



Анализ статистики аварийности малотоннажных судов на попутном волнении в условиях заливания палубы

Канд. техн. наук, чл.-кор. РАЕН В.В. Ярисов – сотрудник Калининградского морского рыбопромышленного колледжа, член Центрального правления Российского научно-технического общества судостроителей им. академика А.Н. Крылова

В новых экономических условиях основной акцент в промышленном рыболовстве и рыбоводстве смещается на развитие рыболовства и рыбоводства в российской прибрежной зоне. В настоящее время это приводит к увеличению роли и, соответственно, численности малого и среднего рыболовного флота, что, в свою очередь, требует соответствующего обеспечения его эксплуатации.

Аварийная статистика свидетельствует о том, что опрокидывание судна часто предопределяется не повреждением судна, не ошибочными действиями команды, а связано, главным образом, с недостаточным уровнем запаса остойчивости, выбранным при проектировании на основании тех или иных требований к остойчивости. Гибель судна в неповрежденном состоянии объективно может быть обусловлена в числе прочих причин и несовершенством самих требований к остойчивости.

Практика нормирования остойчивости показывает, что перспектива улучшения критериев связана, прежде всего, с разработкой рациональной системы таких требований к остойчивости, которые бы базировались на определенной физической картине поведения судна в различных ситуациях, опасных с точки зрения опрокидывания. Это потребует разработки и ввода в действие таких требований к остойчивости, которые должны будут найти свое отражение в нормативных документах Российского Морского Регистра судоходства (в дальнейшем – Регистр), института «Гипрорыбфлот» и позволят повысить уровень безопасности малотоннажных рыболовных судов от опрокидывания при плавании на волнении.

Выявление таких ситуаций, изучение механики крена и опрокидывания судна являются важным этапом нормирования остойчивости, цель которого заключается в обеспечении безопасной эксплуатации судов, и прежде всего, в предотвращении их опрокидывания.

Автором проведены систематический сбор и анализ данных об авариях судов, произошедших в результате потери остойчивости в условиях заливания палубы на попутном и косом попутном волнении. В сводку данных попали суда, опрокидывание которых было вызвано заливанием палубы или заливание палубы которых было важным сопутствующим или составным фактором аварии. Аварийная статистика обрабатывалась по форме, разработанной ИМО, но несколько упрощенной.

Сведения об авариях судов из-за потери остойчивости были почерпнуты из следующих основных источников (Аксютин Л.Р., Благовещенский С.Н. *Аварии судов от потери остойчивости*. Л.: Судостроение, 1975. 198 с.; Аксютин Л.Р. *Борьба с авариями от потери остойчивости*. Л.: Судостроение, 1986. 160 с., ил.; Аксютин Л.Р. *Аварии морских судов от потери остойчивости*. М.: Морской транспорт, 1962. 60 с.; Благовещенский С.Н. *Анализ статистических материалов ИМКО об авариях судов вследствие потери остойчивости в неповрежденном состоянии*. Науч.-техн. отчет, ЦНИИМФ – ЛКИ, ПМК-70-12, 1-2А-41. Л., 1970. 64 с.; Гарькавый В.В. *Данные об авариях судов от потери остойчивости в условиях заливания палубы: Отчет о НИР/КТИРПХ. Руководитель Н.Б. Севастьянов*. 79-2.1.1. Ч. I, № ГР 76051533. Инв. № Б 800094. Калининград, 1979. 181 с.; Гарькавый В.В. *Данные об авариях судов от потери остойчивости в условиях заливания палубы: Отчет о НИР/КТИРПХ. Руководитель Н.Б. Севастьянов*. 79-2.1.1. Ч. II, № ГР 76051533. Инв. № Б 800095. Калининград,

1979. 81 с.; Севастьянов Н.Б. *Остойчивость промысловых судов*. Л.: Судостроение, 1970. 200 с.; Морской Регистр судоходства Российской Федерации. *Правила классификации и постройки морских судов*. СПб., 2003; Ярисов В.В. *Экспериментальная оценка остойчивости малотоннажных судов в условиях заливания попутной волной/ В сб.: Безопасность мореплавания и ведения промысла*. Вып. 107. Департамент по рыболовству Минсельхозпрода России. Отдел мореплавания и портов, Гипрорыбфлот. СПб.: Гидрометеоиздат, 1998; Ярисов В.В. *Особенности эксплуатации малотоннажных судов на попутном волнении в условиях заливания палубы в свете обеспечения безопасности мореплавания: Учеб. пособие*. СПб.: Судостроение, 2003. 48 с., ил.; Ярисов В.В. *Анализ аварий судов от потери остойчивости в условиях заливания палубы: Учеб. пособие*. СПб.: Судостроение, 2005. 128 с., ил.).

Всего собраны сведения о 37 случаях аварий рыболовных и 12 грузовых судов. В эту статистику вошли в основном малотоннажные рыболовные и грузовые суда бывшего СССР и некоторых зарубежных стран. Включены далеко не все аварийные случаи, а только те, о которых имеются наиболее подробные сведения.

Распределение аварий в зависимости от длины судна показывает резкое уменьшение числа аварий по мере ее увеличения. Это объясняется как общеизвестным улучшением показателей остойчивости с увеличением размеров судов, так и, главным образом, уменьшением относительного объема палубного колодца рыболовных судов с увеличением их длины. Таким образом, наибольшей опасности опрокидывания при заливании палубного колодца подвергаются малотоннажные рыболовные суда длиной до 40 м. Среди грузовых судов наибольшее число аварий приходится на суда, имеющие длину от 35 до 60 м. Большинство грузовых судов, попавших в аварийную статистику, как правило, имели низкий надводный борт и перевозили сыпучие и другие опасные в отношении смещения грузы. Этот общий результат совпадает с данными многих работ (Аксютин, 1986; Севастьянов, 1970; и др.).

Ниже приведены статистические данные о геометрических характеристиках корпуса аварийных малотоннажных рыболовных судов. По этим данным, несмотря на их некоторую условность, можно определить опасные с позиций остойчивости значения геометрических характеристик.

Распределения величины отношения ширины судна к осадке (B/d) и длины – к ширине (L/B), а также отношения длины судна к высоте борта (L/D) указывают на некоторую концентрацию значений для большинства аварийных судов в средней части интервала всех встретившихся значений. Для L/B $\bar{x} = 3.797$, $S = 0.646$; для B/d $\bar{x} = 2.92$, $S = 0.477$, а для L/D $\bar{x} = 8.068$, $S = 1.288$. (Здесь и далее \bar{x} – математическое ожидание, S – среднеквадратичное отклонение).

Высота надводного борта характеризуется отношением высоты борта к осадке. Для аварийных судов сравнительно большая концентрация значений D/d сосредоточена в районе 1.4, а ряд аварийных судов имели значения высоты надводного борта и того меньшие. Если учесть, что абсолютное значение высоты надводного борта у малотоннажных рыболовных судов небольшое, то при таких значениях D/d незаливаемость палубы на значительном волнении вряд ли могла быть обеспечена. Известно, что относительная высота борта ока-

зывает существенное влияние на форму и числовые значения параметров диаграммы статической остойчивости: сравнительно низкая начальная остойчивость и большие значения угла максимума и угла заката диаграммы свойственны высокобортным судам, и наоборот – у низкобортных судов рассматриваемого типа.

Относительное возвышение центра тяжести ($\bar{z}_g = z_g/D$) аварийных судов находилось в пределах от 0.74 до 1.01.

Высота фальшборта h_f и относительная высота фальшборта h_f/B у аварийных судов, соответственно, имели значения 0.8–1.1 м, а относительные высоты сосредоточены в интервале от 0.1 до 0.17 (малые значения высоты фальшборта – около 0.5 м – характерны для сейнеров, где это необходимо по условиям работы с неводом). Фактически на главной палубе у малотоннажных судов устанавливается сплошной фальшборт, который в некоторых случаях делается пониженным до 5 % от требуемой высоты. Тогда поверх фальшборта устанавливается леерное ограждение.

Относительная площадь (коэффициент) палубного колодца (отношение приведенной площади палубного колодца к площади верхней палубы a_p) колеблется у аварийных судов в пределах от 0.13 до 0.30, так как практически все аварийные малотоннажные рыболовные суда не имели развитых и длиннопротяженных надстроек и рубок. Это также подтверждают распределения для объема палубного колодца малотоннажных судов.

В целом имеем следующие результаты соответствия параметров аварийных судов нормам Российского Морского Регистра судоходства (таблица).

| Критерий | С избыточной остойчивостью | | С недостаточной остойчивостью | | Общее число аварийных судов |
|----------------|----------------------------|----------------|-------------------------------|----------------|-----------------------------|
| | число аварий судов | % аварий судов | число аварий судов | % аварий судов | |
| L_{max} | 5 | 23.8 | 16 | 76.2 | 21 |
| Θ_{max} | 7 | 35.0 | 13 | 65.0 | 20 |
| Θ_v | 6 | 30.0 | 14 | 70.0 | 20 |
| H_0 | 15 | 71.4 | 6 | 28.6 | 21 |

Как следует из приведенных выше данных, менее всего с аварийной статистикой согласовывается не предусмотренное нормами остойчивости значение критерия начальной метацентрической высоты, а удовлетворительная согласованность требований к параметрам диаграммы статической остойчивости.

Ограничений по погодным условиям, предусмотренных Регистром, не нарушили около 70 % аварийных судов. При этом почти 40 % судов полностью или на пределе удовлетворяли требованиям норм остойчивости Морского Регистра судоходства.

Далее рассмотрим некоторые характерные особенности аварий. Погодные условия существенно влияют на аварийность. Для рыболовных судов эта зависимость вполне определенная. Наибольшее число аварий приходится на осенние месяцы, в зимние и весенние месяцы аварийность несколько падает. Минимальная аварийность наблюдается в летнее время. Для грузовых судов эта зависимость носит иной характер: аварийность практически находится на одном уровне. Такая разница, видимо, связана со спецификой эксплуатации судов, а также с различным удельным весом судов определенной длины в составе рыболовного и грузового флотов.

При рассмотрении аварий, в зависимости от места, где они произошли, можно выделить два района по условиям волнообразования и защищенности водного бассейна от ветра и волнения: 1) прибрежная зона открытого моря или океана; 2) устье реки при входе в порт, прибрежный район внутреннего моря. Так как в основном рассматриваются только малотоннажные суда, имеющие ограниченный район плавания, то, как правило, все аварии происходили в прибрежной зоне, с удалением от берега не более чем на несколько десятков

миль. Анализ аварийной статистики в зависимости от места аварии показывает, что наибольшее число аварий произошло в открытых прибрежных зонах морей и океанов (85 %). Это объясняется тем, что в данную зону приходят сильно развитые волны, здесь происходят деформация волновой картины из-за мелководья, взаимодействие с приливо-отливными течениями, течениями рек и т.д., вследствие чего волны разрушаются.

Несколько иная картина сложилась для грузовых судов. Здесь 64.8 % всех аварий произошло во внутренних морях. Распределение числа аварий малотоннажных рыболовных судов в зависимости от интенсивности волнения (приняты условно-слабое волнение – 0–3 балла; умеренное – 4–6; сильное волнение – более 6 баллов) показывает, что очень небольшое количество аварий произошло при слабом волнении. Это объясняется уменьшением или полным отсутствием заливания палубы судов при слабом волнении. Основная масса аварий рыболовных судов произошла при умеренном или сильном волнении (для грузовых судов – при сильном волнении). Очевидно, это соответствует условиям сильного заливания палубы, резкой, порывистой качки, способствующей смещению подвижных грузов. К тому же для рыболовных судов важное значение имеют особенности волнения, возникающие вблизи побережья, на мелководье, банках, барах и т.п.

Влияние силы ветра на число аварий показывает, что для рыболовных судов основная масса аварий произошла при ветре силой от 4 до 10 баллов, для грузовых судов наибольшая аварийность соответствует силе ветра 8–10 баллов. Это свидетельствует о том, что ветер играет более существенную роль при опрокидывании грузовых судов в условиях заливания палубы забортной водой. Этот факт в скрытом виде зависит от распределения длин грузовых судов, которые, как правило, крупнее, чем рыболовные. Характерно, что при слабом ветре число аварий минимально. Это хорошо согласуется с распределением числа аварий в зависимости от балльности волнения, если учесть связь между силой ветра и балльностью волнения.

Весьма интересным для теории и практики является вопрос о возможности отклонения направления ветра от генерального направления бега волн. Это очень важно для оценки остойчивости судна



при его движении на попутном волнении, при ходе лагом к волне в условиях сильного заливания палубы и для решения других задач мореходности малых и средних судов. Причем, в данном вопросе следует различать ветер, полностью порождающий и определяющий волнение в данном районе, от местного ветра, порождающего систему волн, накладывающихся на мощную волновую систему (волны зыби), пришедшую из удаленного штормового района. Подавляющее большинство аварий произошло, когда расхождение в направлениях ветра и волнения не превышало 30 градусов. Отмеченные единичные случаи более сильных отклонений соответствуют условиям взаимодействия местного ветра и сильных волн зыби, что наиболее характерно для Охотского моря. С другой стороны, в большинстве описаний аварий приводятся только ориентировочные направления ветра и волнения по отношению к курсу судна. Поэтому без особой погрешности прием допущение, что направления ветра и волнения совпадают по отношению к курсу судна.

Очень важным фактором, влияющим на степень аварийности, является скоростной режим движения судна. Наибольшее число аварий рыболовных судов соответствует числам Фруда: $Fr = 0.256$ при среднеквадратичном отклонении $S = 0.091$, а для грузовых судов – соответственно, $Fr = 0.216$, $S = 0.037$. Как показали в дальнейшем расчеты и экспериментальные исследования, рост скорости приводит к ухудшению остойчивости, заливаемость же при большой скорости хода судна резко уменьшается, что приведет к уменьшению отрицательного влияния воды, находящейся на палубе судна, на его остойчивость, но при реальных скоростях ($Fr \cong 0.23$) этого количества воды в палубном колодце все еще достаточно, чтобы вызвать кренящий момент весьма опасной величины.

Изучая распределение числа аварий в зависимости от рода перевозимого груза и его размещения, можно отметить, что основные состояния нагрузки потерпевших аварию рыболовных судов – без груза в трюме, на палубе орудия лова, тара, выловленная рыба – 16.2 %. Это обстоятельство весьма важно для правильной оценки факторов, способствующих возникновению аварийной ситуации. Рыба в трюме, палубных грузов нет – 13 %; без груза в трюме, палубных грузов нет – 8.1 %; улов в трюме и на палубе, а также орудия лова и тара на палубе – 6.06 %; в балласте – 5.4 %. К сожалению, в 16.4 % случаев нет данных о роде перевозимого груза и его размещении. Наличие почти в 40 % случаев аварий на рыболовных судах подвижных грузов, несомненно, способствовало возникновению и развитию аварийной ситуации.

Если посмотреть на соответствующие распределения для грузовых судов, то картина будет еще более отчетливая. В 72.4 % случаев суда перевозили самые разнообразные навалочные и подвижные штучные грузы. Таким образом, для грузовых судов, попавших в рассматриваемую аварийную статистику, род перевозимого груза становится основным фактором, влияющим на аварийность. Очевидно, в этом случае роль воды, попадающей на палубу при качке, свелась к обеспечению благоприятных условий для смещения основного груза. Тот факт, что сильное заливание палубы грузовых судов, возникновение заметных накренений предшествовали смещению основного груза, можно считать твердо установленным по характеру аварий. Этому во многом способствовал конструктивно-архитектурный тип этих судов: в большинстве случаев суда имели малый надводный борт и, соответственно, малый угол входа кромки палубы в воду.

Суммируя все полученные ранее результаты анализа аварийной статистики, можно в общих чертах сформулировать основные причины аварий для малотоннажных рыболовных и грузовых судов. Цель такого описания – формирование общего направления теоретических и экспериментальных исследований остойчивости качки, качки и заливаемости малотоннажных рыболовных и грузовых судов, а также выбор наиболее опасной расчетной ситуации для реализации физического подхода к нормированию остойчивости.

Элементы первой ситуации (около 40 % от общего числа аварий) таковы: ход судна на попутном волнении, заливание палубы с кормы

крупной волной, возможен разворот в сторону накрененного борта, крен навстречу волне, опрокидывание при накате последующих волн навстречу волне. Ситуация может осложняться из-за особых обстоятельств, к которым необходимо отнести особенности волнообразования на мелководье, на барах, при встречном течении рек или действия приливно-отливных течений, а также загромождение палубы орудиями лова и грузом.

Элементы второй ситуации (около 30 % от общего числа аварий): ход судна на попутном или косом попутном волнении, заливание палубы с кормы, крен по волне, возможны разворот в положении лагом к волне, опрокидывание при заливании или ударе последующих волн по волне. Особые обстоятельства те же, что и в первой ситуации. Примечательно, что ситуации 1 и 2 оказались равновероятными, т.е. вероятность опрокидывания навстречу волне и по волне в них практически одинаковая. К сожалению, в сведениях об авариях судов не всегда указывается, даже когда это известно, через какой борт опрокидывается судно. Поэтому 30 % аварий может быть отнесено либо к первой, либо ко второй типичным аварийным ситуациям.

Типичные аварийные ситуации для грузовых судов по своим элементам весьма схожи с аналогичными ситуациями, характерными для рыболовных судов, однако они могут осложняться из-за смещения навалочного груза в трюме.

Вступление в силу Кодекса ИМО по безопасности рыболовных судов (Международная конвенция по безопасности рыболовных судов, Торремолинос-1977, Торремолиносский протокол – 1993) и положений МКУБ (Резолюция ИМО А.471 (18) от 04.11.1993 «Международный кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращению загрязнения») требует разработки эксплуатационных ограничений в различных условиях, опасных с точки зрения опрокидывания, а также обеспечения безопасной практики эксплуатации судов и защиты их от всех выявленных рисков.

Международная конвенция по безопасности рыболовных судов, включая Торремолиносский протокол 1993 г., предусматривает, что рыболовные суда должны, в соответствии с требованиями Администрации, выдерживать:

заливание палубы с учетом сезонных условий погоды, состояния моря, при которых судно будет эксплуатироваться, типа судна и способа его работы (Правило 32);

воздействие дополнительных кренящих моментов сил от орудий лова во время промысловых операций (Правило 30);

затопление рыбных трюмов через люки, остающиеся открытыми во время промысловых операций (Правило 29);

воздействие сильного ветра и бортовой качки (Правило 31) и т.д.

Международная конвенция по безопасности рыболовных судов («Руководство по определению остойчивости при заливании палубы», Документ 3, Приложение к Конвенции «Рекомендации конференции»), Правила Регистра (п. 2.3.2. Ч. IV «Остойчивость», 2005 г.), а также Правила классификации и постройки малых морских рыболовных судов 2005 г. не содержат жесткой регламентации способов учета влияния воды в палубном колодце на промысловые операции и не охватывают архитектурно-конструктивных особенностей судов и условий их эксплуатации, ограничиваясь весьма неопределенными общими указаниями на один из возможных условных статических или квазистатических способов, не рассматривая другие способы оценки остойчивости и не формулируя рассматриваемых расчетных ситуаций.

Поэтому, на наш взгляд, необходимо дополнить Правила Регистра (Ч. IV «Остойчивость») не только требованиями и условиями, при которых остойчивость малотоннажных рыболовных судов может считаться достаточной на случай заливания палубного колодца забортной водой, влияния промысловых операций, но и способами оценки их достаточности. В то же время результатом такой оценки должно быть доказательство достаточной остойчивости, как правило, критическое возвышение аппликаты центра тяжести судна, с учетом риска его реализации для данной загрузки судна в расчетных условиях ветро-волнового режима.