

УДК 629.12

Г.В. Егоров, А.Г. Егоров

**ОЦЕНКА РИСКА ЭКСПЛУАТАЦИИ
СУХОГРУЗНЫХ СУДОВ ТИПА «ВОЛГО-ДОН» И «ВОЛЖСКИЙ»**

Выполнен анализ происшедших аварий с сухогрузными судами смешанного плавания проектов 507А, 507Б, 1565 (с модификациями) типа «Волго-Дон» и проекта 05074 (с модификациями) типа «Волжский». Всего было обработано 146 аварийных случаев. Выявлены основные опасности, приведшие как к авариям, так и к катастрофам. Наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 15 лет с пиками аварий для судов возрастом 23-26 и 33-40 лет. Установлено, что главными опасностями являются водотечность непроницаемого корпуса, сознательное нарушение установленных ограничений по району и сезону плавания, а также «внепроектные» контакты (контакты со стенками шлюзов, причалов, посадки на мель, столкновения с другими судами и т.п.).

Ключевые слова: суда внутреннего плавания, суда смешанного река-море плавания, анализ риска, опасности, ущерб, проектирование, надежность, прогноз.

Виконаний аналіз аварій, які трапились із суховантажними суднами змішаного плавання проектів 507А, 507Б, 1565 (з модифікаціями) типу «Волго-Дон» і проекту 05074 (з модифікаціями) типу «Волзький». Усього було оброблено 146 аварійних випадків. Виявлені основні небезпеки, які привели до аварій або катастроф. Спостерігається стійкий зріст аварійності для суден віком більше, ніж 15 років з піками аварій для суден віком 23-26 і 33-40 років. Встановлено, що головними небезпеками є водотічність непроникного корпусу, свідоме порушення встановлених обмежень за районом і сезоном плавання, а також «позапроектні» контакти (контакти зі стінками шлюзів, причалів, посадки на міліну, зіткнення з іншими суднами й т.п.).

Ключові слова: судна внутрішнього плавання, судна змішаного река-море плавання, аналіз ризику, небезпеки, збиток, проектування, надійність, прогнозування.

The analysis of failures with river-sea dry-cargo vessels of 507A, 507B, 1565 projects (with modifications) of «Volgo-Don» type and of 05074 project (with modifications) of «Volzhskiy» type is executed. 146 emergency cases of vessels were analyzed. Basic dangers, resulting both in failures and casualties, are exposed. Steady growth of breakdown is observed for vessels older than 15 years with peaks of accidents at 23-26 and 33-40 aged vessels.

© Егоров Г.В., Егоров А.Г., 2017

It is established that the main danger is permeability of hull structures, conscious violation of set restrictions of sailing area and season of operation, and also «off-project» contacts (contacts with walls of locks and berths, groundings, collisions with other vessels, etc.).

Keywords: *inland vessels, river-sea vessels, risk analysis, dangers, damage, design, reliability, prognosis.*

Постановка проблемы. Как уже не раз отмечали авторы, суда «Волго-Дон макс» класса являются наиболее востребованными на отечественном рынке [2; 7] и оценка риска их эксплуатации представляет большой интерес для судовладельцев, проектантов, надзорных органов и страховых компаний.

Первым в этом классе в 1960 году был построен (на Окской судовой верфи в Навашино) сухогрузный теплоход проекта 507 «Волго-Дон 1» габаритными размерами (длиной x шириной x высотой борта x осадкой) 138,3x16,70x5,50x3,5 м (по габаритам вновь построенного Волго-Донского судоходного канала) [1]. Судно проектировалось ЦКБ «Вымпел» (главный конструктор В.А. Евстифеев) для эксплуатации на реках и водохранилищах Центрального бассейна единой глубоководной системы внутренних водных путей СССР без ограничений по погоде на перевозках массовых грузов на класс «О» Речного Регистра РСФСР с ледовыми подкреплениями для плавания в битом льду. Технический проект был утвержден в 1958 году, головное судно вышло на ходовые в ноябре 1960 года.

В итоге, было получено от Окской судовой верфи и румынского завода Олтеница 227 самоходных судна типа «Волго-Дон» проектов 507, 507А, 507Б, 1565, 1566, 1565М, 1565А, 1565МА и их продолжения – 63 судна типа «Волжский» проектов 05074, 05074М, 05074А.

Кроме того, для реализации концепции составного судна построили 28 барж-приставок (несамоходных) типа «Волжский» проекта 05074.

На январь 2017 года в эксплуатации формально находилось 166 сухогрузных самоходных судна типа «Волго-Дон»/«Волжский». Из них 35 в негодном техническом состоянии. За прошедшие годы практически все суда были переклассифицированы (или сразу строились) из озерных в суда смешанного река-море плавания (М-СП – 10 судов, М-ПР – 18 судов, О-ПР – 68 судов, R3-RSN – 15 судов, R2-RSN – 41 судно). Всего в речном классе осталось 96 судов этого типа в исходном сухогрузом варианте.

В целом, суда типа «Волго-Дон»/«Волжский» были и есть «рабочими лошадками» отечественного водного транспорта, успешно обеспечивая перевозку значительной части навалочных грузов, в том числе экспортных, на рейдовые перевалочные комплексы.

До появления в 2010 году судов проекта RSD44, они были самыми большими в мире речными сухогрузными судами и полностью соответствовали поставленным при проектировании задачам.

Однако, средний возраст находящихся в работе сухогрузных судов типа «Волго-Дон» проекта 1565 уже составляет 39,5 лет, проектов 507, 507А, 507Б – 42 года, проекта 05074 – 27,2 года.

Безусловно, такой солидный возраст для грузовых судов, активно эксплуатирующихся, как в морских ограниченных районах, так и на внутренних водных путях, не может не оказать влияние на надежность их корпусов, устройств, систем и, соответственно, не раз уже приводил к авариям.

Целью статьи является оценка перспектив эксплуатации существующих сухогрузных судов типа «Волго-Дон» и «Волжский» на основе анализа происшедших с 1991 года по настоящее время аварий с корпусами и устройствами, а также с пожарами и взрывами.

Изложение основного материала. Сухогрузные суда проектов 507, 507Б, 1565, 05074М стальные, однопалубные, двухвинтовые грузозовые, без седловатости, с двойным дном высотой 900 мм, с наклонными двойными бортами шириной 1680-2150 мм, с полубаком, с машинным отделением, жилой и рулевой рубками, расположенными в корме, с 1, 2, 4 грузовыми трюмами, предназначены для перевозки угля, концентратов, апатитов, зерна, соли, леса и генеральных грузов.

Мидель-шпангоут судна приведен на рисунке 1. Шпация поперечного набора в средней части составляет 600 мм, расстояния между продольными балками 500-550 мм, рамная шпация в средней части 1800 мм.

Для судового корпуса были использованы следующие марки стали:

- легированная сталь МК-35, предел текучести 343 МПа (продольные комингсы, ширстрек, палубный настил и продольные ребра в районе шп. 20-184);

- сталь с пределом текучести 235 МПа (для прочих конструкций).

Система набора – смешанная – палуба и днище в районе грузовых трюмов набраны по продольной системе, остальные по поперечной.

Толщины листов обшивки: бортов – 8, 9 мм, днища – 7, 8 мм; палубы – 6, 8, 10 мм; ледовый пояс в носовой части – 10 мм. Толщина настила второго дна – 10 мм. Основной набор (шпангоуты, продольные ребра жесткости второго дна, днища, верхней палубы) сделан из полособульбов 12. Толщина стенки флора, днищевого стрингера, рамного шпангоута, бортового стрингера, рамного бимса – 7 мм. Толщина стенки вертикального килля – 7 мм. Рамные шпангоуты в районе грузовых трюмов установлены через три шпации.

Как отмечалось в [1], при создании конструкции с двойным дном и двойными бортами с высокой степенью раскрытия палубы широко

применялся расчетный метод, так как действовавшие тогда правила класса не распространялись на такие решения.

Серия непрерывно совершенствовалась – появились проекты 507Б, 1565, 05074М и др.

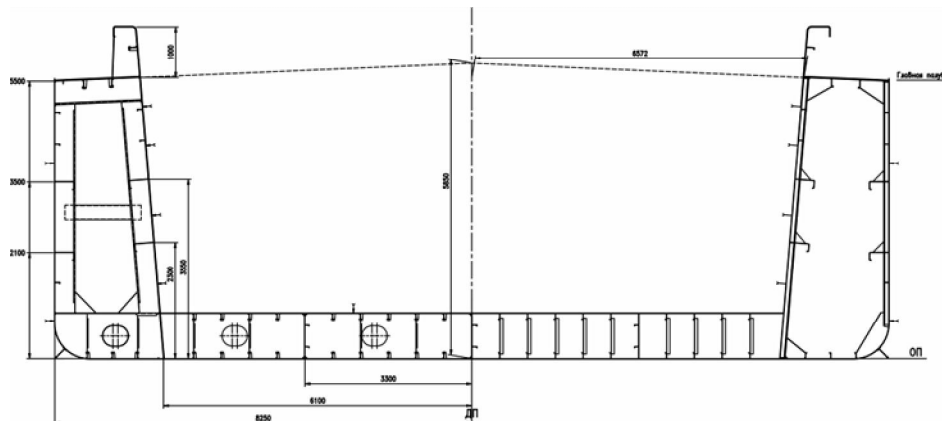


Рис. 1. Мидель-шпангоут судна типа «Волго-Дон»

На первых судах грузовое пространство было разделено на 4 трюма. На некоторых проектах от поперечных переборок в дальнейшем отказались (длина единого трюма стала более 90 м). Для уменьшения изгибающих моментов при переходах в балласте в районе миделя был установлен диптанк, судно стало двухтрюмным.

Для защиты от забрызгивания грузов при переходе через Ладожское и Онежское озера были установлены облегченные люковые закрытия (допускаемое давление 0,20 МПа на нагрузку от снега и льда во время зимнего перестоя).

Начиная с «Волго-Дона 25», на судах серии стали устанавливать дизеля советского производства 6ЧРН 36/45.

Суда проекта 1565 и 05074М строились на класс «О-пр» Речного Регистра и допускались к эксплуатации в крайне ограниченных морских районах (например, в Черном море в пределах 5-ти мильной прибрежной зоны от п. Одесса до Дунайской прорвы в сезон март-октябрь, а также от п. Очаков до п. Одесса и от п. Очаков до п. Скадовск в сезон март-ноябрь) при ограничении допускаемой высоты волны 3 % обеспеченности до 2 м и грузоподъемности до 5000 т.

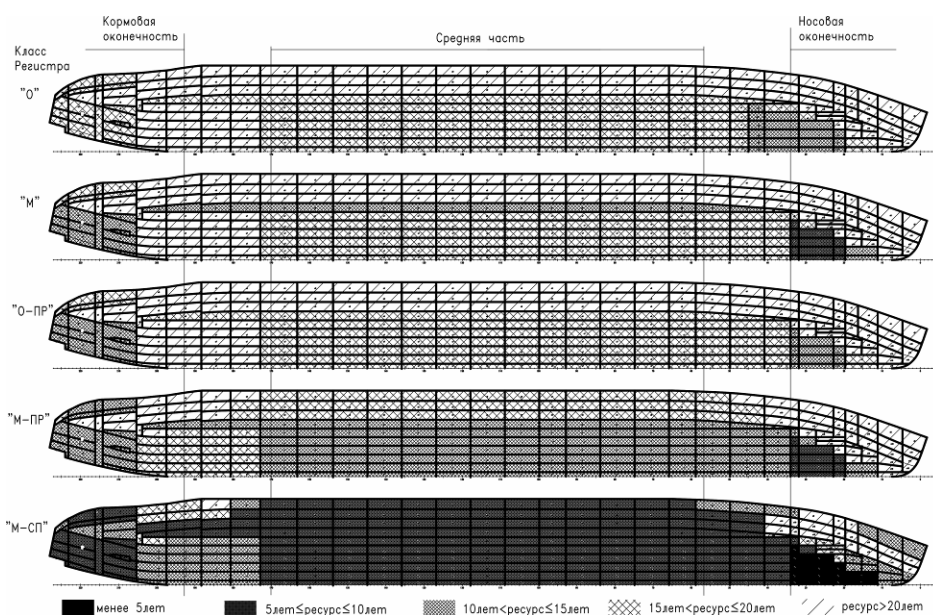
В 1993 году ЦКБ «Вымпел» и в 1994 году АО «ИЦС» (бывшее НПО «Судостроение») разработали проекты модернизации указанного типа судов на класс «М-СП» Речного Регистра.

Но изначально суда проектировались по требованиям класса «О», соответственно ресурс по износу при условии работы корпуса в этом же классе составляет, как правило, 20-25 лет и более.

Експлуатація в класі «М» (т.е. через Ладугу і Онегу) знизила ресурс всіх поясів зовнішньої обшивки товщиною 7 мм до 19 лет, а в носовій оконечності до 10 лет.

По нисходящій, при забезпеченні вихода судов в море в класі «М-ПР» – ресурс склав від 15 лет, в класі «М-СП» – від 8 лет (но не більше 19 лет).

Понятно, що маючи по ще знаходящимся в роботі судам середній вік близько 40-42 лет, експлуатацію в класах змішаного река-море плавання судов типу «Волго-Дон» (а судя по фактичним ремонтам і судов типу «Волжський») можна представити тільки після суттєвого ремонту, з заміною в итоге більше 50% обшивки (см. рисунок 2).



*Рис. 2. Изменение ресурса обшивки судна проекта 507Б,
в зависимости от района его эксплуатации*

Несколько лучше обстоит дело с конструкцией двойного дна, но и там ресурс в море ограничивается 10-15 годами, что собственно и наблюдается на практике.

Если добавить к обычным износам еще и классическую повреждаемость настила второго дна грейферами, а также износы настила второго дна и нижних поясів второго борта и поперечных переборок при перевозке агрессивных грузов типа серы, то в целом мы имеем дело с очень большими объемами ремонта.

Вероятно, мы не откроем большого секрета из того, что ряд частных судовладельцев уже изобрел некую формулу «успеха» – надо ремонтировать либо внутренний контур (второе дно – второй борт), либо наружную обшивку.

В итоге, на сегодняшний день из 119 сухогрузных судов типа «Волго-Дон» проектов 507, 507А, 507Б (строились в 1960-1980 годах) списано 39 % – 46, причем 4 были потеряны в катастрофах, а сданы на металлолом 42 со средним возрастом 37,8 лет. В эксплуатации сейчас находится 51 судно со средним возрастом 42 года, в отстое – 22 средним возрастом 46,3 года. Основной график списания судов имеет линейный характер – см. рисунок 3. Суда сейчас работают, как правило, на реке.

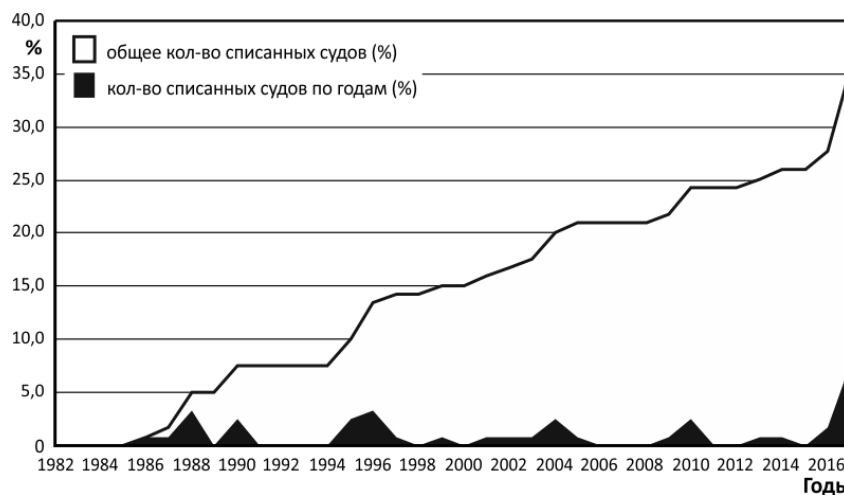


Рис. 3. Количество списанных судов в % соотношении от всех судов проектов 507А, Б типа «Волго-Дон»

Однако в 2017 году было списано сразу 9 судов (см. рисунок 4), что является признаком физического старения корпуса, так как сам тип таких судов востребован на рынке [8].

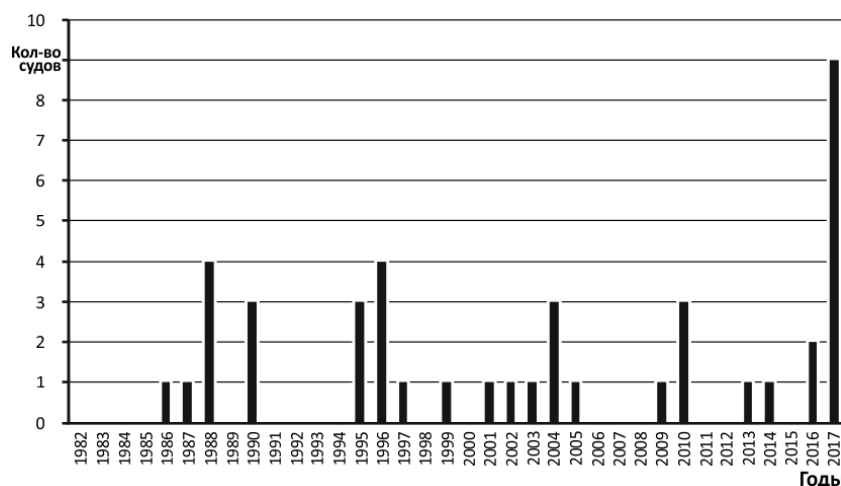


Рис. 4. Количество утилизированных судов проектов 507А, Б типа «Волго-Дон» с распределением по годам

Из 108 сухогрузных судов типа «Волго-Дон» проекта 1565 (строились в 1968-1990 годах) списано 17 % – 18, причем 5 были потеряны в катастрофах, а сданы на металлолом 13 со средним возрастом 34,7 года.

В эксплуатации сейчас находятся 81 судно со средним возрастом 39 лет, в отстое – 9 средним возрастом 44,6 года. Под флагом России работает 66 судов этого типа.

Всего авторами было обработано 146 аварий и катастроф с судами, находившимися под надзором РРР и РС, а также других классификационных обществ. Суда имели ограничения по величине высоты волны 1 % обеспеченности [$h_{1\%}$] от 1,5 до 2,0 м и 3 % обеспеченности [$h_{3\%}$] от 1,5 до 4,5 м.

Согласно с [3] по степени повреждений, нанесенных людям, окружающей среде и техническим средствам, указанные ситуации условно классифицированы 5 уровнями последствий (см. таблицу 1). Формальная оценка последствий обозначается величиной C , определяемой по 5-балльной шкале.

Таблица 1

Классификация последствий аварий и аварийных ситуаций с судами типа «Волго-Дон» и «Волжский»

Уровень последствий C	Количество рассмотренных происшествий и катастроф	Степень повреждения		
		воздействие на людей	воздействие на окружающую среду	повреждение технических средств
1 – Light Incident	82	Нет	Нет	Ничтожное
2 – Incident	40	Легкое телесное повреждение	Ничтожное	Незначительное
3 – Casualty	8	Серьезное, необратимое телесное повреждение	Существенное	Серьезное
4 – Serious Casualty	15	Потеря человеческой жизни	Критическое	Значительное
5 – Very Serious Casualty	1	Много человеческих жертв	Катастрофическое	Гибель судна

В таблице 2 дана предложенная в [4] и расширенная в [5; 6] краткая классификация основных групп идентифицированных опасностей, имеющих значение для исследования надежности и безопасности судов внутреннего и смешанного река-море плавания.

Таблиця 2

*Идентифицированные опасности для судов
типа «Волго-Дон» и «Волжский»*

Номер	Опасности	F_{AB} , %	$F_{КАТ}$, %
1	Опасности, связанные с техническим состоянием корпуса, машин, механизмов и систем судна	100,0	100,0
1.1	Несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации	8,22	56,25
1.2	Водотечность наружной обшивки, настила второго дна, обшивки второго борта, обшивки поперечных переборок, стенок цистерн	32,19	100
1.3	Нарушение технологии при выполнении построечных, ремонтных и модернизационных работ	81,51	43,75
1.4	Пропуски дефектов при дефектации корпуса, машин, механизмов и устройств	76,71	93,75
1.5	Ошибки проектировщиков	0,7	-
1.6	Неисправности и выход из строя машин и механизмов	23,97	37,5
1.7	Большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте	9,59	18,75
1.8	Невыполнение требований международной конвенции по грузовой марке в отношении люковых крышек, комингсов и конструкций воздушных труб, вентиляторов, непроницаемых дверей	5,48	25
1.9	Неисправности и выход из строя якорного устройства	6,16	6,25
1.10	Неисправности и выход из строя судовых систем	2,74	6,25
1.11	Неисправности и выход из строя рулевого устройства	50,69	6,25
1.12	Неисправности и выход из строя грузового устройства	-	-
2	Опасности, связанные с нарушениями технологии перевозки груза	8,9	50,0
2.1	Перевозка металлолома	6,85	31,25
2.2	Перевозка взрывоопасных грузов	-	-
2.3	Грузовые операции с применением грейферов, тяжелых погрузчиков и бульдозеров	5,48	25
2.4	Нарушение порядка погрузки/выгрузки в порту, «Инструкции по загрузке», «Наставления по креплению грузов», «Информации об остойчивости»	6,85	37,5

Продолжение табл. 2

Номер	Опасности	F_{AB} , %	$F_{КАТ}$, %
3	Опасности, связанные с действиями судовладельца, береговых операторов и экипажа	84,9	100,0
3.1	Балластировка, не соответствующая указаниями «Инструкции по загрузке и балластировке»	2,06	6,25
3.2	Сознательное нарушение установленных ограничений по району, сезону плавания	15,07	43,75
3.3	Сознательные и кратковременные посадки на мель, выморозка	6,16	6,25
3.4	Навигационные ошибки	32,88	68,75
3.5	Контакт с льдом, контакт со стенками причалов и шлюзов, столкновение с другим судном	34,25	31,25
3.6	Халатное отношение служб порта, бассейнового управления, СРЗ	49,32	56,25
3.7	Ошибка прогноза	30,82	68,75
3.8	Перегруз судна	1,37	12,5
3.9	Смена судовладельца	17,12	50
3.10	Сознательная эксплуатация при негодном т/с	2,06	18,75
3.11	Нарушение условий перегона, буксировки	2,74	12,5
3.12	Нарушение безопасного режима отстоя судов	3,43	12,5
3.13	Халатность экипажа, несоблюдение им ЭТД, ПТЭ	53,43	50

Общая частота возникновения опасности во всех исследуемых случаях определяется как $F_{AB} = N_I / N_{AB}$, частота возникновения опасности для наиболее тяжелых случаев (катастроф), имеющих уровни последствий $C = 4$ и $C = 5$ $F_{КАТ} = N_I / N_{КАТ}$, где N_I – число аварийных ситуаций, где имела место i -я опасность, N_{AB} – количество всех изучаемых аварий, $N_{КАТ}$ – количество катастроф.

Обращает на себя внимание тот факт, что ряд опасностей имеет $F_{КАТ} > F_{AB}$, что свидетельствует об их значительной роли в увеличении степени тяжести последствий событий.

Среди них несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации (опасность 1.1) и близкая к ней по сути опасность 1.7 – большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте; водотечность непроницаемых конструкций (опасность 1.2) и близкая к ней по сути опасность 1.8 – невыполнение условий МК-66 (т.е. потенциальная водотечность); опасность 2.1 – перевозка металлолома, 2.3 – применение грейферов, 2.4 – нарушения во время погрузочно-разгрузочных работ.

Отмечается существенная доля в событиях, имеющих последствия $C = 4$ и $C = 5$, человеческого фактора в виде ошибок при проведении дефектации (опасность 1.4), при эксплуатации судна (опасности 3.2, 3.4, 3.7, 3.10).

Особую роль играет смена судовладельца (опасность 3.9), которая сопутствует значительному числу катастроф. Можно сказать, что именно переход судов из классических структур пароходств в небольшие частные компании инициирует значительную часть других опасностей (см., например, опасности 1.2, 1.3, 3.6, 3.13).

Суда типа «Волго-Дон» и «Волжский» в связи с их пониженным стандартом прочности при эксплуатации в море (в непереоборудованном состоянии), имеют меньшие запасы прочности, чем аналогичные суда неограниченного района плавания. Поэтому все факторы, приводящие к запроектному росту усилий на тихой воде и на волнении – опасности 1.1, 3.2, 3.3, 3.7, 3.8 – отражаются на тяжести последствий воздействия на корпус рассматриваемых судов этих опасностей.

Суда работают в тяжелых условиях мелководья и частых шлюзований (до 30 в одном рейсе) летом и в ледовой обстановке зимой (если имеют классы смешанного река-море плавания), что повышает весомость опасности 3.5, т.к. она в силу накопления деформационных повреждений и истирания наружной обшивки снижает несущую способность корпусов судов.

Обобщенные данные таблицы 2 сформированы на основании обработки аварий и аварийных происшествий (для случаев с $C = 1$, $C = 2$ и $C = 3$ примеры анализа приведены в таблице 3, для случаев с $C = 4$ и $C = 5$ примеры анализа приведены в таблице 4).

Все из рассмотренных 146 случаев были проанализированы на основе тех данных, которые имелись в распоряжении (начиная с 1991 года), а также с помощью математического моделирования разных сценариев развития событий путем построения деревьев отказов (причин) и деревьев событий (последствий). Полученные здесь выводы не всегда совпадают с официальными заключениями и носят сугубо исследовательский характер.

В таблицах 3 и 4 по каждой опасности указан по 3-балльной шкале коэффициент относительной ответственности (весомости) в рассматриваемом случае. По результатам исследования методами теории риска каждого происшествия назначались: балл «3» – опасность прямого действия, непосредственно приведшая к аварии; балл «2» – опасность косвенного действия, вызвавшая к жизни опасности с баллом «3»; балл «1» – фоновые опасности, оказавшие неблагоприятное воздействие на ситуацию.

Для каждой опасности был определен обобщенный уровень риска судов R , который определялся как произведение вероятности возникновения опасности F на последствия воздействия указанной опасности на объект C . Условная вероятность F определялась по 5-балльной шкале («1» – частота возникновения в 0-20 % аварийных случаях, «2» – 21-40 %, «3» – 41-60 %, «4» – 61-80 %, «5» – 81-100 %).

Таблица 3

*Идентификация и последствия опасностей,
способствовавших авариям судов типа «Волго-Дон» и «Волжский» (примеры)*

№ п/п	Проект, название, дата постройки, возраст на момент аварии, дата аварии, [h _{3%}]	Вид опасности (номера см. в тексте статьи) и относительная ответственность																Описание последствий																
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	2.1	2.2	2.3	2.4		3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13			
1	Пр. 1565, Пелладий, 1984, 19 лет, 21.01.2003, [h _{3%}] = 2,5 м		1																		2	3											2	Деформация корпусных конструкций. Эксплуатация в ледовых условиях. (2)
2	Пр. 1565, Волго-Дон 5069, 1977, 26 лет, 05.11.2003, [h _{1%}] = 2 м		2	1															3			3									2	Деформация корпусных конструкций, трещины, пробоины. Нарушение ветрового режима. (2)		
3	Пр. 507Б, 30 лет Победы, 1975, 17 лет, 23.10.1992, [h _{3%}] = 2 м			2	1																												2	Поломка гребного вала. Некачественный ремонт. (1)
4	Пр. 05074М, Владимир Фильков, 1991, 10 лет, 11.07.2001, [h _{3%}] = 3,5 м				1																												2	Потеря гребного винта. Некачественный монтаж. (2)
5	Пр. 1565, Волго-Дон 5056, 1974, 25 лет, 23.03.1999, [h _{1%}] = 2,5 м		1	2																													1	Пожар во время сварочных работ. (2)

В таблице 5 представлена формальная оценка риска, полученная в двух вариантах: на основе всех рассмотренных аварийных ситуаций и для катастроф.

На основе данных таблицы 5 были построены матрицы риска судов типа «Волго-Дон» и «Волжский»: на рисунке 5 – для всех аварийных случаев и происшествий, исследуемых в статье и на рисунке 6 – для катастроф.

Анализ рисунков 5 и 6 позволяет сделать следующие выводы о ранжировании опасностей:

- наибольшую опасность судов типа «Волго-Дон» и «Волжский» представляют опасности 1.2 (фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций), 3.2 (нарушение ограничений), 3.5 (контакты со льдом, со стенками причалов и шлюзов, столкновения с другими судами);

- опасность 1.1 (несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации) и опасность 2.4 (нарушение «Инструкции по загрузке») имеют достаточно высокий формальный уровень риска, как по частоте, так и по последствиям, относятся к т.н. зоне «ALARP», т.е. находятся в пределах минимально практически допустимого риска;

- 3.3 (посадки на мель), 3.11 (нарушение условий буксировки или перегона) относятся к зоне «ALARP» за счет тяжести последствий;

- опасности 3.4 (навигационные ошибки), 1.4 (пропуски дефектов при дефектации), 3.7 (ошибки прогноза) относятся к зоне «ALARP» за счет высокой частоты возникновения.

Согласно подходам, принятым в методе формализованной оценки безопасности [2; 4], опасности, которые отнесены по уровню риска к зоне «недопустимого риска», должны быть подвергнуты процедуре управления риском (снижения частоты и/или последствий) при любом уровне затрат, требуемых для этого. Опасности из зоны «ALARP» требуют проведения технико-экономического анализа, с определением оптимальных по стоимости мероприятий по снижению уровня риска.

Решение задачи управления риском судов типа «Волго-Дон» и «Волжский» при воздействии опасности 1.2 лежит в сфере организационно-технических мероприятий при проведении наблюдения за фактическим состоянием корпусов судов при эксплуатации.

На основании статистики были построены графические зависимости числа аварий и катастроф от возраста судна (см. рисунок 7) и распределение по годам (см. рисунок 8).

На рисунке 7 наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 15 лет с пиком аварий для судов с возрастом 23-26 и 33-40 лет. Полученные данные можно считать не совсем полными, так как отсутствуют в необходимом для статистики объеме данные по аварийным происшествиям до 1991 года.

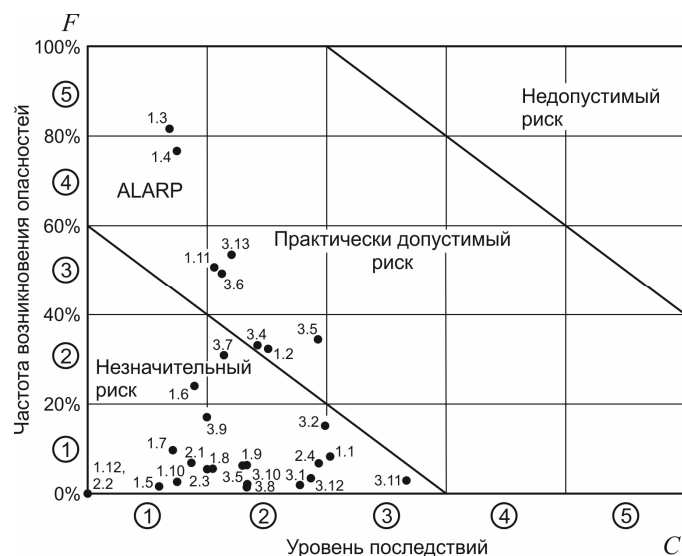


Рис. 5. Матрица риска судов типа «Волго-Дон» и «Волжский»
(для всех исследованных аварий)

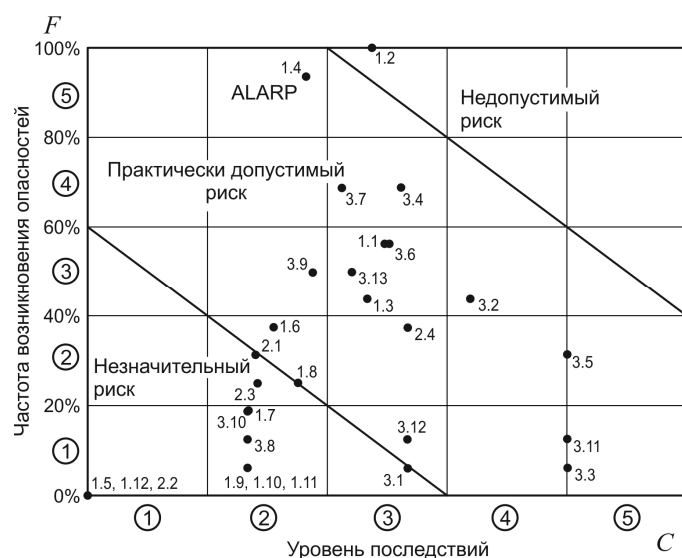


Рис. 6. Матрица риска судов типа «Волго-Дон» и «Волжский»
(для катастроф)

Рисунок 8 позволяет отметить рост аварийных случаев, начиная с 2000 года (!!!!). Максимальное количество аварийных случаев приходится на 2002, 2003, 2008, 2016 годы (11-12 случаев в год).

Таблиця 5

Формальная оценка риска судов типа «Волго-Дон» и «Волжский»

Опасность	Все случаи			Катастрофы		
	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>R</i>	<i>F</i>	<i>C</i>	<i>R</i>
1	2	3	4	5	6	7
1.1	0,411	2,028	0,833	2,813	2,481	6,979
1.2	1,61	1,511	2,432	5	2,375	11,875
1.3	4,075	0,686	2,797	2,188	2,333	5,104
1.4	3,836	0,75	2,877	4,688	1,822	8,542
1.5	0,034	0,667	0,023	0	-	-
1.6	1,199	0,895	1,073	1,875	1,556	2,917
1.7	0,479	0,714	0,342	0,938	1,333	1,25
1.8	0,274	1,042	0,285	1,25	1,75	2,188
1.9	0,308	1,333	0,411	0,313	1,333	0,417
1.10	0,137	0,75	0,103	0,313	1,333	0,417
1.11	2,534	1,059	2,683	0,313	1,333	0,417
1.12	0	-	-	0	-	-
2.1	0,342	0,867	0,297	1,563	1,4	2,188
2.2	0	-	-	0	-	-
2.3	0,274	1	0,274	1,25	1,417	1,771
2.4	0,342	1,933	0,662	1,875	2,667	5
3.1	0,103	1,778	0,183	0,313	2,667	0,833
3.2	0,753	1,985	1,495	2,188	3,19	6,979
3.3	0,308	1,296	0,4	0,313	4	1,25
3.4	1,644	1,417	2,329	3,438	2,606	8,958
3.5	1,712	1,927	3,299	1,563	4	6,25
3.6	2,466	1,125	2,774	2,813	2,519	7,083
3.7	1,541	1,141	1,758	3,438	2,121	7,292
3.8	0,068	1,333	0,091	0,625	1,333	0,833
3.9	0,856	1	0,856	2,5	1,875	4,688
3.10	0,103	1,333	0,137	0,938	1,333	1,25
3.11	0,137	2,667	0,365	0,625	4	2,5
3.12	0,171	1,867	0,32	0,625	2,667	1,667
3.13	2,671	1,205	3,219	2,5	2,208	5,521

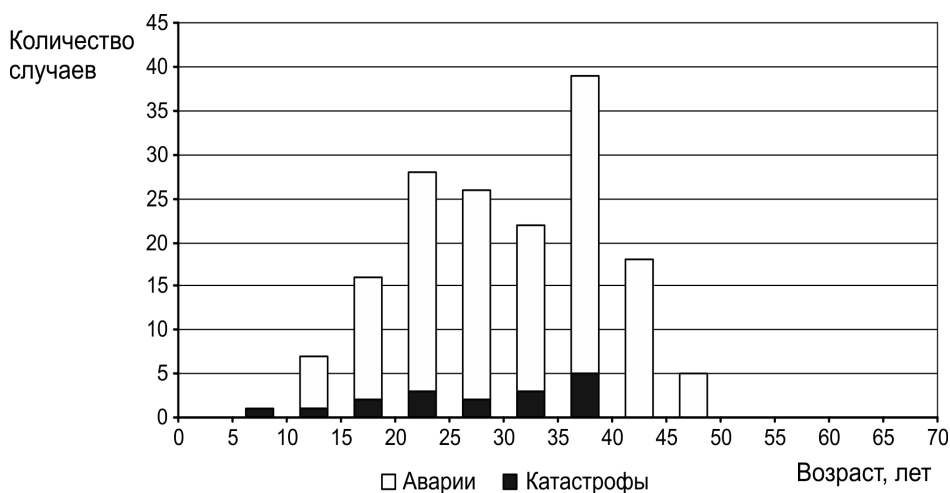


Рис. 7. Зависимости количества аварий и катастроф от возраста судна

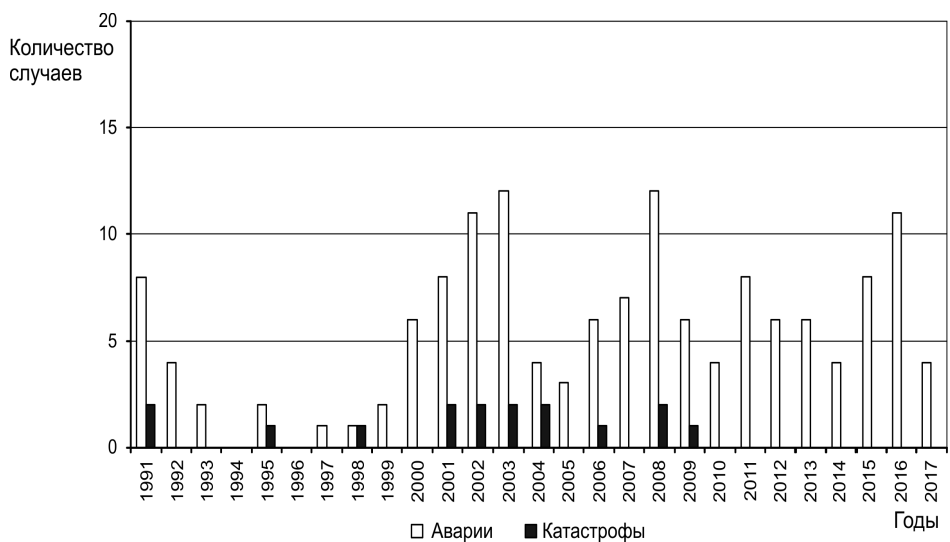


Рис. 8. Распределение количества аварий и катастроф по годам

Интерес представляет также распределение по классам аварий (см. таблицу 6). Графически роли различных классов аварий представлены на рисунках 9, 10, 11. Как видно из таблицы 6, при всех уровнях последствий 45,9 % всех аварий приходится на повреждения устройств, 43,2 % на повреждения корпуса, на затопление чуть более 6 %, на пожары и взрывы менее 5 %.

Таблиця 6

Распределение по классам аварий

Класс аварии	Затопление	Пожары и взрывы	Повреждения корпуса	Повреждения устройств	Σ
Аварии и катастрофы					
Количество	9	7	63	67	146
Относительная доля	6,2 %	4,8 %	43,2 %	45,9 %	100,0 %
Аварии					
Количество	0	5	58	67	130
Относительная доля	0,0 %	3,8 %	44,6 %	51,5 %	100,0 %
Катастрофы					
Количество	9	2	5	0	16
Относительная доля	56,3 %	12,5 %	31,3 %	0,0 %	100,0 %
Относительная опасность класса аварии					
Доля аварий в общем количестве событий	0 %	71 %	92 %	100 %	
Доля катастроф в общем количестве событий	100 %	29 %	8 %	0 %	

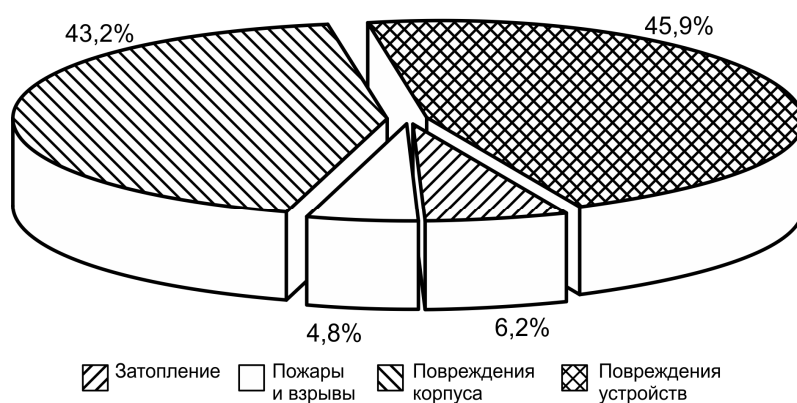


Рис. 9. Роль различных классов аварий (при всех уровнях последствий)

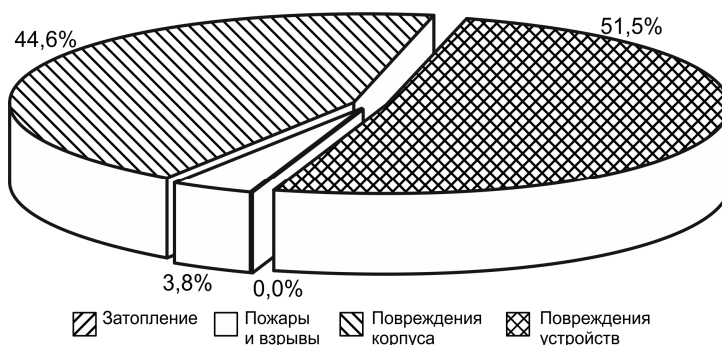


Рис. 10. Распределение типов аварийных ситуаций при авариях

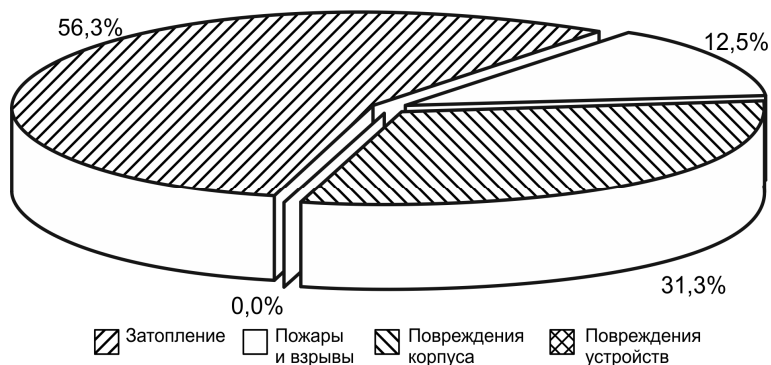


Рис. 11. Распределение типов аварийных ситуаций при катастрофах

Таблица 7

Прогноз выбытия судов типа «Волго-Дон» / «Волжский»
на июнь 2017 года

Проект	Прогнозируемый год выбытия серии	Остаточный ресурс, лет	Количество действующих судов на 2017 г., ед.	Прогноз количества судов на 2020 г., ед.	Прогноз количества судов на 2025 г., ед.
Волго-Дон (пр. 507А, 507Б)	2030	13,0	51	38	14
Волго-Дон (пр. 1565)	2034	17,0	81	70	56
Волжский (пр. 05074)	2036	19,0	47	40	27
Всего			179	148	97

За анализируемый промежуток времени (с 1991 года по настоящее время) произошло 16 катастроф (из них больше половины приходится на затопление, почти треть на повреждения корпуса и 12,5 % на пожары и взрывы). Не зафиксировано ни одного события, связанного с повреждениями устройств, которое привело бы к катастрофе.

Если не брать во внимание нарастающие проблемы в техническом состоянии, то исходя из статистически определенных закономерностей списания по каждому проекту, то из 179 сухогрузных судов типа «Волго-Дон»/«Волжский» к 2020 году останется 148, к 2025 год – 97. Однако скорее всего эти оценки являются весьма оптимистичными, так как потребуют значительного увеличения финансирования ремонта этих судов, включая замены машин и механизмов, что пока еще не делается.

Выводы. На сегодняшний день из 119 сухогрузных судов типа «Волго-Дон» проектов 507, 507А, 507Б (строились в 1960-1980 годах) списано 39 % – 46, причем 4 были потеряны в катастрофах, а сданы на металлолом 42 со средним возрастом 37,8 лет. В эксплуатации сейчас находится 51 судно со средним возрастом 42 года, в отстое – 22 средним возрастом 46,3 года. Основной график списания судов имеет линейный характер. Суда сейчас работают, как правило, на реке.

Однако в 2017 году было списано сразу 9 судов, что является признаком физического старения корпуса, так как сам тип таких судов востребован на рынке.

Из 108 сухогрузных судов типа «Волго-Дон» проекта 1565 (строились в 1968-1990 годах) списано 17 % – 18, причем 5 были потеряны в катастрофах, а сданы на металлолом 13 со средним возрастом 34,7 года. В эксплуатации сейчас находятся 81 судно со средним возрастом 39 лет, в отстое – 9 средним возрастом 44,6 года. Под флагом России работает 66 судов этого типа.

Изначально суда проектировались по требованиям класса «О», соответственно ресурс по износу при условии работы корпуса в этом же классе составляет, как правило, 20-25 лет и более, но ведь сейчас им уже в среднем 40-42 года.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Евстифеев В.А., Рабазов Ю.И., Русенко А.П. Теплоходы типа «Волго-Дон» – основа речного грузового флота страны // Судостроение. – 1986. – № 11. – С. 3-6.
2. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
3. Егоров Г.В. Развитие требований к средствам контроля загрузки морских и смешанного плавания судов // Автоматизация судовых технических средств: Научн.-техн. сб. – Вып. 5. – Одесса: ОГМА, 2000. – С. 36-53.

4. Егоров Г.В. Исследование риска при эксплуатации судов смешанного плавания // Сб. научн. трудов УГМТУ. – Николаев: УГМТУ, 2000. – № 5. – С. 49-59.
5. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Анализ риска и надежности нефтеналивных судов типа «Волгонефть» проектов 558/550 и 1577/550А // Морской вестник. – 2013. – № (47). – С. 39-45.
6. Егоров А.Г. Анализ причин и последствий аварий судов внутреннего и смешанного плавания за 1991-2010 годы // Проблемы техники. – 2011. – № 1. – С. 3-30.
7. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Суда смешанного река-море плавания и внутреннего плавания: роль «старых» серий судов и их перспективы // Морская Биржа. – 2017. – № 1 (59). – С. 18-30.
8. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Фактическое списание судов смешанного река-море плавания и прогноз утилизации судов до 2025 года. Типы судов, востребованные рынком // Морская Биржа. – 2017. – № 3 (61). – С. 30-36.

Стаття надійшла до редакції 20.11.2017

Рецензенти:

доктор технічних наук, професор, професор, завідувач кафедри «Машинознавство» Одеського національного морського університету
А.В.Конопльов

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Теоретична та прикладна механіка» Одеського національного морського університету
А.В.Гришин