки на упругом основании с переменной жесткостью, или же эта модель представляла реальную конструкцию перекрытия с учетом физической нелинейности материала и учетом геометрической нелинейности при локальном нагружении, соответствующем принятой автором схеме?

7. Автором предлагается концепция одновременного разрушения обшивки, бортового шпангоута и бортового стрингера для создания «оптимальной» конструкции перекрытия. Такое предложение также представляется спорным. Разрушение шпангоута и бортового стрингера рассматривается автором, как разрыв полки этих связей. Очевидно, что такое разрушение не несет угрозы для жизни судна в экстремальных условиях эксплуатации. Иное дело, если в результате глубоких пластических деформаций, вызванных локальной нагрузкой, происходит разрыв обшивки. Это может привести к гибели судна, потому что появление трещины в бортовой обшивке в условиях пониженных температур и переменных нагрузок может привести к быстрому росту трещины и, как следствие, к появлению водотечности, а выход трещины на палубу чреват переломом корпуса.

8. Решение задач упруго-пластического деформирования применительно к судокорпусным конструкциям имеют практический интерес для вычисления нагрузок, вызвавших остаточную деформацию, и для нормирования величин остаточных деформаций. К сожалению, в диссертации нам не удалось обнаружить предложения автора по этим величинам, вытекающие из предложенных методик.

9. Автором предложено большое число вариантов модернизации или подкрепления элементов корпуса судна, большинство из которых защищены патентами Российской Федерации. В автореферате и диссертации отсутствуют сведения о внедрении этих предложений.

Отмеченные недостатки не снижают ценности проведенных автором исследований.

### **Заключение**

Диссертация Бураковского Павла Евгеньевича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, содержащую решение научной проблемы, имеющей важное хозяйственное значение. В ней осуществлена разработка методов расчёта прочности и конструктивных мероприятий, направленных на обеспечение эксплуатационной прочности корпусов судов и повышение безопасности мореплавания.



Основное содержание диссертации отражено в периодической печати и доложено на конференциях.

Автореферат диссертации в целом правильно и полно отражает её содержание.

Представляется необходимым подчеркнуть, что автором проделана огромная теоретическая и экспериментальная работа для решения сложных задач, сформулированных в названии диссертации. 38 патентов, полученных автором, свидетельствуют также о том, что он является не только талантливым ученым, но и талантливым конструктором, что является довольно редким сочетанием.

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.

Работа обсуждена и одобрена на заседании кафедры проектирования и технологии постройки судов с приглашением представителей кафедры теории конструирования инженерных сооружений ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта» «15» октября 2021 г., протокол №4.

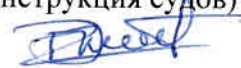
Заведующий кафедрой

проектирования и технологии постройки судов

ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

док. техн. наук (специальность 05.08.03 Проектирование и конструкция судов)

профессор



Е.П. Роннов

Профессор кафедры теории конструирования инженерных сооружений

ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,

канд. техн. наук (специальность

05.08.02 – Строительная механика корабля),

профессор



С.Н. Гирин

Почт. адр: 603950 Н.Новгород, ул Нестерова, 5. Тел.:8 904 913 3261 e-mail: girin.sn@vsuwt.ru

Подписи Е.П. Роннова и С.Н. Гирина заверяю:

Ученый секретарь Ученого Совета ФГБОУ ВО «ВГУВТ»



О.Л. Домнина