

СУДОСТРОЕНИЕ, СУДОРЕМОНТ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

DOI: 10.24143/2073-1574-2019-3-7-15
УДК 656.61.052

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАСЧЕТАХ ОСТОЙЧИВОСТИ СУДНА В СУДОВЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММАХ

И. В. Якута, Б. С. Гуральник

*Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота,
Калининградский государственный технический университет,
Калининград, Российская Федерация*

Доказана необходимость учёта разницы между фактической погодой и параметрами погодных условий, установленных в судовых компьютерных программах. С учётом того, что в последнее время климатические условия в Мировом океане становятся всё более суровыми, в случае возникновения необходимости, в рамках рейсового задания или по другим причинам, при прохождении участка, где фактические погодные условия будут превышать те, что установлены в программе, нельзя полагаться на актуальность и надёжность судовых программ. Имея на борту возможность заблаговременно получать прогноз погоды с достаточной точностью, судоводитель может грамотно спланировать предстоящий переход и выполнить расхождение с ожидаемым штормом с целью избежать непосредственного контакта с ним. Осуществление расхождения со штормом не всегда представляется возможным, и по различным причинам судно попадает под воздействие циклонической деятельности. Остойчивость считается обеспеченной, если по критерию погоды отношение площадей диаграммы статической остойчивости (ДСО) b/a больше единицы. Расчёты подтвердили, что для данного случая $b/a = 0,436$, что в 2,3 раза меньше минимально допустимого значения. Отмечено, что в процессе эксплуатации происходит увеличение водоизмещения и аппликаты центра тяжести судна порожнем. При контроле остойчивости расчётным путём имеют место случайные погрешности за счёт неточностей в определении количества переменного груза. Увеличение водоизмещения и аппликаты центра тяжести порожних судов и случайные погрешности за счёт неточностей в определении статей дедвейта могут суммарно достигать более 100 т для водоизмещения и до 0,20 м для возвышения центра тяжести. Это обстоятельство также необходимо учитывать в судовых компьютерных программах. Приведены формулы для определения погрешностей водоизмещения и аппликаты центра тяжести судна в эксплуатационных случаях нагрузки.

Ключевые слова: нормирование остойчивости, диаграмма статической остойчивости, критерий погоды, программа расчёта остойчивости, водоизмещение судна, аппликата центра тяжести, случайная погрешность.

Для цитирования: *Якута И. В., Гуральник Б. С.* К вопросу определения погрешностей, возникающих при расчетах остойчивости судна в судовых компьютерных программах // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2019. № 3. С. 7–15. DOI: 10.24143/2073-1574-2019-3-7-15.

Введение

В настоящее время трудно себе представить современного судоводителя, не владеющего навыками пользования персональным компьютером, в то время как количество задач, требующих решения с помощью компьютера, постоянно увеличивается. В современных условиях каждый вахтенный помощник капитана в той или иной сфере своей деятельности работает с компьютером на судне – от составления документов на заход в порт до решения астронавигацион-

ных задач. В число задач судоводителя входит постоянный контроль изменений статей нагрузки в процессе перехода и расчёт параметров остойчивости, который всегда был достаточно трудоёмким и кропотливым процессом и, соответственно, отнимал у судоводителя много времени. До внедрения в работу судоводителя компьютерных технологий такие расчёты проводились им вручную. За счёт значительного числа элементов и параметров, которые необходимо было учесть при проведении подобных расчётов, нередко допускались ошибки. Однако с внедрением компьютерных технологий ситуация в корне изменилась.

Несмотря на явное преимущество судовых компьютерных программ перед ручным расчётом, существуют обстоятельства, при которых судоводителю не следует полагаться на достоверность выполнения расчётов грузовыми программами.

Нормы остойчивости, как известно, предназначены для обеспечения безопасности мореплавания, от их совершенства зависят эксплуатационные и экономические показатели судна. При чрезмерной остойчивости делается более порывистой бортовая качка, уменьшается длина резонансной волны. Если же требования к остойчивости ослабить, возрастёт опасность потери остойчивости, что может привести к непоправимым последствиям. Подобные соображения побуждают классификационные общества разных стран совершенствовать нормы остойчивости [1].

Экспериментальные и теоретические исследования [1] свидетельствуют об имеющихся несовершенствах методики нормирования остойчивости судов, которая в настоящее время не учитывает размеры зоны действия шквала и его продолжительность. Довольно длительное время основным критерием, который характеризует динамическую остойчивость судна при совместном действии ветра и волн, считается «критерий погоды». Физический смысл критерия погоды состоит в том, что наибольшую опасность с точки зрения возможности опрокидывания представляет случай, когда судно, расположенное лагом к ветру и волнению, испытывает сильную качку. В момент, когда оно в результате качки наклонилось на максимальный угол, налетает шквал. После этого судно наклоняется на правый борт вследствие совместного действия порыва ветра и волн [1–3].

Для судов, постройка которых начата после 1 июля 2002 г., учитывается, что на судно в исходном состоянии действует ветер постоянной силы, который вызывает начальный крен на правый борт. Качка происходит относительно этого наклоненного положения. Налетевший с левого борта шквал создаёт дополнительную поперечную нагрузку, при этом давление ветра для судов неограниченного района плавания составляет 504 Па [3].

Сегодня существует большое количество различных судовых компьютерных программ (например, Belco, Clearwater, Loadstar и др.), предназначенных для составления грузового плана, проведения анализа загрузки судна и для расчётов остойчивости. В настоящей работе в качестве примера взят контейнеровоз Nordic Stani и используется программа Loadstar, широко распространённая на судах данного типа [4].

Актуальность проблемы подчёркивает и тот факт, что в последние годы погода всё менее предсказуема, что особенно характерно для выбранного нами участка Мирового океана – акватории Северной Атлантики от пролива Пентленд-Ферт до Исландии.

Гидрометеорологический обзор наиболее опасного участка перехода

Маршрут перехода начинается в порту Роттердам и осуществляется в направлении юго-восточной оконечности Великобритании через пролив Па-де-Кале. Далее переход продолжается в северо-западном направлении до мыса Киннэрд-Хед, где происходит смена курса до мыса Даккансби-Хед, определяющего расположение входа в пролив Пентленд-Ферт. Пентленд-Ферт – это пролив, расположенный в координатах 58°43'N и 3°10'W, отделяющий Оркнейские острова от северного берега Шотландии, соединяет Северное море с Атлантическим океаном. Данный пролив является кратчайшим путём при плавании из Атлантического океана в Северное море и обратно. В средней части пролива лежат острова Строма и Суона. Проход между ними, называемый Аутер-Саунд, не представляет опасностей. Плавание по тихой и ясной погоде проходит без затруднений, но может быть небезопасным при ветре, противоположном течению, достигающему скорости 9 уз, когда образуется большая крутая волна.

Северная Атлантика всегда была районом крайне «капризным» и ненастным в плане погоды, что подтверждают многочисленные исследования и наблюдения погодных условий на различных участках данного района в течение длительного периода времени. В зимний период над Северной Атлантикой происходит активное развитие циклонической деятельности и, как

следствие, увеличение скорости ветра. В таких циклонах очень часто происходит зарождение штормовых и ураганных зон, в сопровождении которых всегда присутствует значительное ветровое волнение. Высота волны 8 м и более в океане значителен критерием опасного природного явления, в таком случае производится штормовое предупреждение.

Несмотря на то, что уже имеется множество завершённых исследований, связанных с изучением ветрового волнения, физическая природа данного явления во многих аспектах окончательно не выяснена. Одной из основных причин такого заключения является отсутствие достаточно подробной синоптической освещённости акватории Северной Атлантики как в целом, так и по районам, где происходит зарождение и развитие большого количества штормов.

На основе наблюдений [5] было проведено разделение штормовых циклонов, преобладающих в Северной Атлантике, на семь типов с учётом этапов развития барических образований в процессе эволюции штормов. Каждый из семи типов штормов в процессе своего перемещения в той или иной степени вовлекается в систему Исландской депрессии. В соответствии с анализом средних траекторий движения различных типов штормовых циклонов наибольший интерес представляют II, III, IV и VI типы.

Циклон II типа в районе Исландии имеет наибольшую глубину. Атмосферное давление составляет 980 гПа. Сформированный в тропических широтах циклон данного типа по ведущему потоку смещается со средней скоростью 65 км/ч в восточном, северо-восточном направлениях. Скорость ветра при этом составляет в среднем 30 м/с, высота волны – 12 м.

Тип III зарождается самостоятельно, в основном в направлении восточнее острова Ньюфаундленд, в первые сутки циклон данного типа весьма быстро перемещается в северном и северо-восточном направлениях со средней скоростью 40 км/ч. Среднее значение атмосферного давления составляет 964 гПа. Скорость перемещения циклонов составляет 10–15 км/ч. Опасное ветровое волнение при этом развивается в максимальной степени, и в некоторых случаях высота волны может достигать 17 м. Средняя скорость ветра составляет 28 м/с.

Тип IV зарождается самостоятельно или является эволюцией циклонов типа II, зарождение которого происходит близ Исландского минимума. Средняя скорость перемещения составляет 57 км/ч. Атмосферное давление в штормовом циклоне достигает значения 969 гПа. Высота волны при этом колеблется в пределах 12–16 м, средняя скорость ветра составляет 25 м/с.

Тип VI возникает обычно на южной окраине заполняющихся циклонов типа III, который зарождается, как правило, в центральных частях океана, средняя скорость их перемещения составляет 65 км/ч. Высота волны обычно не превышает 12 м, средняя скорость ветра составляет 28 м/с.

В настоящем исследовании рассматриваются нормированные значения параметров, характеризующих погодные условия, в которых может оказаться судно (такие, как скорость и давление ветра, а также высота волны), значения которых уже занесены в программу и автоматически учитываются при выполнении расчётов. Именно эти, заложенные внутри программы, значения соответствующих параметров могут быть причиной возникновения таких ситуаций, в которых судоводитель может неверно интерпретировать информацию, полученную в результате расчётов. Фактические погодные условия могут значительно отличаться от тех, характеристики которых заложены в программу, и, что более важно, они могут превышать установленные в программе значения, что является наиболее опасным фактором и может представлять серьёзную угрозу для судна, груза и экипажа.

Проведение расчетов параметров остойчивости

Вышесказанное подтверждает необходимость учёта разницы между фактической погодой и параметрами погодных условий, установленных в судовой программе, и выработки рекомендаций для судоводителей при их столкновениях с подобными ситуациями на примере исследования поведения контейнеровоза Nordic Stani в экстремальных погодных условиях, характеристики которых превышают установленные в программе параметры.

Loadstar – это сертифицированная компьютерная программа; расчёт остойчивости судна с её помощью производится в соответствии с [2] и Правилами Бюро Веритас, где установлены требования по остойчивости, предъявляемые как ко всем судам, независимо от их типа, так и применительно к каждому типу. Помимо этого, любая судовая компьютерная программа, а также все судовые компьютеры должны также соответствовать определённым требованиям Международной морской организации (ИМО).

При определении плеча кренящего момента от воздействия постоянного ветра для последующей оценки остойчивости по критерию погоды в соответствии с [2] давление ветра принимается равным 504 Па (скорость ветра – 26 м/с, 10 баллов по шкале Бофорта). Высота волны 9–12 м соответствует 8 баллам по официальной шкале Всемирной метеорологической организации, обозначается как «very high», то есть «очень сильное волнение», что соответствует диапазону высоты 30–45 футов, или 9–14 м. Это означает, что все суда, построенные в соответствии с требованиями, указанными выше, при попадании в погодные условия, характеристики которых превышают названные, рискуют потерять остойчивость, независимо от состояния загрузки судна и других факторов, поскольку уже конструктивно они не приспособлены к плаванию в таких условиях. Статистика аварийности подтверждает данный факт, поскольку большое количество аварийных случаев на море как раз связано с нарушениями норм остойчивости при попадании в условия ненастной погоды. Определённый запас остойчивости с учётом погодных условий, превышающих нормативные, вполне может присутствовать у судов при их конструировании, однако необходимо понимать, что судоводитель не всегда обладает необходимой информацией, находясь на судне; данное знание является вопросом крайне важным в плане своей надёжности и достоверности (у каждого судна такой запас будет совершенно разным, у многих он и вовсе может отсутствовать), а истинное влияние экстремальных погодных условий на остойчивость судна представляет собой результат учёта многочисленных факторов, зачастую не все из которых представляется возможным учесть.

Сертифицированная судовая программа в своём алгоритме берёт в расчёт именно это значение, таким образом, оценка остойчивости по критерию погоды будет справедлива для погодных условий, при которых сила ветра не будет превышать 10 баллов по шкале Бофорта. Для данного случая загрузки судна диаграмма статической остойчивости (ДСО), построенная посредством судовой программы, представлена на рис. 1.

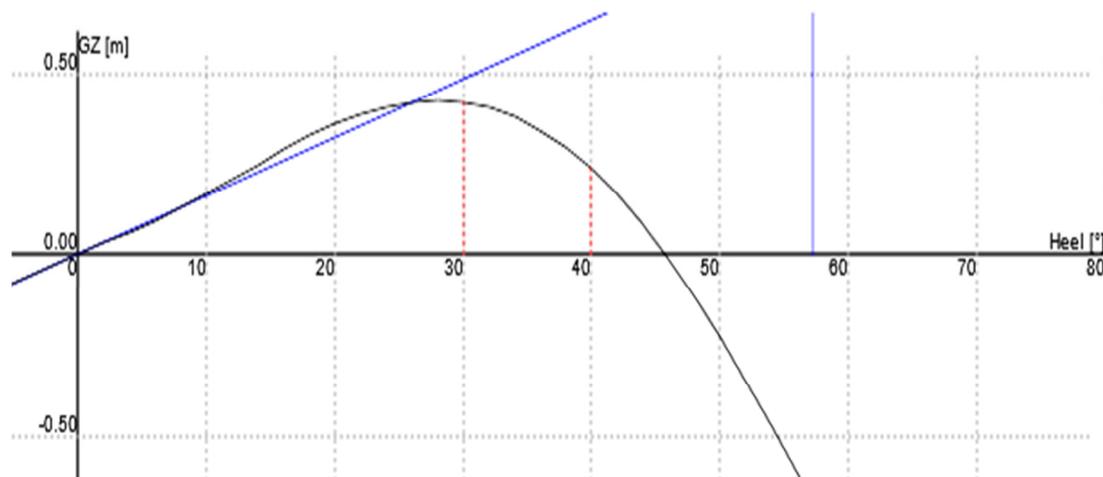


Рис. 1. ДСО, построенная в судовой программе

При использовании программы Loadstar для расчётов остойчивости оператору собственноручно необходимо составить грузовой план и проверить таблицу весовой нагрузки на предмет актуальности. Вес судна порожнем и масса всех его частей по отдельности с указанием координат центра тяжести каждой из них для построения ступенчатой линии веса уже занесены в протокол исходных данных программы. Данные о запасах в танках поступают либо непосредственно с датчиков в соответствующих танках (там, где они имеются), либо с помощью ручного ввода конкретных значений, полученных после проведения точных замеров.

Выполненные судовой программой расчёты полностью соответствуют требованиям ИМО и Бюро Веритас: при отходе – плечо ДСО при $\theta \geq 30^\circ = 0,426$ м; площадь ДСО ($0^\circ\text{--}30^\circ$) = 0,134 м·рад; площадь ДСО ($30^\circ\text{--}40^\circ$) = 0,063 м·рад; площадь ДСО ($0^\circ\text{--}40^\circ$) = 0,196 м·рад; b/a (критерий погоды) = 2,3072; при заходе – плечо ДСО при $\theta \geq 30^\circ = 0,422$ м; площадь ДСО ($0^\circ\text{--}30^\circ$) = 0,132 м·рад; площадь ДСО ($30^\circ\text{--}40^\circ$) = 0,062 м·рад; площадь ДСО ($0^\circ\text{--}40^\circ$) = 0,194 м·рад; $b/a = 2,2905$.

Вручную был выполнен расчёт остойчивости при скорости ветра 42 м/с, что соответствует давлению ветра 1 068 Па. Эта величина более чем в 2 раза превышает нормированное значение в соответствии с требованиями ИМО. Диаграмма статической остойчивости и оценка остойчивости по критерию погоды при этом представлены на рис. 2.

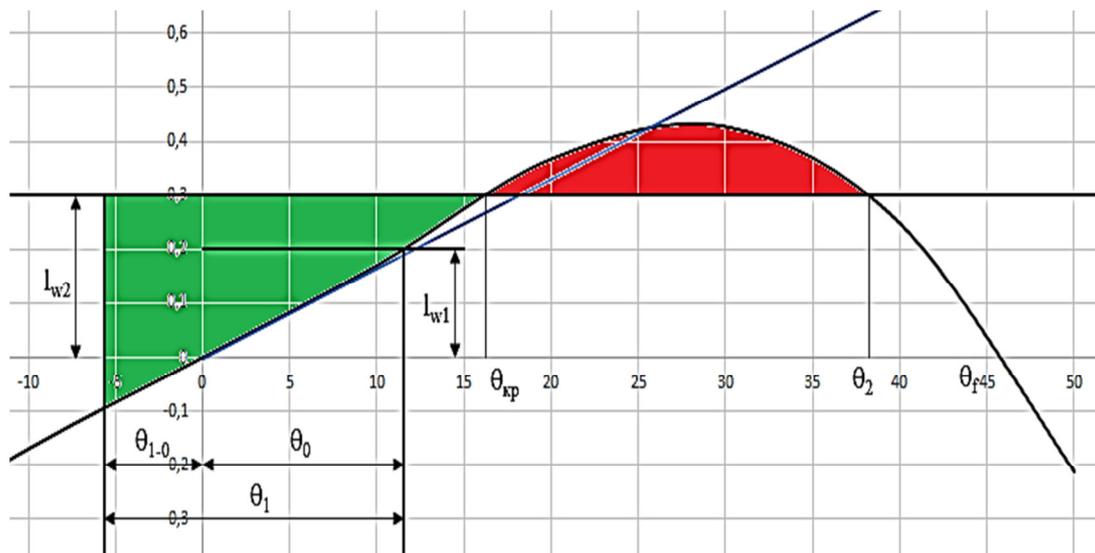


Рис. 2. ДСО и оценка остойчивости по критерию погоды при экстремальных погодных условиях

По критерию погоды отношение площадей ДСО b/a должно быть больше единицы, чтобы остойчивость считалась обеспеченной. Однако для данного случая b/a оказалось равным 0,436, что в 2,3 раза меньше минимально допустимого значения. Определение площадей проводилось с помощью ручного расчёта, с использованием методики Симпсона.

Таким образом, факт того, что судовые программы производят расчёт остойчивости для погодных условий, не превышающих 10 баллов по шкале Бофорта (сила ветра – 26 м/с), должен служить объектом повышенного внимания со стороны судоводителей. Обладая знаниями по данной теме, судоводитель должен понимать, что в случае возникновения необходимости (в рамках рейсового задания или по другим причинам) в прохождении такого участка Мирового океана, где фактические погодные условия будут превышать те, что установлены в программе, объективно полагаться на актуальность и надёжность грузовых программ нельзя. В некоторых случаях может потребоваться ручной пересчёт основных элементов и параметров остойчивости, а с учётом того, что в последнее время климатические изменения становятся всё более суровыми, данное обстоятельство является как никогда актуальным и особенно значимым.

Необходимо тщательно прорабатывать грядущий маршрут перехода на предмет преобладающих и вероятных погодных условий, а также быть предельно внимательным и следить за своевременной метеосводкой в процессе перехода, быть уверенным в её актуальности и надёжности. Имея на борту возможность заблаговременно получать прогноз погоды с достаточной точностью, судоводитель может грамотно спланировать предстоящий переход и выполнить расхождение с ожидаемым штормом с целью избежать непосредственного контакта с ним.

Не всегда осуществление расхождения со штормом представляется возможным, и по тем или иным причинам судно попадает под воздействие циклонической деятельности. В таких случаях требуется грамотное управление судном. Существуют различные способы управления судном в штормовую погоду, и судоводителю необходимо их знать и уметь применять на практике.

Таким образом, можно ожидать, что в недалёком будущем нормы остойчивости будут изменяться в отношении более полного учёта особенностей поведения судна на взволнованном море.

Определение погрешностей водоизмещения и аппликаты центра тяжести судна

Следующий момент, на который важно обратить внимание в ходе исследования – в процессе эксплуатации судна происходит изменение водоизмещения и аппликаты центра тяжести

судна порожнем. Рост происходит вследствие ремонта, модернизации, приведения судна в соответствие с новыми требованиями Конвенций ИМО, улучшения условий труда и быта и т. д. и носит неслучайный характер. Кроме того, при контроле остойчивости расчётным путём имеют место случайные погрешности за счёт неточностей в определении количества переменного груза. Увеличение водоизмещения и аппликаты центра тяжести порожних судов и случайные погрешности за счёт неточностей в определении статей дедвейта могут суммарно достигать более 100 т для водоизмещения и до 0,20 м для возвышения центра тяжести. В теории судна традиционный метод контроля остойчивости предполагает сравнение аппликаты центра тяжести Z_g или статического момента судна M_z в эксплуатационном случае нагрузки с предельно допустимыми или критическими значениями. На некоторых типах судов контроль остойчивости в эксплуатационных случаях нагрузки выполняется путём сравнения рассчитанного значения поперечной метацентрической высоты с предельно допустимым значением.

Следует отметить, что водоизмещение и аппликата центра тяжести судна в порожнем состоянии изменяются со временем.

Исследования, проведённые в [6–8], подтвердили, что водоизмещение и возвышение центра тяжести порожнем крупнотоннажных и средних добывающих рыболовных судов после 10–15 лет эксплуатации увеличилось на 1,1–2,5 %. Максимальные изменения водоизмещения и аппликаты центра тяжести крупнотоннажных добывающих судов за данный период составили 150–200 т и 21–37 см соответственно. На пяти больших плавучих базах ($M = 20\ 000$ т) примерно за 20 лет эксплуатации водоизмещение выросло на 226–1 056 т, а возвышение центра тяжести – от 8 до 66 см. Данные изменения характеристик порожнего судна определены как «старение» судов.

Подобные изменения характеристик порожнего судна, как правило, выполняются по специально разработанным проектам работ и происходят по мере совершенствования норм, Правил и носят неслучайный систематический характер. В [8] для нахождения данных погрешностей предложены формулы

$$\begin{aligned} \varepsilon M &= \varepsilon M_0; \\ \varepsilon Z_g &= \frac{M_0 \varepsilon Z_{g0} + \varepsilon M_0 Z_{g0} - \varepsilon M_0 \frac{M_0 Z_{g0} + \sum m_i z_i}{M_0 + \sum m_i}}{M_0 + \varepsilon M_0}, \end{aligned}$$

где M_0, Z_{g0} – соответственно водоизмещение и аппликата центра тяжести судна в порожнем состоянии; m_i, z_i – массы и аппликаты центра тяжести переменных грузов или статей дедвейта.

При контроле остойчивости расчётным путём также неминуемы случайные погрешности за счёт неточностей в определении количества груза в трюмах, балластных танках и цистернах топлива и воды.

Количество и координаты центра масс жидких грузов на борту судна определяются, как правило, по кривым ёмкости цистерн в зависимости от уровня жидкости, который замеряют рулеткой или с помощью футштока. Неточности таких замеров обусловлены качкой, креном и дифферентом судна. Анализ проведённых на рыболовных судах замеров подтверждает, что погрешности определения количества и координат центра массы жидкостей в танках зависят от их вместимости и растут с увеличением степени волнения.

Для определения случайных погрешностей к водоизмещению и аппликате центра тяжести судна в эксплуатационных случаях нагрузки были выведены следующие формулы [8]:

$$\delta z_g = \frac{1}{M_0 + \varepsilon M_0} \sqrt{\left(\frac{Z_g (m_1 + m_2) \delta M_0}{M} \right)^2 + \left(\frac{(Mz_1 - M_0 Z_{g0} - M_z) \delta m_1}{M} \right)^2 + \left(\frac{(Mz_2 - M_0 Z_{g0} - M_z) \delta m_2}{M} \right)^2 + (M_0 \delta Z_{g0})^2 + (m_1 \delta z_1)^2 + (m_2 \delta z_2)^2}; \quad (1)$$

$$\delta M = \sqrt{\delta M_0^2 + \delta m_1^2 + \delta m_2^2}; \quad (2)$$

$$M_z = m_1 z_1 + m_2 z_2,$$

где m_1, z_1 – масса и возвышение центра тяжести груза в трюмах; m_2, z_2 – масса и возвышение центра тяжести жидких грузов (жидкий балласт, топливо, вода) на борту судна; δM_0 и δZ_{g0} – случайные погрешности определения водоизмещения и аппликаты центра тяжести судна в порожнем состоянии; $\delta m_1, \delta z_1$ – случайные погрешности определения массы и аппликаты центра тяжести груза в трюмах; $\delta m_2, \delta z_2$ – случайные погрешности определения массы и аппликаты центра тяжести жидких грузов на борту судна.

Расчёты, проведённые для добывающих рыболовных судов по данным формулам, подтвердили, что суммарные погрешности расчётов остойчивости для разных случаев нагрузки могут достигать более 100 т для водоизмещения и до 0,20 м для возвышения центра тяжести. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что вызванные «старением» судов погрешности контроля остойчивости и плавучести ставят под сомнение достоверность имеющихся на судах «Информаций об остойчивости», а в некоторых случаях и достаточность их остойчивости.

На грузовых судах, в отличие от рыболовных, значительно выше доля перевозимого груза в составе дедвейта. На судах морского флота нет необходимости регулярно совершенствовать и менять обрабатываемое технологическое оборудование, поэтому на них должны быть меньше погрешности εM и εZ_g и следует ожидать увеличения погрешностей за счёт статей нагрузки (груз в трюмах и жидкий балласт).

Предлагаемые формулы: (1) и (2) – использовались при оценке погрешностей контроля остойчивости при перевозке контейнеров на транспортном судне типа «Красноград». В условном примере на судно с 10 % запасов было погружено 136 контейнеров массой по 20 т в трюмы и 88 порожних контейнеров на люковые крышки. Как подтвердили примерные расчёты, погрешность определения аппликаты центра тяжести судна, в данном случае нагрузки, составляет 0,125 м.

Для выполнения расчётов в реальных случаях нагрузки формулы (1) и (2) необходимо подкорректировать, чтобы учесть возможность загрузки судна контейнерами других размеров. Для перевозки неконтейнерных грузов формулы должны учитывать партионность и вид грузов. Также для этих грузов необходимо провести анализ для определения средних квадратических погрешностей массы отдельных грузовых мест.

Заключение

Исследование проводилось на примере конкретной компьютерной программы Loadstar, однако суть проблемы распространяется на все подобные сертифицированные компьютерные программы для расчёта остойчивости. Перед внедрением такой программы в эксплуатацию на соответствующем судне она должна быть одобрена классификационным обществом этого судна и соответствовать международным и национальным требованиям, предъявляемым к ней. Нормы заложены в основу компьютерных программ, и разработчики не предусмотрели возможность для операторов самостоятельно изменять параметры нормирования.

Нормированные значения параметров, характеризующих погодные условия, занесены в программу, автоматически учитываются ею при выполнении расчётов и могут быть причиной возникновения ситуаций, в которых судоводитель может неверно интерпретировать информацию, полученную в результате расчётов. Фактические погодные условия могут значительно отличаться от тех, характеристики которых заложены в программу, они могут превышать установленные в программе значения, что является опасным фактором и может представлять серьёзную угрозу для безопасности мореплавания.

Кроме вопроса нормирования критерия погоды в судовых компьютерных программах, необходимо учитывать влияние изменения значений водоизмещения и аппликаты центра тяжести судна порожнем в процессе эксплуатации судна. Выполненные расчёты погрешностей контроля остойчивости при перевозке контейнеров для судна с 10 % запасов и 224 контейнерами подтвердили, что погрешность определения аппликаты центра тяжести судна в данном случае нагрузки составила 0,125 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антоненко С. В., Восковщук Н. И. Динамика корабля в штормовом море и нормы остойчивости. URL: https://shipdesign.ru/Sea/2011-02-15/1__24-33.pdf (дата обращения: 12.01.2019).
2. *Международный кодекс остойчивости судов в неповреждённом состоянии*: Резолюция А. 749 (18). СПб.: Изд-во ЦНИИМФ, 2016. 242 с.
3. *Правила классификации и постройки морских судов* // Правила Рос. регистра судоходства. Ч. 4: Остойчивость: НД № 2. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499012681> (дата обращения: 12.02.2019).
4. Якута И. В., Гуральник Б. С., Филимонов И. В. О необходимости учёта погодных условий в судовых программах расчёта остойчивости и общей продольной прочности // Материалы VI Междунар. Балт. мор. форума (Калининград, 03–06 сентября 2018 г.). Калининград: Изд-во БГАРФ, 2018. С. 67–78.
5. Лукин А. А. Типизация штормовых циклонов, вызывающих опасное волнение в Северной Атлантике // Тр. Гидрометцентра России. 2011. Вып. 345. С. 40–55.
6. *Исследование остойчивости средних рыболовных траулеров, работающих в условиях Дальнего Востока* // Теорет. и практ. вопросы остойчивости и непотопляемости морских судов. М.: Транспорт, 1965. С. 70–79.
7. Morral A., MacNaughton A. R. Fishing vessel stability and safety a cautionary note when considering possible changes in IMO standards // International Conference on Design Considerations for small craft. London, 13–15 February, 1984. URL: <https://trid.trb.org/view/419437> (дата обращения: 12.02.2019).
8. Гуральник Б. С., Кулагин В. Д. Точность определения остойчивости рыболовных судов расчётным путём // Судостроение. 1992. № 6. С. 9–12.

Статья поступила в редакцию 27.04.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Якута Ирина Владимировна – Россия, 236029, Калининград; Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота Калининградского государственного технического университета; канд. техн. наук; доцент кафедры безопасности мореплавания; Ykutas@rambler.ru.

Гуральник Борис Самуилович – Россия, 236029, Калининград; Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота Калининградского государственного технического университета; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры безопасности мореплавания; boris.guralnik@mail.ru.



**TO THE QUESTION OF DEFINING
ERRORS ARISING IN THE ANALYSIS OF SHIP STABILITY
IN SHIP COMPUTER SOFTWARE**

I. V. Yakuta, B. S. Guralnik

*Baltic Fishing Fleet State Academy, Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad, Russian Federation*

Abstract. The article shows the need to account the difference between real weather conditions and weather parameters given in shipboard computer software. Taking into account the fact that climatic conditions in the oceans are getting severer, it is unsafe to rely on relevance and reliability of the shipboard software forecasts navigating in zones with extreme weather conditions. Having the opportunity on board to get enough accurate weather forecasts in advance a navigator can competently plan the future voyage and avoid the expected storm. It not always possible to calculate the divergence with the storm and a vessel can be affected by cyclonic activity for different reasons. The ships stability is considered reached if the weather criterion shows the area ratio $b/a > 1$ on a static stability diagram. The analysis showed that for this case $b/a = 0.436$, which is 2.3 times less the minimum allowable value. It is stated that in the course of a ship operation the displacement and heights of center of gravity increase on the empty ship. If the ship stability is controlled by cal-

culations, there occur random errors of due to inaccuracy of evaluating variable load. An increase of displacement and a height of center of gravity of an empty ship, as well as accidental errors due to inaccuracy of evaluation of deadweight may reach in total over 100 tons for displacement and up to 0,20 m for elevation of center of gravity. This fact should be taken into account in the shipboard software analyses. There have been given examples of formulas determining the displacement errors and a height of center of gravity of the vessel under operational load.

Key words: stability rationing, static stability diagram, weather criterion, stability calculation software, vessel displacement, height of center of gravity, random error.

For citation: Yakuta I. V., Guralnik B. S. To the question of defining errors arising in the analysis of ship stability in ship computer software. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies*. 2019;3:7-15. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-1574-2019-3-7-15.

REFERENCES

1. Antonenko S. V., Voskovshchuk N. I. *Dinamika korablya v shtormovom more i normy ostojchivosti* [Ship dynamics in stormy sea and stability standards]. URL: https://shipdesign.ru/Sea/2011-02-15/1__24-33.pdf (accessed: 12.01.2019).
2. *Mezhdunarodnyj kodeks ostojchivosti sudov v nepovrezhdyonnom sostoyanii: Rezolyuciya A. 749 (18)* [International Code for the Stability of Non-damaged Ships: Resolution A. 749 (18)]. Saint-Petersburg, Izd-vo CNIIMF, 2016. 242 p.
3. *Pravila klassifikacii i postrojki morskikh sudov* [Rules for classification and construction of ships]. Pravila Rossijskogo registra sudohodstva. Part 4: Ostoichivost': ND № 2. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/499012681> (accessed: 12.02.2019).
4. Yakuta I. V., Gural'nik B. S., Filimonov I. V. O neobhodimosti uchyota pogodnyh uslovij v sudovyh programmah raschyota ostojchivosti i obshchej prodol'noj prochnosti [On the need to take into account weather conditions in ship programs for calculating stability and overall longitudinal strength]. *Materialy VI Mezhdunarodnogo Baltijskogo morskogo foruma (Kaliningrad, 03–06 sentyabrya 2018 g.)*. Kaliningrad, Izd-vo BGARF, 2018. Pp. 67-78.
5. Lukin A. A. Tipizaciya shtormovyh ciklonov, vyzyvayushchih opasnoe volnenie v Severnoj Atlantike [Typification of storm cyclones causing dangerous disturbances in the North Atlantic]. *Trudy Gidrometcentra Rossii*, 2011, iss. 345, pp. 40-55.
6. Issledovanie ostojchivosti srednih rybolovnyh traulerov, rabotayushchih v usloviyah Dal'nego Vostoka [Analysis of the stability of medium-size fishing trawlers operating in the Far East]. *Teoreticheskie i prakticheskie voprosy ostojchivosti i nepotoplyaemosti morskikh sudov*. Moscow, Transport Publ., 1965. Pp. 70-79.
7. Morral A., MacNaughton A. R. *Fishing vessel stability and safety a cautionary note when considering possible changes in IMO standards. International Conference on Design Considerations for small craft*. London, 13–15 February, 1984. Available at: <https://trid.trb.org/view/419437> (accessed: 12.02.2019).
8. Gural'nik B. S., Kulagin V. D. Tochnost' opredeleniya ostojchivosti rybolovnyh sudov raschyotnym putyom [Accurate determining the stability of fishing vessels by calculation]. *Sudostroenie*, 1992, no. 6, pp. 9-12.

The article submitted to the editors 27.04.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yakuta Irina Vladimirovna – Russia, 236029, Kaliningrad; Baltic State Academy of Fishing Fleet of Kaliningrad State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Navigation Safety; Ykutas@rambler.ru.

Guralnik Boris Samuilovich – Russia, 236029, Kaliningrad; Baltic State Academy of Fishing Fleet of Kaliningrad State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Navigation Safety; boris.guralnik@mail.ru.

