

УДК 629.12

Г.В. Егоров, А.Г. Егоров

РИСК В ЭКСПЛУАТАЦИИ И НАДЕЖНОСТЬ КОРПУСОВ СУХОГРУЗНЫХ СУДОВ ПРОЕКТОВ 21-88 И 21-89

Выполнен анализ происшедших с 1991 года по настоящее время аварий с сухогрузными судами проектов 21-88, 21-89 (так называемые «Чешки»). Всего было обработано 124 аварийных случая. Выявлены основные опасности, приведшие как к авариям, так и к катастрофам. Наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 37 лет с пиком аварий для судов возрастом 40-45 лет. Установлено, что главной опасностью является водотечность непроницаемого корпуса.

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

Виконаний аналіз аварій, які трапились, починаючи з 1991 року по теперішній час із суховантажними суднами проектів 21-88, 21-89 (так звані «Чешки»). Усього було оброблено 124 аварійних випадків. Виявлені основні небезпеки, які привели до аварій або катастроф. Спостерігається стійкий зріст аварійності для суден віком більше, ніж 37 років з піком аварій для суден віком 40-45 років. Встановлене, що головною небезпекою є водотічність непроникного корпуса.

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

The analysis of failures with hulls of vessels of 21-88, 21-89 projects (so-called «Cheshka» type vessels) occurred since 1991 till present time is executed. 124 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 37 years with peak of accidents at 40-45 aged vessels. It is established that the main danger is permeability of hull structures.

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

Постановка проблемы. К августу 2014 года в эксплуатации находятся уже 78 новых танкеров река-море плавания, построенных с 2002 года по проектам Морского Инженерного Бюро.

Наиболее востребованными были и остаются суда «Волго-Дон макс» класс [3, 11, 12, 15, 16] (максимально соответствующий габаритам шлюзов Волго-Донского судоходного канала – ВДСК) с расширенным спектром возможностей – от первого района Российского морского регистра судоходства (РС) до класса «М-ПР» Российского Речного Регистра (РРР), включая перевозку нефти и нефтепродуктов, растительного масла, других наливных химических грузов, а также на ряде проектов и сухих грузов.

105 сухогрузных судов внутреннего плавания типа «Калининград» проекта 21-88 и типа «Рефрижератор» проекта 21-89 (обычно все такие суда называют «Чешками») габаритными размерами (длиной x шириной x высотой борта x осадкой) 103,62 x 12,20 x 4,90 x 3,00 м класса Речного Регистра «О» с допускаемой высотой волны 2,0 м были построены с 1962 по 1968 год в Чехословакии, на верфи Словенске Лоднице в г. Комарно по проекту, разработанному КБ верфи в 1959-1960 годах. В свое время составляли, как и известные суда типа «Волго-Дон» и «Волго-Балт» ранних серий, основу отечественного сухогрузного речного флота.

На дату подготовки публикации (май 2014 года) в эксплуатации находилось 62 судна проектов 21-88 и 21-89 (одно из судов переоборудовано в стоечное и работает на Днестре). Из них 5 в негодном техническом состоянии. За прошедшие годы 37 судов были переклассифицированы из речных в суда смешанного река-море плавания (М-СП – 4 судна, М-ПР – 12 судов, О-ПР – 15 судов, R3-RSN – 4 судна, R2-RSN – 2 судна). Всего в классе РРР эксплуатируется 50 судов, остальные – под другими классами Классификационных обществ. В последние годы наблюдается тенденция возвращения судов такого типа на реки, что связано с их ограниченным эксплуатационным ресурсом и ограниченной возможностью эксплуатации в морских условиях. Средний возраст находящихся в эксплуатации судов проектов 21-88 и 21-89 составляет 49,3 года.

Безусловно, столь солидный возраст для грузовых судов, активно эксплуатирующихся на внутренних водных путях России, не может не оказать влияние на надежность их корпусов, устройств, систем и соответственно не раз приводил к авариям с гибелью людей и загрязнением окружающей среды. Однако на них до сих пор осуществляются перевозки, в том числе и опасных грузов.

Целью статьи является анализ происшедших с 1991 года по настоящее время аварий с корпусами сухогрузных судов проектов 21-88 и 21-89. Были рассмотрены происшествия, которые связаны с корпусом и устройствами, а также с пожарами и взрывами.

Изложение основного материала. Суда проектов 21-88 и 21-89 стальные, однопалубные, двухвинтовые грузовые, без седловатости, с двойным дном высотой 800 мм, с одинарным бортом, с баком и ютом, с машинным отделением, жилой и рулевой рубками, расположенными в корме, с 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 классические для судов смешанного плавания 550 мм, в носовом районе 0-23 шп. – 400 мм, в кормовом районе 177-189 шп. – 500 мм. Для судового корпуса были использована сталь с пределом текучести 235 МПа¹, для продольного комингса – сталь с пределом текучести 380 МПа. Система набора смешанная – днище (19-180 шп.), второе дно (19-147 шп.), палуба (1-166 шп.) набраны по продольной системе набора; днище (0-19 шп. и 180-189 шп.) и борт – по поперечной системе набора.

Толщины листов обшивки: бортов – 8 мм, днища – 7, 8 мм; палубы – 6, 8, 10 мм; ледовый пояс в носовой части – 10 мм; ледовый пояс в кормовой части – 9 мм. Толщина настила второго дна – 7 мм². Основной набор (шпангоуты, продольные ребра жесткости второго дна, днища, верхней палубы) сделан из полособульбов 10. Толщина стенки флора, днищевого стрингера, рамного шпангоута, бортового стрингера, рамного бимса – 6 мм. Толщина стенки вертикального киля – 8 мм. Рамные шпангоуты в районе грузовых трюмов установлены через три шпации.

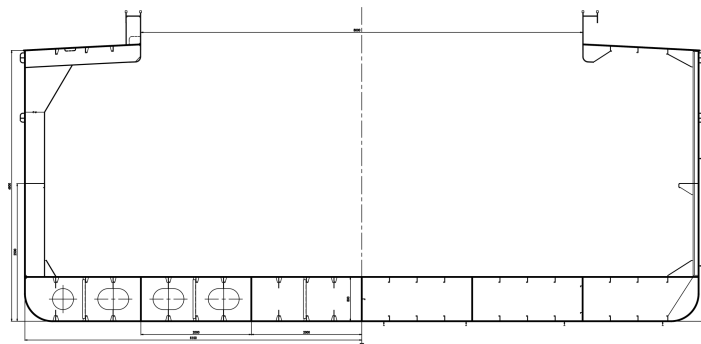


Рис. 1. Мидель-шпангоут судна проекта 21-88

Суда проектировались по требованиям класса «О», соответствующим ресурс по износу при условии работы корпуса в этом же классе составляет, как правило, 24 года и более. Эксплуатация в классе «М» (т.е. через Ладогу и Онегу) снизила ресурс всех поясьев наружной обшивки толщиной 7 мм до 13-24 лет. По нисходящей, при обеспечении выхода судов в море в классе «М-ПР» – ресурс составил от 10 лет, в классе «М-СП» – от 5 лет (но не более 20 лет). Понятно, что имея по еще находящимся в работе судам средний возраст около 50 лет, эксплуатацию в классах смешанного река – море плавания и в классе «М» проектов 21-88 и 21-89 можно представить только после существенного ремонта, с заменой до 60-70% конструкций (см. рисунок 2).

¹ Причем на части судов по специальному разрешению была применена кипящая сталь, что для послевоенной практики мирового судостроения является совершенно уникальным (и опасным) явлением

² Для работы грейферами толщина совершенно не достаточна.

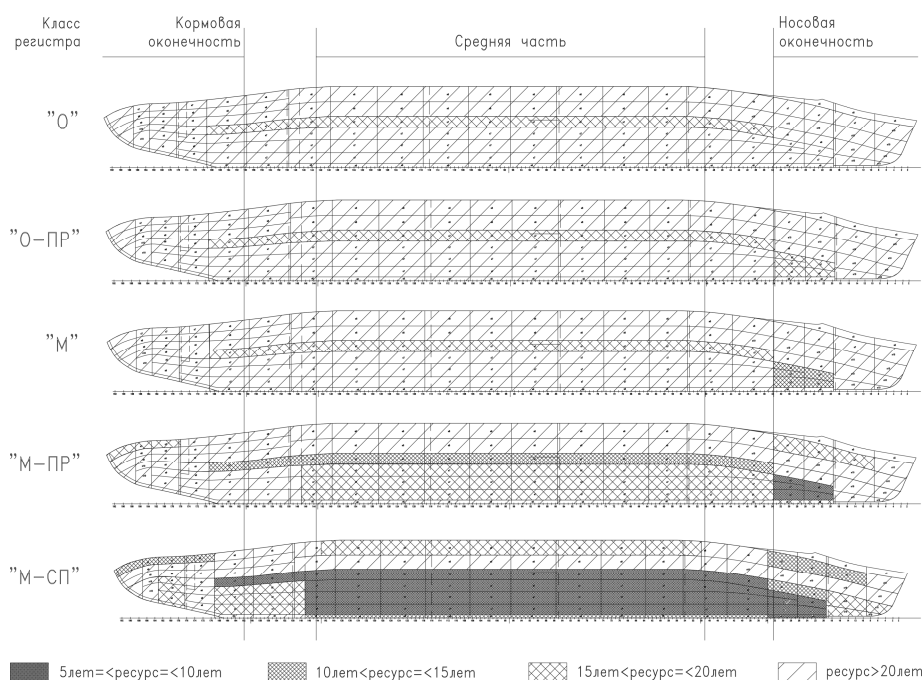


Рис. 2. Изменение ресурса обшивки судна проекта 21-88, в зависимости от района его эксплуатации

Всего авторами было обработано 124 аварии и катастрофы с судами, находившимися под надзором РРР, РС и РУ. Суды 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 3,5 м.

Согласно [2] 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.

В таблице 2 дана предложенная в [3] и расширенная в [4, 5] краткая классификация основных групп идентифицированных опасностей, имеющих значение для исследования надежности и безопасности судов внутреннего и смешанного река-море плавания.

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.

Таблиця 1

*Классификация последствий аварий
и аварийных ситуаций с судами проектов 21-88/21-89*

Уровень последствий С	Количество рассмотренных происшествий и катастроф	Степень повреждения		
		Воздействие на людей	Воздействие на окружающую среду	Повреждение технических средств
1 – Light Incident	79	Нет	Нет	Ничтожное
2 – Incident	28	Легкое телесное повреждение	Ничтожное	Незначительное
3 – Casualty	6	Серьезное, необратимое телесное повреждение	Существенное	Серьезное
4 – Serious Casualty	0	Потеря человеческой жизни	Критическое	Значительное
5 – Very Serious Casualty	11	Много человеческих жертв	Катастрофическое	Гибель судна

Таблиця 2

*Идентифицированные опасности для судов внутреннего
и смешанного река-море плавания проектов 21-88/21-89*

№	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	16,9	100,0
1.2	Водотечность наружной обшивки, настила второго дна, обшивки второго борта, обшивки поперечных переборок, стенок цистерн	49,2	100,0
1.3	Нарушение технологии при выполнении построечных, ремонтных и модернизационных работ	82,3	0,0
1.4	Пропуски дефектов при дефектации корпуса, машин, механизмов и устройств	76,6	90,9
1.5	Ошибки проектировщиков	0,8	0,0
1.6	Неисправности и выход из строя машин и механизмов	9,7	0,0
1.7	Большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте	8,9	81,8

Продолжение табл. 2

№	Опасности	FAB, %	FKAT, %
1.8	Невыполнение требований международной конвенции по грузовой марке в отношении люковых крышек, комингсов и конструкций воздушных труб, вентиляторов, непроницаемых дверей	7,3	81,8
1.9	Неисправности и выход из строя якорного устройства	12,9	0,0
1.10	Неисправности и выход из строя судовых системах	16,1	0,0
1.11	Неисправности и выход из строя рулевого устройства	37,1	0,0
1.12	Неисправности и выход из строя грузового устройства	0,8	0,0
2	Опасности, связанные с нарушениями технологии перевозки груза	37,9	100,0
2.1	Перевозка металллолома	37,1	100,0
2.2	Перевозка взрывоопасных грузов	2,4	18,2
2.3	Грузовые операции с применением грейферов, тяжелых погрузчиков и бульдозеров	32,3	100,0
2.4	Нарушение порядка погрузки/выгрузки в порту, «Инструкции по загрузке», «Наставления по креплению грузов», «Информации об остойчивости»	4,0	9,1
3	Опасности, связанные с действиями судовладельца, береговых операторов и экипажа	100,0	100,0
3.1	Балластировка, не соответствующая указаниями «Инструкции по загрузке и балластировке»	0,8	0,0
3.2	Сознательное нарушение установленных ограничений по району, сезону плавания	11,3	100,0
3.3	Сознательные и кратковременные посадки на мель, выморозка	8,1	18,2
3.4	Навигационные ошибки	25,0	36,4
3.5	Контакт с льдом, контакт со стенками причалов и шлюзов, столкновение с другим судном	25,8	0,0
3.6	Халатное отношение служб порта, бассейнового управления, СРЗ	45,2	0,0
3.7	Ошибка прогноза	8,9	90,9
3.8	Перегруз судна	1,6	9,1
3.9	Смена судовладельца	50,8	100,0
3.10	Сознательная эксплуатация при негодном т/с	4,0	45,6
3.11	Нарушение условий перегона, буксировки	2,4	9,1
3.12	Нарушение безопасного режима отстоя судов	4,0	0,0
3.13	Халатность экипажа, несоблюдение им ЭТД, ПТЭ	37,1	72,7

Обращает на себя внимание тот факт, что ряд опасностей имеет $F_{KAT} > F_{AB}$, 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 экс-

плуатации (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 и опасность 2.3 – применение грейферов.

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, 3.11, 3.13).

Особую роль играет смена судовладельца (опасность 3.9), которая сопутствует значительному числу катастроф. Можно сказать, что именно переход судов из классических структур пароконств в небольшие частные компании инициирует значительную часть других опасностей (см., например, опасности 1.2, 1.3, 3.6, 3.10, 3.11, 3.13).

Суда проектов 21-88/21-89 в связи с их пониженным стандартом прочности, 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 (ССП), что повышает весомость опасности 3.5, т.к. она в силу накопления деформационных повреждений и истирания наружной обшивки снижает несущую способность корпусов судов.

Например, в мае 1983 года на судне пр. 21-89, не имевшем ледовых усилений, после осенней эксплуатации под проводкой ледоколов в сплошном льду толщиной 40 см, нашугованном до 1,0 м, при температуре до -32 градусов и последующей постановки судна на зимний отстой были обнаружены две трещины в средней части. Отмечено, что борт и палуба во время зимовки были покрыты слоем льда толщиной 100-150 мм.

Одна из трещин – по шп. 68-72 возникла у продольного комингса, пересекла палубу, перешла на борт и на расстоянии 2000 мм от палубы разветвилась на три ветви. В месте разветвления была обнаружена деформация «клина» по наружной обшивке длиной 550 мм и отходом от линии борта на 40 мм наружу. Продольный и поперечный набор был разорван вместе с листами. Общая длина трещины составила почти 4000 мм.

Трещина по наружной обшивке борта в районе шп. 94-95 возникла у палубы и распространилась вниз (практически вертикально) на расстояние 1200 мм с раскрытием до 8 мм и со смещением кромок до 10 мм.

Как было установлено, во время ледовой проводки корпус судна получил повреждение в виде вмятины в районе шп. 65-74 общей площадью 12,0 кв.м со стрелкой прогиба 60 мм. Кроме того, была выявлена

сплошная коррозия на кромках трещин, что указывало на более ранний период их появления. Проведенный анализ материала позволил сделать вывод о том, что для постройки судна была применена сталь кипящей плавки.

Вероятнее всего хрупкие трещины возникли во время перехода в ледовых условиях, как результат сочетания нескольких неблагоприятных факторов – отрицательной температуры, материала (кипящей стали) и ударного ледового воздействия, как инициатора трещины. При этом напряжения от общего изгиба в палубе были невелики и составили 81 МПа при пределе текучести 235 МПа (34%).

Был произведен ремонт корпуса с заменой конструкций борта и палубы. Интересно отметить, что в настоящее время однотипные (пр. 21-88, 21-89) суда после подкреплений работают в море (см. рисунок 3).



Рис. 3. Ледовые усиления на судне пр. 21-89

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).

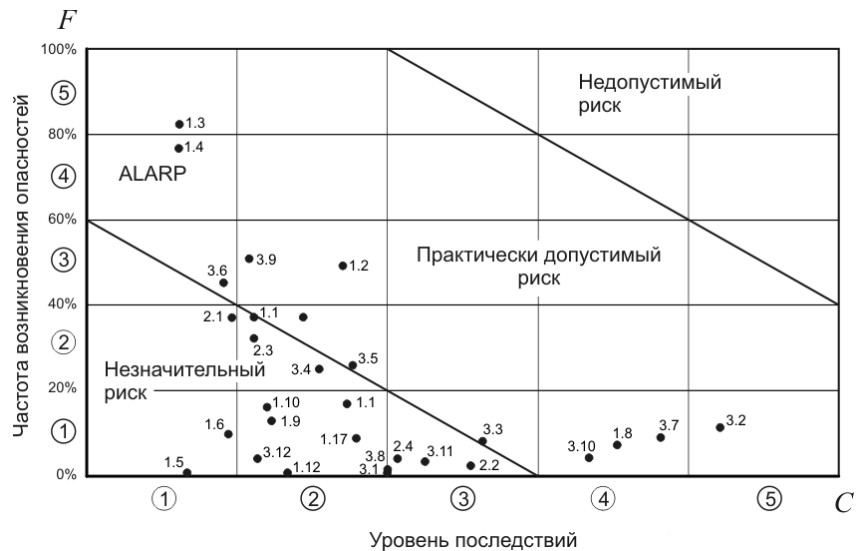
Все из рассмотренных 124 случаев были проанализированы на основе тех данных, которые имелись в распоряжении (начиная с 1991 года), а также с помощью математического моделирования разных сценариев развития событий путем построения деревьев отказов (причин) и деревьев событий (последствий). Полученные здесь выводы не всегда совпадают с официальными заключениями и носят сугубо исследовательский характер.

В таблицах 3 и 4 по каждой опасности указан по 3-бальной 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%).

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 проекта 21-88 и 21-89: на рисунке 4 – для всех аварийных случаев и на рисунке 5 – для катастроф.



*Рис. 4. Матрица риска судов проектов 21-88/21-89
(для всех исследованных аварий)*

Таблиця 3
Ідентифікація і наслідки аварійних ситуацій «Чешек» (приклади)

№ п/п	Проект, називається, дата побудови, вік аварії, дата аварії, [h _{3%}]	Вид аварії (номера ст. в тексті статті) і відповідна відповідальність																				Опис аварії, наслідків									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	31	32	33	34	35	36		37	38	39	40	41	42	43		
1.	Пр. 21-88, Алушта, 1968, 37 років, 30.05.2005, [h _{3%}] = 3,5 м	2	2	1	1			1								3	2														Загони в час штурма, викид на берег і внаслідок аварії на кораблі лег на грунт внаслідок Севастополю (3)
2.	Пр. 21-88, Орехово-Зуєво, 1966, 44 роки, 27.07.2010, [h _{3%}] = 2 м						1			2			1																3	Варварство і пожежа на причалі при перевантаженні паливом (3)	
3.	Пр. 21-88, Алушта, 1968, 44 роки, 23.07.2012, [h _{3%}] = 3,5 м	2	1	1							2		1		2	2	3												2	Аварія на причалі внаслідок аварії (3)	
4.	Пр. 21-88, Астрахань, 1965, 30 років, 30.06.1995, [h _{3%}] = 2,5 м			2	1																					1			2	Деформація корпусних конструкцій, аварія в льодових умовах (2)	

Продолжение табл. 3

№ п/п	Проект, название, дата постройки, возраст на момент аварии, дата аварии, [R _{исл}]	Вид опасности (номера см. в тексте статьи) и относительная ответственность																			Описание последствий												
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	110	111	112	21	22	23	24	31	32	33		34	35	36	37	38	39	310	311	312	313		
5.	Пр. 21-88, Болгое, 1963, 36 лет, 19.07.1999, [R _{исл}] = 2 м			1	2								1									3											Изнас корпусных конструкций. Незачастенный ремонт (1)
6.	Пр. 21-88, Жигулёвск-1, 1965, 48 лет, 25.06.2013, [R _{исл}] = 2 м			1	1																											Столование с подводным препятствием, отрез ДРК, ГД. Вследствие этого, навал на состав «ОТ-2056» и посылка на мель. Пробона в кормовой части, повреждена носовая часть выше ватерлинии (3)	

Таблиця 4

Идентифікація і наслідки небезпек, спричинених катастрофами «Чешек» (приклад)

№ п/п	Проект, назва, дата побудови, вік на момент аварії, дата аварії, [h _{3%}]	Вид небезпек (номера см. в тексті статті) і відносительна відповідальність																			Опис наслідків											
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29		30	31									
1	2 Пр. 21-88, Заволжє (Meissa), 1962, 43 роки, 09.09.2005, [h _{3%}] = 3,5 м	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	Формалізований рівень наслідків (С)
2	3 Пр. 21-88, Кузнец (Nashu), 1962, 43 роки, 23.09.2005, [h _{3%}] = 3,5 м	1	3	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Загонул у берегов Турши, порушення умов плавания (5)
3	1 Пр. 21-88, Люберці (Marija), 1968, 26 років, 1994, [h _{3%}] = 3,5 м	1	3	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Повторно после 2003 года загонул в шторм, порушення умов плавания (5)
		1	3	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Загонул в районі острова Борнхольм (Балтійське море) (5)

Продолжение табл. 4

1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
	Пр. 21-88, Вольногорск (Володарск), 1965, 42 года, 11.11.2007, [h_{388}] = 2 м		2	3	1	2									1	2	1			3					3	1								При стоянке в Керченском проливе загнуд в шторм с грузом серы, нарушение условий плавания (5)
	Пр. 21-88, Воскресенск, 1964, 33 года, 1997, [h_{388}] = 3,5 м		1	3	1	1	2							2	2	2			2	3					2	2	2	2						Загнуд в Черном море, нарушение условий плавания (5)
	Пр. 21-88/4 (укорочены й), Камюст-1, 1968, 39 лет, 11.11.2007, [h_{388}] = 3,5 м		1	3	1	1	2							2	2	2			3						3	1								Загнуд в шторм в Каспийском море с грузом 2186 тонн металла. Большая часть экипажа погибла, нарушение условий плавания (5)
	Пр. 21-88, Нагичевань, 1966, 41 год, 11.11.2007, [h_{388}] = 3 м		2	3	1	2								1	2	1			3						3	1								При стоянке в Керченском проливе загнуд в шторм с грузом серы. Погибла большая часть экипажа, нарушение условий плавания (5)

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
	Пр. 21-88, Тикси (Tiksi), 1966, 34 года, 02.01.2000, [n_{358}] = 3 м	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
8.	Пр. 21-88, Эльзема (Elzema), 1967, 27 лет, 04.04.1994, [n_{358}] = 2 м	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
9.	Пр. 21-88, Сокол (Trigan), 1967, 39 лет, 2006, [n_{358}] = 3,5 м	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
10.	Пр. 21-88, Сокол (Trigan), 1967, 39 лет, 2006, [n_{358}] = 3,5 м	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32

Таблиця 5
Формальная оценка риска судов проектов 21-88/21-89

Опасность	Все случаи			Катастрофы		
	F	C	R	F	C	R
1.1	0,847	1,730	1,465	5,000	2,576	12,879
1.2	2,460	1,705	4,194	5,000	4,545	22,727
1.3	4,113	0,618	2,540	0,000	0,000	0,000
1.4	3,831	0,611	2,339	4,545	1,667	7,576
1.5	0,040	0,667	0,027	0,000	0,000	0,000
1.6	0,484	0,944	0,457	0,000	0,000	0,000
1.7	0,444	1,788	0,793	4,091	2,037	8,333
1.8	0,363	3,519	1,277	4,091	3,519	14,394
1.9	0,645	1,229	0,793	0,000	0,000	0,000
1.10	0,806	1,200	0,968	0,000	0,000	0,000
1.11	1,855	1,116	2,070	0,000	0,000	0,000
1.12	0,040	1,333	0,054	0,000	0,000	0,000
2.1	1,855	0,964	1,788	5,000	2,576	12,879
2.2	0,121	2,556	0,309	0,909	3,333	3,030
2.3	1,613	1,117	1,801	5,000	2,576	12,879
2.4	0,202	2,067	0,417	0,455	3,333	1,515
3.1	0,040	2,000	0,081	0,000	0,000	0,000
3.2	0,565	4,214	2,379	5,000	5,000	25,000
3.3	0,403	2,633	1,062	0,909	4,167	3,788
3.4	1,250	1,538	1,922	1,818	3,333	6,061
3.5	1,290	1,771	2,285	0,000	0,000	0,000
3.6	2,258	0,911	2,056	0,000	0,000	0,000
3.7	0,444	3,818	1,694	4,545	4,000	18,182
3.8	0,081	2,000	0,161	0,455	3,333	1,515
3.9	2,540	1,079	2,742	5,000	3,030	15,152
3.10	0,202	3,333	0,672	2,273	3,333	7,576
3.11	0,161	2,250	0,363	0,455	5,000	2,273
3.12	0,202	1,133	0,228	0,000	0,000	0,000
3.13	1,855	1,442	2,675	3,636	3,542	12,879

Анализ рисунков 4 и 5 позволяет сделать следующие выводы о ранжировании опасностей:

- наибольшую опасность судов проектов 21-88/21-89 представляют опасности 1.2 (фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций, что совершенно понятно при наличии поясьев обшивки и настила второго дна толщиной 7 мм и отсутствию второго борта, низкой устойчивостью продольных ребер жесткости из полособульбов профиля 10), 1.8 (невыполнение условий МК-66, особенно по люковым закрытиям, так как суда вообще не проектировались для моря), 3.2 (нарушение ограничений), 3.7 (ошибки прогноза), 3.9 (смена судовладельца) и 3.13 (нарушение ПТЭ экипажем), существующий уровень риска по данным опасностям относится к зоне «недопустимого риска»;

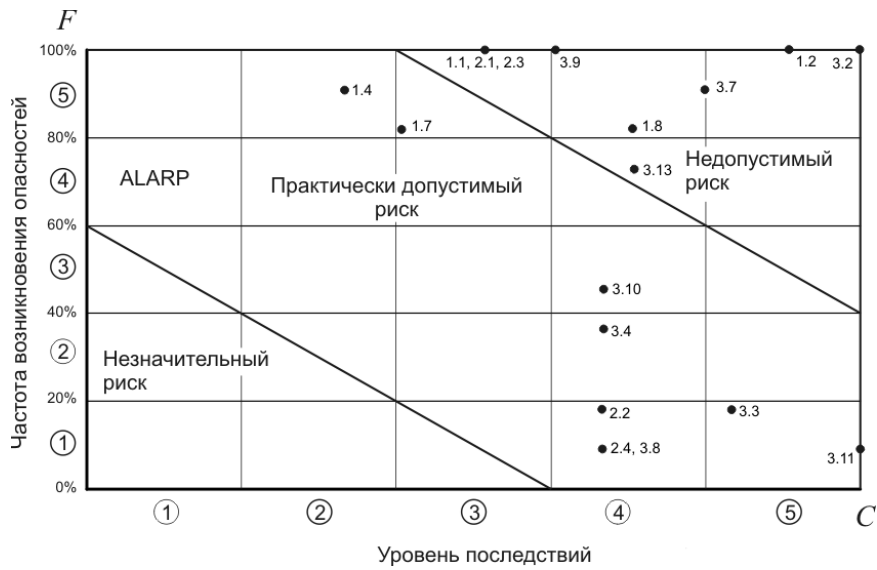


Рис. 5. Матрица риска судов проектов 21-88/21-89 (для катастроф)

- опасность 3.10 (эксплуатация при негодном техническом состоянии) имеет достаточно высокий формальный уровень риска, как по частоте, так и по последствиям, относится к т.н. зоне «ALARP», т.е. находится в пределах минимально практически допустимого риска;

- опасности 2.2 (перевозка взрывоопасных грузов), 2.4 (нарушение «Инструкции по загрузке»), 3.3 (посадки на мель), 3.4 (навигационные ошибки), 3.8 (перегруз), 3.11 (перегон, буксировка) относятся к зоне «ALARP» за счет тяжести последствий;

- опасности 1.1 (несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации), 1.4 (пропуски дефектов при дефектации), 1.7 (большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте; водотечность непроницаемых конструкций), 2.1 (перевозка металлолома), 2.3 (применение грейферов) относятся к зоне «ALARP» за счет высокой частоты возникновения.

Согласно подходам, принятым в методе формализованной оценки безопасности [1, 3], 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 проектов 21-88/21-89 при воздействии опасности 1.2 лежит в сфере организационно-техниче-

ских 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 6) и распределение по годам (см. рисунок 7).

На рисунке 6 наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 37 лет с пиком аварий для судов с возрастом 40-45 лет. Полученные данные можно считать не совсем полными, так как отсутствуют в необходимом для статистики объеме данные по аварийным происшествиям до 1991 года.

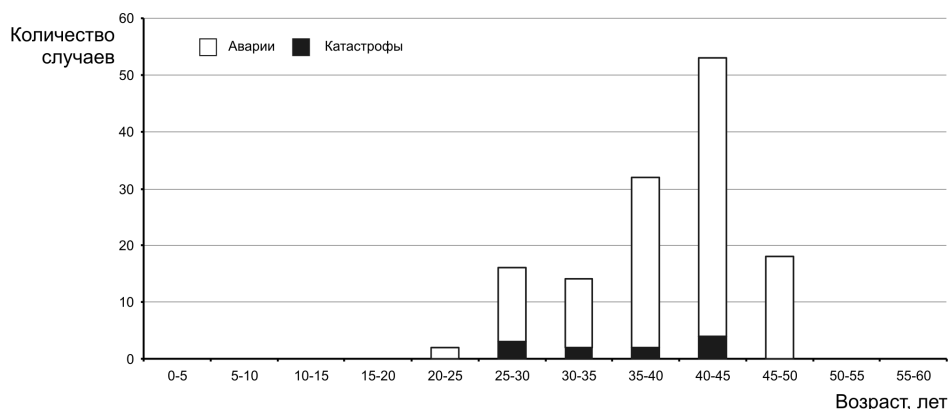


Рис. 6. Зависимости количества аварий и катастроф от возраста судна

Рисунок 7 позволяет отметить рост аварийных случаев, начиная с 2004 года. Максимальное количество аварийных случаев приходится на 2008 год (16 случаев). За 2014 год данные на начало речной навигации 2014 года.

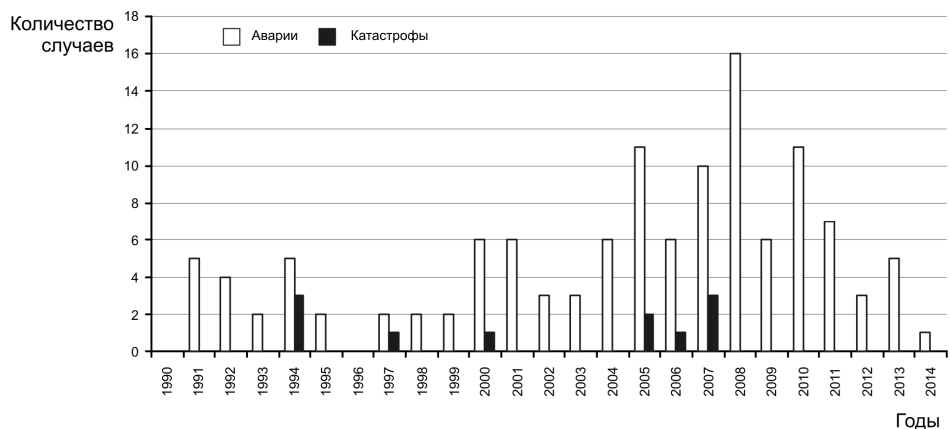


Рис. 7. Распределение количества аварий и катастроф по годам

Интерес представляет также распределение по классам аварий (см. таблицу 6). Графически роль различных классов аварий представлена на рисунках 8, 9, 10. Как видно из таблицы 6, при всех уровнях последствий половина всех аварий приходится на повреждение корпуса, чуть больше трети на повреждение устройства, на затопление менее 10 %.

Таблица 6

Класс аварии	Затопление	Пожары и взрывы	Повреждение корпуса	Повреждения устройств	Σ
Аварии и катастрофы					
Количество	11	1	64	48	124
Относительная доля	8,9%	0,8%	51,6%	38,7%	100,0%
Аварии					
Количество	1	1	63	48	113
Относительная доля	0,9%	0,9%	55,8%	42,5%	100,0%
Катастрофы					
Количество	10	0	1	0	11
Относительная доля	90,9%	0,0%	9,1%	0,0%	100,0%
Относительная опасность класса аварии					
Доля аварий в общем количестве событий	9%	100%	98%	100%	
Доля катастроф в общем количестве событий	91%	0%	2%	0%	

Примером катастроф из-за повреждения люковых закрытий и корпуса является гибель 11 ноября 2007 года в шторм в Керченском проливе «Нахичевани» (с грузом серы 2366 т) и «Вольногорска» (с грузом серы 2437 т). Критическая ситуация явилась результатом аномальной, трудно прогнозируемой штормовой погоды с ураганным ветром со скоростью до 35 метров в секунду. В 10.05 был получен сигнал бедствия от т/х «Вольногорск». Шторм сорвал люковые закрытия, забортная вода стала заливать грузовые трюма. С уже тонущего судна весь экипаж высадился на спасательный плот, который через два часа был выброшен на материковую часть косы Тузла (люди спаслись). В 10.30 т/х «Вольногорск» затонул на глубине 11 м. В дальнейшем водолазным осмотром было установлено, что «Вольногорск» опрокинулся и лег на грунт вверх днищем. В 11.44 было получено сообщение с т/х «Нахичевань», что сняться с якоря не может, сорваны люковые крышки трюмов, затоплено 2 трюма. Капитан пытался спустить плоты. В 12.39 буксир «Нептуния» поднял с воды на борт 3 человека из экипажа судна. Позднее по результатам водолазных осмотров, было установлено, что «На-

хичевань» лежит на грунте, из воды видна верхняя часть рубки и носовая мачта. Судно получило значительные повреждения корпуса: пробоина в борту, крышки грузовых трюмов сорваны, груз (сера) в грузовых трюмах отсутствует.

В итоге, в девяти из десяти событий, связанных с затоплением, происходит гибель судна этого проекта, при этом зафиксирован лишь один случай гибели судна из-за перелома корпуса.

За анализируемый промежуток времени (с 1991 года по настоящее время) произошла всего одна авария, связанная с пожаром и взрывом. Не зафиксировано ни одного события, связанного с пожарами и взрывами, которые привели бы к катастрофе.

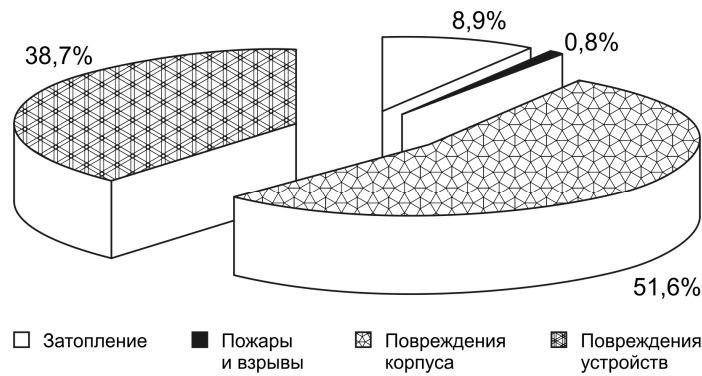


Рис. 8. Роль различных классов аварий (при всех уровнях последствий)

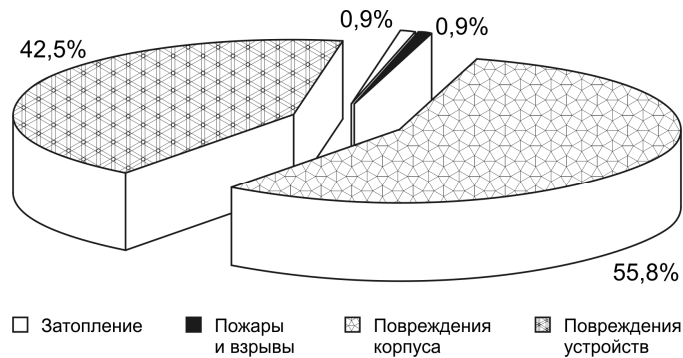


Рис. 9. Роль различных классов аварий (при уровнях последствий C=1, 2, 3)

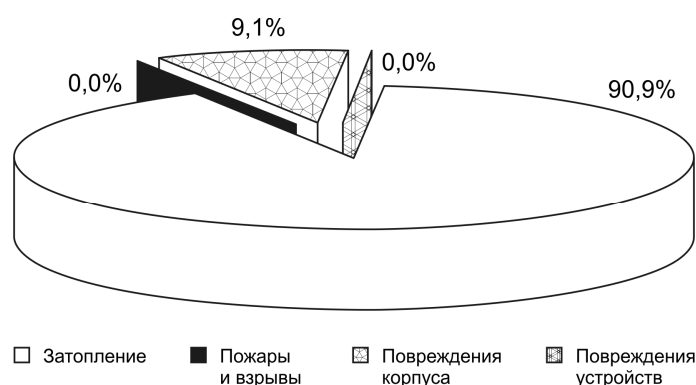


Рис. 10. Роль различных классов аварий
(при уровнях последствий $C=4$ и 5)

Выводы. Наибольшую опасность судов проектов 21-88/21-89 представляют фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций, что совершенно понятно при наличии поясьев обшивки и настила второго дна толщиной 7 мм и отсутствию второго борта, низкой устойчивостью продольных ребер жесткости из полособульбов профиля 10, невыполнение условий МК-66, особенно по люковым закрытиям, так как суда вообще не проектировались для моря, нарушение ограничительного класса, ошибки прогноза, смена судовладельца и нарушение ПТЭ экипажем.

В краткосрочной и среднесрочной перспективе решение проблемы обеспечения достаточной надежности и безопасности сухогрузных судов при сохранении приемлемого уровня эффективности возможно только при обеспечении системного подхода на всех стадиях жизненного цикла, включая этапы классификации и требований Правил, проектирования, строительства, эксплуатации, освидетельствований, ремонта и модернизации.

Кардинальное долговременное решение проблемы требует строительства нового флота сухогрузных судов смешанного река-море плавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
2. 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.

3. Егоров Г.В. Исследование риска при эксплуатации судов смешанного плавания // Сб. науч. трудов УГМТУ. – Николаев: УГМТУ, 2000. – № 5. – С. 49-59.
4. Егоров Г.В., Егоров А.Г. Анализ риска и надежности нефтеналивных судов типа «Волгонефть» проектов 558/550 и 1577/550А // Морской вестник. – 2013. – № 3 (47). – С. 39-45.
5. Егоров А.Г. Анализ причин и последствий аварий судов внутреннего и смешанного плавания за 1991-2010 годы // Проблемы техники. – 2011. – № 1. – С. 3-30.

Стаття надійшла до редакції 25.11.2014

Рецензенти:

кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія і проектування корабля ім. проф. Ю.Л. Воробйова» **О.В. Демідюк**

доктор технічних наук, професор, головний науковий співпрацівник Морського інженерного бюро, науковий консультант **В.В.Козляков**