

ПРИЛОЖЕНИЕ 11**РЕЗОЛЮЦИЯ MEPC.122(52)
Принята 15 октября 2004 года****ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ПРИМЕЧАНИЯ ПО ВОПРОСАМ, ОТНОСЯЩИМСЯ
К ПОКАЗАТЕЛЯМ АВАРИЙНОГО ВЫЛИВА НЕФТИ СОГЛАСНО ПРАВИЛУ 23
ПЕРЕСМОТРЕННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ I К КОНВЕНЦИИ МАРПОЛ**

КОМИТЕТ ПО ЗАЩИТЕ МОРСКОЙ СРЕДЫ,

ССЫЛАЯСЬ на статью 38 а) Конвенции о Международной морской организации, касающуюся функций Комитета по защите морской среды (Комитет), возложенных на него международными конвенциями по предотвращению загрязнения моря и борьбе с ним,

ОТМЕЧАЯ резолюцию MEPC.117(52), которой Комитет одобрил пересмотренное Приложение I к МАРПОЛ 73/78, в правиле 23 которого содержатся положения, относящиеся к показателям разлива нефти,

ОТМЕЧАЯ ТАКЖЕ, что при рассмотрении вышеупомянутых поправок Комитет по защите морской среды признал необходимость разработки соответствующих пояснительных примечаний для осуществления одобренных правил с целью обеспечить их единообразное применение,

РАССМОТРЕВ рекомендации, сделанные Подкомитетом по перевозке жидкостей и газов наливом на его восьмой сессии,

1. ПРИНИМАЕТ Пояснительные примечания по вопросам, относящимся к показателям аварийного разлива нефти согласно правилу 23 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ, текст которых изложен в приложении к настоящей резолюции;
2. ПРЕДЛАГАЕТ правительствам-членам должным образом учитывать Пояснительные примечания при осуществлении требований, предписанных в правиле 23 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ;
3. ПОСТАНОВЛЯЕТ проводить обзор Пояснительных примечаний в свете приобретенного опыта;
4. ПРЕДЛАГАЕТ Комитету по безопасности на море принять к сведению Руководство; и
5. НАСТОЯТЕЛЬНО ПРИЗЫВАЕТ правительства-члены довести вышеупомянутые Пояснительные примечания до сведения судостроителей, собственников, операторов судов и других сторон, связанных с проектированием, постройкой и эксплуатацией нефтяных танкеров.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНЫЕ ПРИМЕЧАНИЯ ПО ВОПРОСАМ, ОТНОСЯЩИМСЯ К ПОКАЗАТЕЛЯМ АВАРИЙНОГО ВЫЛИВА НЕФТИ СОГЛАСНО ПРАВИЛУ 23 ПЕРЕСМОТРЕННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ I К КОНВЕНЦИИ МАРПОЛ

ЧАСТЬ А – ИСТОРИЯ ВОПРОСА

1 Введение

1.1 Согласно резолюции MEPC.51(32) Комитет по защите морской среды (КЗМС) на своей тридцать второй сессии одобрил поправки к Приложению I к МАРПОЛ 73/78. Основными вопросами, которых касались эти поправки, были тогда новые правила 13F и 13G Приложения I к Конвенции МАРПОЛ, которые касаются предотвращения загрязнения нефтью в случае столкновения или посадки на мель. В настоящем документе не обсуждается правило 13G Приложения I к Конвенции МАРПОЛ, в котором рассматриваются вопросы существующих танкеров. Правило 13F Приложения I к Конвенции МАРПОЛ касалось новых нефтяных танкеров и содержало требования относительно двойного корпуса, применимые к новым нефтяным танкерам, контракт на постройку которых заключен 6 июля 1993 года или после этой даты.

1.2 Пункт 4 правила 13F Приложения I к Конвенции МАРПОЛ касается так называемой "конструкции с палубой посередине высоты борта", которая означает, что защитные балластные танки двойного дна могут не устанавливаться, если горизонтальная переборка ("средняя палуба") устроена таким образом, что внутреннее давление груза плюс давление паров менее внешнего давления забортной воды. Это называется принципом гидростатического равновесия.

1.3 Посредством выполненного ИМО сравнительного исследования конструкции нефтяных танкеров (КНТ)^{1)*} было продемонстрировано, что показатели вылива нефти танкеров с палубой посередине высоты борта по меньшей мере эквивалентны этим показателям танкеров с двойным корпусом, однако было признано, что в рамках этого общего вывода каждая конструкция в определенных условиях дает лучший или худший показатель вылива нефти.

1.4 Поэтому еще ранее КЗМС признал, что существует настоятельная необходимость для ИМО разработать согласованное на международном уровне руководство по оценке показателей вылива нефти у альтернативных конструкций танкеров по отношению к основным конструкциям двойного корпуса. Это намерение было выражено в пункте 5) правила 13F Приложения I к Конвенции МАРПОЛ следующим образом:

"5) В качестве альтернативы требованиям, предписанным в пункте 3¹, могут также допускаться другие методы проектирования и постройки нефтяных танкеров, при условии что такие методы обеспечивают, по меньшей мере, такой же уровень защиты от загрязнения нефтью в случае столкновения или посадки на мель и одобрены в

* См. ссылку 1 на стр. 46.

¹ Правило 13F 3) содержало требования относительно двойного корпуса.

принципе Комитетом по защите морской среды на основании руководства, разработанного Организацией²."

1.5 В сентябре 1995 года было принято Временное руководство. Оно было включено в дополнение 7 к Приложению I к Конвенции МАРПОЛ в качестве "Временного руководства". Слово "временное" выражает намерение обновить это Временное руководство, когда будет приобретен опыт в течение трех-четырех лет его применения. Временное руководство было заменено Пересмотренным временным руководством, которое было принято резолюцией MEPC.110(49) в 2003 году.

1.6 Методология расчета, предписанная в Пересмотренном временном руководстве, заключается в непосредственном применении к конструкции предусмотренных функций распределения плотности вероятностей (ФРПВ). Поскольку имеется пять функций распределения плотности вероятностей (ФРПВ) для повреждения борта и днища, этот принцип предполагает тщательность расчетов.

1.7 После этой разработки КЗМС счел необходимым вновь рассмотреть и пересмотреть правила 22–24 существующего Приложения I к Конвенции МАРПОЛ, в которых подобный вопрос, т.е. сведение к минимуму загрязнения нефтью с нефтяных танкеров в результате повреждений борта и днища, решается более традиционным (детерминистическим) способом. Было признано, что существующие детерминистические правила надлежащим образом не учитывают вариаций деления на отсеки в целом и продольного деления на отсеки в частности. Поэтому для пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ было разработано правило 23 о показателях аварийного вылива нефти. Преследовалась цель обеспечить правило о показателях аварийного вылива нефти, в котором эффективно учитываются вариации деления на отсеки. Обеспечено соответствие этого правила Пересмотренному временному руководству для избежания вероятности противоречий с точки зрения приемлемости правил предотвращения загрязнения нефтью вследствие их различий по характеру.

1.8 Хотя считалось, что жесткий подход, предписанный Пересмотренным временным руководством, был пригоден для оценки альтернативных конструкций танкеров и возможных уникальных конфигураций танков, было сочтено необходимым менее сложное правило, которое бы применялось ко всем танкерам. Таким образом, был разработан "упрощенный" метод, основанный на тех же исходных данных. В настоящих Пояснительных примечаниях описываются предположения и принципы, лежащие в основе этого упрощенного подхода к оценке вылива нефти, содержатся исходные сведения о разработке индекса показателей, а также примеры, демонстрирующие применение этого правила.

1.9 Этот упрощенный метод, основанный на минимальных зазорах между грузовыми танками и корпусом, пригоден в отношении расположения танков. Для некоторых конструкций, таких как конструкции, характеризующиеся наличием ступеней/уступов на палубах и наклонных переборках и/или резко выраженным изгибом корпуса, могут потребоваться более тщательные расчеты.

² Стоит отметить, что ИМО резервирует за собой право одобрять в принципе любую новую конструкцию и что это не входит в полномочия национальной администрации. Это было сделано для обеспечения единообразной оценки таких альтернатив.

1.10 Комбинированные суда являются судами, спроектированными и построенными для перевозки как сухих, так и жидких грузов (т.е. навалочный груз и груз нефти). Традиционно эти суда строятся без продольной переборки в диаметральной плоскости. Новый вероятностный метод пригоден также для комбинированных судов, однако ввиду характера конструкции они могут не соответствовать индексу показателей вылива (параметр среднего вылива) для стандартного нефтяного танкера. Для комбинированных судов может применяться отдельный параметр среднего вылива нефти, при условии что расчетами показано, что повышенная конструктивная прочность корпуса обеспечивает лучшую защиту окружающей среды по сравнению со стандартным нефтяным танкером с двойным корпусом таких же размеров. Расчеты должны соответствовать требованиям Администрации.

2 Обзор методологии

2.1 При применении этого правила используются три основных этапа:

- .1 определить вероятность проникновения каждого нефтяного танка в пределах длины грузового блока как при повреждении борта (столкновения), так и при повреждении днища (посадки на мель);
- .2 оценить предполагаемый вылив нефти из каждого поврежденного нефтяного танка; и
- .3 рассчитать параметр среднего вылива и сравнить его с установленной максимальной допустимой величиной.

2.2 Этот подход отличается от Пересмотренного временного руководства ^{2)*}, которое предусматривает расчет трех отдельных параметров вылива: вероятность нулевого вылива нефти, средний вылив и экстремальный вылив нефти.

- .1 *вероятность нулевого вылива нефти*, P_0 , выражает вероятность того, что при столкновении или посадке на мель, при которых получает пробоину внешний корпус, вылива нефти в окружающую среду происходить не будет. Величина P_0 равна интегральной вероятности всех случаев повреждения без вылива;
- .2 *параметр среднего вылива нефти*, O_M , является безразмерным средним или предполагаемым выливом и дает указание на общую эффективность конструкции в ограничении вылива нефти. Средний вылив равен сумме произведений вероятностей каждого случая повреждения и соответствующего вылива. Величина O_M равна среднему выливу, деленному на общее количество нефти на борту судна; и
- .3 *параметр экстремального вылива*, O_E , является безразмерным экстремальным выливом и дает указание на предполагаемый вылив нефти в результате особо серьезных аварий. Экстремальный вылив является средневзвешенной величиной верхних 10% всех аварий (т.е. все случаи повреждений в пределах диапазона интегральной вероятности от 0,9 до 1,0).

* См. ссылку 2 на стр. 46.

2.3 В соответствии с Пересмотренным временным руководством параметры объединяются по нижеследующей формуле с целью обеспечить общую оценку проектных показателей вылива в случае столкновения или посадки на мель. Величины P_0 , O_M , и O_E являются параметрами вылива нефти для альтернативной конструкции, а величины P_{OR} , O_{MR} , и O_{ER} являются параметрами вылива нефти для типового судна эквивалентных размеров. Индекс предотвращения загрязнения "E" должен быть больше или равен 1,0 для конструкции, считающейся эквивалентной типовому судну.

$$E = \frac{(0,5)(P_0)}{P_{OR}} + \frac{(0,4)(0,01 + O_{MR})}{0,01 + O_M} + \frac{(0,1)(0,025 + O_{ER})}{0,025 + O_E} \quad (2.3)$$

2.4 Применение Пересмотренного временного руководства требует определения вероятности происшествия и вылива нефти для каждого уникального случая повреждения. Для типичного танкера это включает оценку тысяч условий повреждения. Эти данные применяются затем при расчете трех параметров вылива.

2.5 Существенное различие между правилом 23 и Пересмотренным временным руководством заключается в оценке случаев повреждения. Вместо определения каждого уникального случая повреждения и его соответствующей вероятности рассчитывается вероятность повреждения каждого нефтяного танка в пределах длины грузового блока. Это равно вероятности того, что нефтяной танк получит пробоину – либо один, либо в сочетании с другими танками, – и равно сумме вероятностей всех уникальных случаев повреждения этого конкретного нефтяного танка.

2.6 Применяемый в этом правиле упрощенный метод вероятностного расчета основан на следующем принципе:

$$\text{Средний вылив} = \sum_i (p_i v_i) = \sum_j (p_j v_j), \quad (2.6)$$

где:

- p_i – вероятность происшествия сценария повреждения i (когда могут быть затронуты один грузовой танк или группа примыкающих танков)
- v_i – объем вылива нефти из грузовых танков при рассматриваемом сценарии повреждения i
- i – подстрочный индекс, обозначающий рассматриваемый сценарий повреждения
- p_j – вероятность того, что поврежден танк j (независимо от конкретных сценариев повреждения)
- v_j – объем вылива нефти из грузового танка j
- j – подстрочный индекс, обозначающий рассматриваемый грузовой танк
- Σ – знак суммирования, выполняемого для всех возможных сценариев повреждения i или грузовых танков j соответственно, приводящего к отличному от нуля вкладу в величину среднего вылива нефти

2.7 Параметр среднего вылива, O_M , равен среднему выливу, деленному на общее количество нефти на борту S . Для правила 23, а также Пересмотренного временного руководства S определяется как общий объем груза нефти при заполнении танка на 98%.

2.8 Поскольку уникальные случаи повреждения не определяются, расчеты вероятности нулевого вылива и экстремального вылива при данном упрощенном подходе непрактичны. В правиле 23 для оценки показателей вылива используется только параметр среднего вылива. Из трех параметров показатель среднего вылива считается наилучшим индикатором общих показателей вылива.

2.9 Это считается разумным упрощением, поскольку каждая конструкция должна также отвечать положениям правила 19. Предполагается, что положения правила 19, касающиеся двойного корпуса, и принцип более тщательного анализа, содержащийся в Пересмотренном временном руководстве, гарантируют, что конструкция обеспечивает надлежащую защиту от вероятности разливов, измеряемой по вероятности параметра нулевого вылива. Параметр экстремального вылива нефти дает указание на ожидаемый вылив нефти в результате особо серьезных аварий. В большой степени в параметре среднего вылива находит отражение воздействие крупных разливов, поскольку он представляет собой средневзвешенное всех разливов.

3 Функции распределения плотности вероятностей (ФРПВ)

3.1 Пересмотренное временное руководство содержит функции распределения плотности вероятностей (ФРПВ), описывающие место, протяженность и проникновение повреждения борта и днища. Эти функции выведены из фактически зарегистрированных статистических данных о повреждениях при 52 столкновениях и 63 посадках на мель, составленных классификационными обществами по просьбе ИМО^{2)*}. Эти статистические данные были получены из сведений об авариях нефтяных танкеров, танкеров-химовозов и комбинированных судов дедвейтом 30 000 тонн и более за период с 1980 по 1990 год.

3.2 На рис. 1 показаны статистические данные и кусочно-линейная функция распределения плотности вероятностей, представляющая продольную протяженность повреждения применительно к повреждению днища. Были также рассмотрены другие формы выравнивания кривой, такие как бета-распределения. Однако было установлено, что они оказывают небольшое влияние на общий анализ, и поэтому для Пересмотренного временного руководства был принят более простой в применении способ кусочно-линейного выравнивания.

* См. сноску 2 на стр. 46.

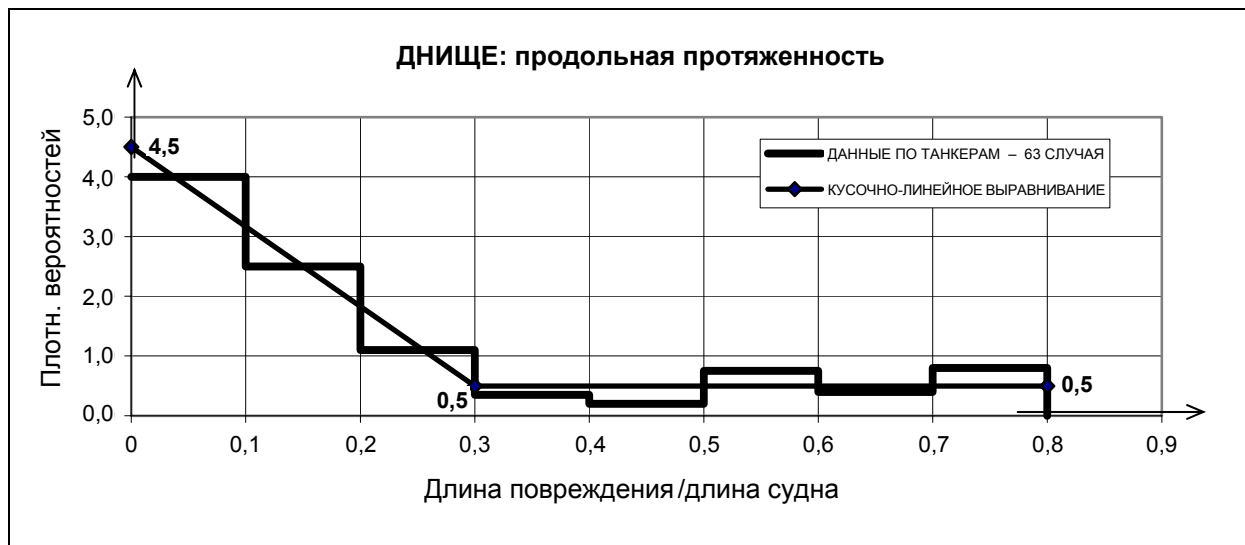


Рис. 1. Гистограмма и функция распределения плотности вероятностей: продольная протяженность повреждения днища

3.3 ФРПВ повреждения борта, показанные на рис. 2–6, дают вероятность повреждения как функцию:

- Продольного положения
- Продольной протяженности
- Вертикального положения
- Вертикальной протяженности
- Поперечного проникновения

3.4 ФРПВ повреждения днища, показанные на рис. 7–11, дают вероятность повреждения как функцию:

- Продольного положения
- Продольной протяженности
- Поперечного положения
- Поперечной протяженности
- Вертикального проникновения

3.5 Интервалы плотности приводятся к длине судна для продольного положения и протяженности, ширине судна для поперечного положения и протяженности и высоте борта судна для вертикального положения и протяженности. Переменные ФРПВ рассматриваются по отдельности из-за отсутствия достаточных данных для определения их зависимости.

3.6 Эти функции основываются на ограниченных статистических данных о повреждениях в основном танкеров с одинарным корпусом. Эти статистические данные следует периодически пересматривать по мере появления новых данных.

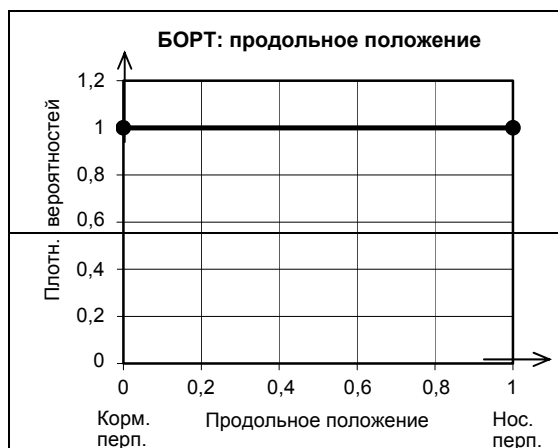


Рис. 2. Повреждение борта: продольное положение



Рис. 3. Повреждение борта: продольная протяженность

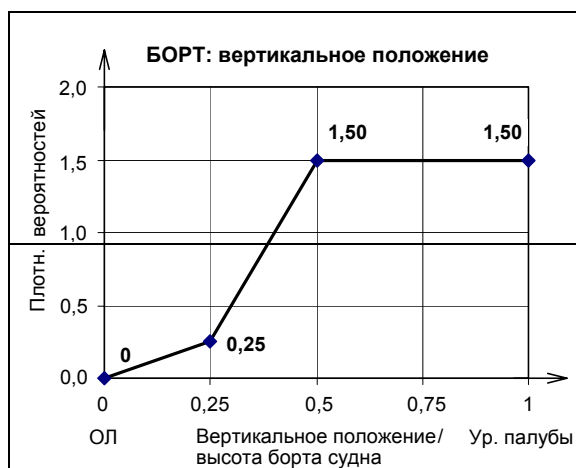


Рис. 4. Повреждение борта: вертикальное положение

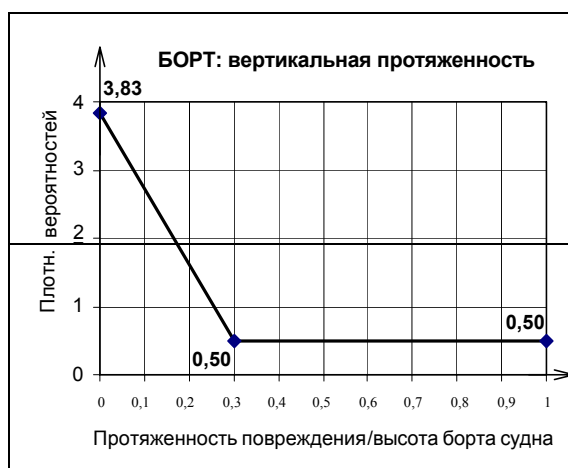


Рис. 5. Повреждение борта: вертикальная протяженность

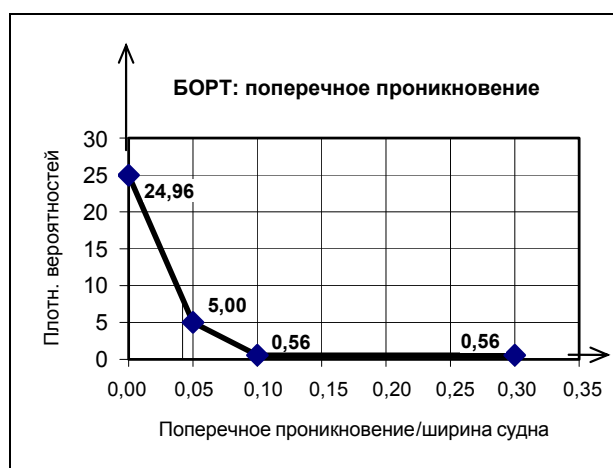


Рис. 6. Повреждение борта: поперечное проникновение



Рис. 7. Повреждение днища: продольное положение

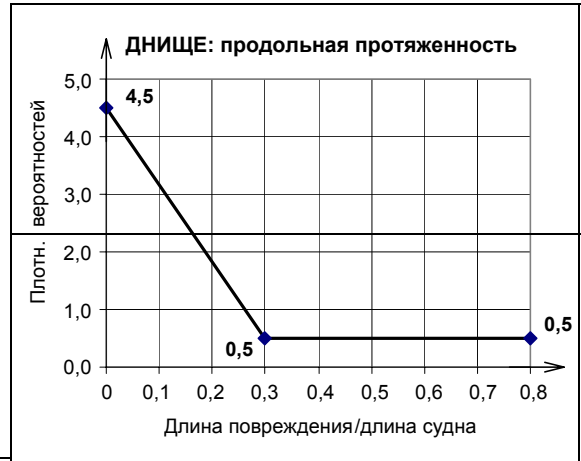


Рис. 8. Повреждение днища: продольная протяженность

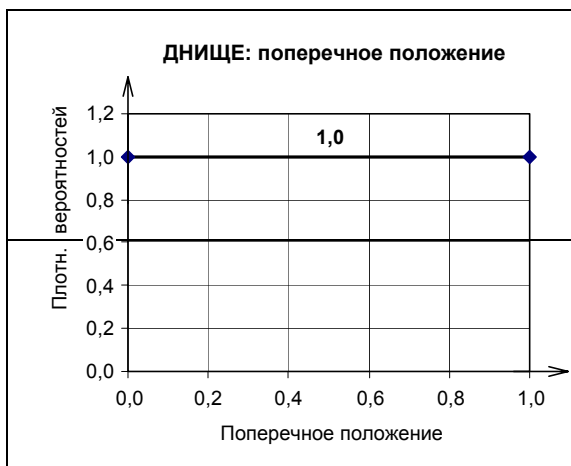


Рис. 9. Повреждение днища: поперечное положение

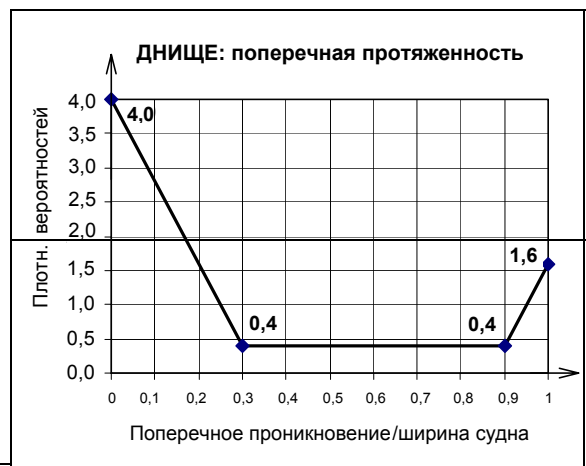


Рис. 10. Повреждение днища: поперечная протяженность



Рис. 11. Повреждение днища: вертикальное проникновение

4 Таблицы вероятности повреждения борта и днища

4.1 С тем чтобы упростить применение функций распределения плотности вероятностей, распределения плотности вероятностей для положения, протяженности и проникновения повреждения преобразованы в комплект таблиц и простых уравнений. Эти таблицы указывают на вероятность того, что повреждение ограничено на одном борту определенной продольной, поперечной или горизонтальной плоскостью.

4.2 Например, функция $p_b(d)$ является вероятностью того, что повреждение ограничено величиной менее d , нормализованным положением повреждения, данной величиной $g(y)$, распределением плотности вероятностей протяженности повреждения, $h(x)$, распределением плотности вероятностей положения и величиной c , максимальной протяженностью повреждения. Подобным образом, $p_a(d)$ является вероятностью того, что повреждение ограничено величиной более d .

$$p_b = \int_0^c \int_0^{d-y/2} g(y) \cdot h(x) dx dy \quad (4.2-1)$$

$$p_a = \int_0^c \int_{d+y/2}^1 g(y) \cdot h(x) dx dy \quad (4.2-2)$$

4.3 Эти уравнения повторяются для всех расчетов вероятности повреждения. Для случаев, касающихся проникновения, они упрощаются до уравнений с обычным интегралом. Для случаев, касающихся протяженности и положения, должны особо учитываться конечные точки плотности. Функции определяют положение повреждения в качестве центра повреждения. Зоны повреждения в направлении оконечностей или бортов судна могут выходить за пределы судна. Это объясняет, почему все таблицы вероятности не достигают величины 1,00.

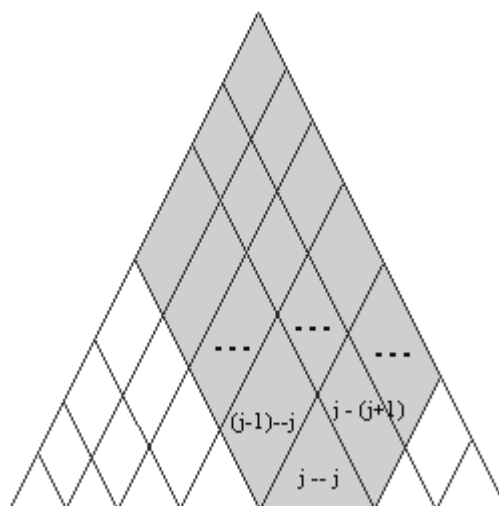


Рис. 12. Область интегрирования для суммарной вероятности повреждения P_j энного танка

4.4 Для получения вероятности того, что район, ограниченный d_1 внизу и d_2 сверху, поврежден, находим $p = 1 - p_b(d_1) - p_a(d_2)$. Отметим, что эта вероятность включает все повреждения, которые включают район, а не только те, которые повреждают этот один район. Для определения вероятности повреждения района в трехмерном пространстве соответствующие вероятности в каждом измерении перемножаются, отражая независимость ФРПВ друг от друга. Для упрощения процесса расчета каждый трехмерный район моделируется как эквивалентный прямолинейный блок, описанный шестью границами.

4.5 Таблицы и уравнения для повреждения борта дают следующие параметры:

- P_{Sa} – вероятность того, что повреждение будет находиться полностью в корму от точки X_a/L ;
- P_{Sf} – вероятность того, что повреждение будет находиться полностью в нос от точки X_f/L ;
- P_{Sl} – вероятность того, что повреждение будет находиться полностью ниже танка;
- P_{Su} – вероятность того, что повреждение будет находиться полностью выше танка; и
- P_{Sy} – вероятность того, что повреждение будет находиться полностью вне танка.

4.6 Таблицы и уравнения для повреждения днища дают следующие параметры:

- P_{Ba} – вероятность того, что повреждение будет находиться полностью в корму от точки X_a/L ;
- P_{Bf} – вероятность того, что повреждение будет находиться полностью в нос от точки X_f/L ;
- P_{Bp} – вероятность того, что повреждение будет находиться полностью на левом борту танка;
- P_{Bs} – вероятность того, что повреждение будет находиться полностью на правом борту танка; и
- P_{Bz} – вероятность того, что повреждение будет находиться полностью ниже танка.

5 Вероятность проникновения грузового нефтяного танка

5.1 Вероятность P_S получения данным грузовым нефтяным танком пробоины в результате повреждения борта рассчитывается следующим образом:

$$P_S = (1 - P_{Sf} - P_{Sa}) (1 - P_{Su} - P_{Sl}) (1 - P_{Sy}) \quad (5.1)$$

$(1 - P_{Sf} - P_{Sa})$ – вероятность того, что повреждение проникнет в продольную зону, обозначенную поперечными плоскостями, расположенными на крайних носовой и кормовой границах танка. $(1 - P_{Su} - P_{Sl})$ – вероятность того, что повреждение проникнет в вертикальную зону, обозначенную горизонтальными плоскостями, расположенными на крайних верхней и нижней границах танка. $(1 - P_{Sy})$ – вероятность того, что поперечная протяженность повреждения проникнет в зону, ограниченную наружной переборкой танка.

5.2 Подобным образом, вероятность P_B получения данным грузовым нефтяным танком пробоины в результате повреждения днища рассчитывается следующим образом:

$$P_B = (1 - P_{Bf} - P_{Ba}) (1 - P_{Bp} - P_{Bs}) (1 - P_{Bz}) \quad (5.2)$$

$(1 - P_{Bf} - P_{Ba})$ – вероятность того, что повреждение проникнет в продольную зону, обозначенную поперечными плоскостями, расположенными на крайних носовой и кормовой границах танка. $(1 - P_{Bp} - P_{Bs})$ – вероятность того, что повреждение проникнет в поперечную зону, обозначенную вертикальными плоскостями, параллельными основной линии, расположенными на крайних левой и правой границах танка. $(1 - P_{Bz})$ – вероятность того, что вертикальная протяженность повреждения распространится в зону, ограниченную днищем танка.

5.3 Крайние границы каждого отсека применяются при определении размеров прямолинейного блока. Хотя рассматривалась возможность усреднения наклонных границ, было установлено, что применение крайних границ обычно приводит к более последовательным и обычно достаточно традиционным результатам по сравнению с более тщательными процедурами, описанными в пункте 10 правила 23.

6 Расчет среднего вылива в результате повреждения борта

6.1 Данных о процентном отношении вылива из танка в результате повреждения борта не имелось, и теоретический расчет доли удерживаемой жидкости был сочтен непрактичным. Поэтому при повреждении борта традиционно предполагается общий объем (100%) вылива нефти из каждого поврежденного грузового танка. Это согласуется с подходом, применяемым в Пересмотренном временном руководстве.

6.2 В соответствии с пунктом 6 правила 23 средний вылив в результате повреждения борта рассчитывается следующим образом:

$$O_{MS} = C_3 \sum_i^n P_{s(i)} O_{s(i)} \quad (\text{м}^3), \quad (6.2)$$

где $P_{s(i)}$ – вероятность проникновения грузового танка i в результате повреждения борта, а $O_{s(i)}$ – вылив из грузового танка i в результате повреждения борта.

6.3 В соответствии с упрощенным подходом, предписанным в правиле 23, вероятность того, что повреждение будет распространяться в грузовой танк в поперечном направлении, рассчитывается на основе минимального расстояния по горизонтали между отсеком и бортовой обшивкой. Если расстояние до обшивки не одинаково, это предположение приведет к завышенным оценкам вылива нефти. Это наиболее очевидно в районе носовых и кормовых грузовых танков, где изгиб корпуса наиболее резко выражен.

6.4 Более тщательные расчеты, выполненные для подтверждения методологии, показали, что этот традиционный подход в наибольшей мере затрагивает танкеры с двумя непрерывными продольными переборками в грузовых танках (т.е. с расположением трех грузовых танков в поперечном направлении). На рис. 13 представлены параметры среднего вылива для серии танкеров, рассчитанные с использованием упрощенного подхода в соответствии с правилом 23 без учета коэффициента C_3 , а также рассчитанные на основе методологии гипотетических подотсеков, указанной в пункте 10.1 правила 23. Суда грузоместимостью менее 200 000 м³, у которых имеется одна продольная переборка в диаметральной плоскости, показывают хорошее соответствие. Упрощенный подход согласно правилу 23 дает повышенную оценку показателей вылива для судов грузоместимостью более 300 000 м³, все из которых имеют две продольные переборки в грузовых танках. Поэтому у

случае таких конструкций вылив в результате повреждения борта умножается на коэффициент C_3 , равный 0,77.

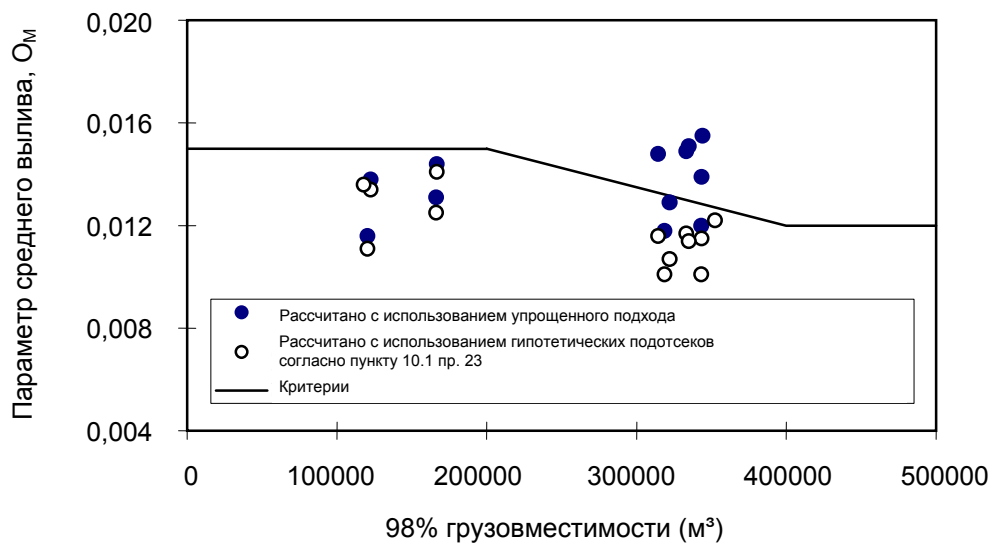


Рис. 13. Сравнение расчетов с использованием упрощенного метода и гипотетических подотсеков

7 Расчет среднего вылива в результате повреждения днища

7.1 Для повреждения днища потеря нефти рассчитывается на основе принципа равновесия давления.

7.2 В соответствии с пунктом 7 правила 23 средний вылив в результате повреждения днища рассчитывается для каждого состояния прилива следующим образом:

$$O_{MB(0)} = \sum_i^n P_{V(i)} O_{V(i)} C_{DB(i)} \quad (м^3) \quad (7.2)$$

7.3 Как объясняется ниже, коэффициент $C_{DB(i)}$ учитывает нефть, удержанную в не используемых для груза танках, расположенных непосредственно под грузовым танком.

7.4 Выполняются независимые расчеты для состояний прилива ноль и минус 2,5, а затем значения вылива объединяются следующим образом:

$$O_{MB} = 0,7 O_{MB(0)} + 0,3 O_{MB(2,5)} \quad (м^3) \quad (7.4)$$

7.5 Влияние приливов

7.5.1 Когда нефтяной танкер получает повреждение днища в результате посадки на мель и остается на мели, отлив может привести к выливу нефти вследствие принципа гидростатического равновесия. Для этого правила потеря нефти рассчитывается, предполагая уменьшение уровня прилива до 0 и 2,5 метра.

7.5.2 Случайный характер отлива может быть описан следующими двумя функциями распределения плотности вероятностей:

- 1 функция распределения плотности вероятностей относительного отлива, предполагая, что приливное движение с достаточной точностью может быть представлено гармоническими колебаниями с большим периодом и что зависящая от времени вероятность возникновения аварии, связанной с посадкой на мель, равномерно распределена в течение периода прилива. Относительный отлив определяется как отношение фактического отлива и двойной амплитуды приливного движения;
- 2 функция распределения плотности вероятностей двойной амплитуды приливного движения во время аварии. Исходя из статистических данных, которые ограничиваются данными, полученными по результатам исследования конструкции нефтяных танкеров (КНТ) [1], может быть получено приблизительное аналитическое описание функции распределения плотности вероятностей.

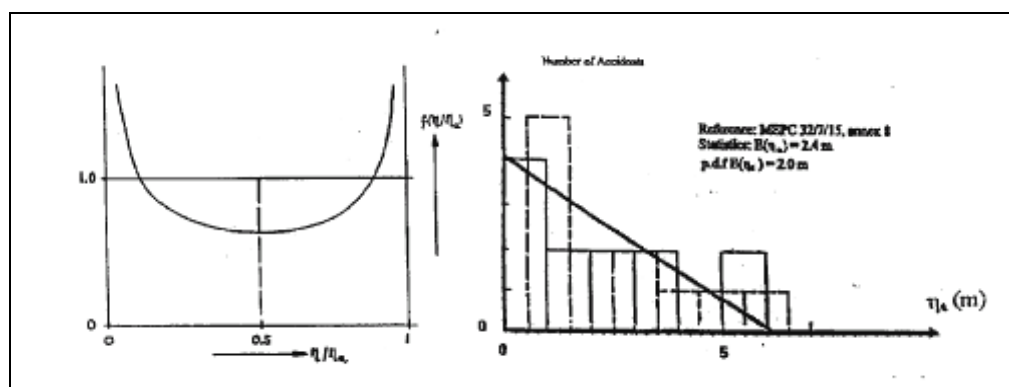


Рис. 14. Гистограмма и функция распределения плотности вероятностей: отлив

7.5.3 Из этих двух функций распределения плотности вероятностей может быть выведена функция распределения плотности вероятностей фактического отлива. Хотя в некоторых районах мира происходят экстремальные приливы высотой 6 м или более, такие высокие приливы относительно редки. Функция распределения плотности вероятностей отлива показывает значительную высоту почти до 3 м. Другими словами, вероятность фактического отлива свыше 3 м менее 5%.

7.5.4 Уменьшена также вероятность того, что суда будут садиться на мель при полной воде, поскольку глубина под килем обычно увеличивается.

7.5.5 Было установлено, что влияние приливов может быть разумно представлено путем выполнения расчетов при двух уровнях прилива, составляющих 0 м и $-2,5$ м, и последующего объединения результатов в отношении 70%:30%.

7.6 Грузовые танки, ограниченные днищевой обшивкой

7.6.1 Определенный вылив груза нефти может ожидаться из грузовых танков, ограниченных днищевой обшивкой, которые получают пробоину в результате повреждения днища, даже если они находятся в гидростатическом равновесии. Эти потери могут быть приписаны первоначальным потерям, происходящим после удара, и динамическим нагрузкам под воздействием течения и волн.

7.6.2 В рамках исследования КНТ^{1)*} были проведены модельные испытания с целью оценки масштаба этих динамических потерь. Для целей этого исследования было решено, что следует предполагать вылив нефти, по меньшей мере равный 1% объема грузового танка. Это же предположение применяется в Пересмотренном временном руководстве, а также в правиле 23.

7.7 Нефть, удерживаемая в не предназначенных для нефти танках, расположенных ниже грузового танка

7.7.1 Когда танкер с двойным корпусом получает повреждение днища через танки двойного дна и с проникновением в грузовые танки, определенная часть вылитой нефти из грузовых танков может оказаться в танках двойного дна. Если разница давления между грузом в танке и забортной водой мала (например, во время отлива), разумно предположить, что пространство двойного корпуса будет весьма надежно удерживать потерянную нефть. Однако когда разница давления относительно велика, а проникновение незначительно, модельные испытания, проведенные во время исследования КНТ^{1)*}, показали, что только около 1/7 вытекающей нефти удерживалось в пространствах двойного корпуса.

7.7.2 На основании этих исследований было сделано предположение, что "если одновременно получают пробоину наружное днище и внутреннее дно, а протяженность пробоины в обоих днищах одинакова, вероятно, что объем забортной воды и нефти, поступающих в пространство двойного корпуса, будет одинаковым". На этой основе Пересмотренное временное руководство устанавливает, что в отношении получивших пробоину не предназначенных для груза отсеков, расположенных полностью или частично ниже получивших пробоину грузовых нефтяных танков, следует предполагать, что заполненный объем этих отсеков в состоянии равновесия содержит 50% нефти и 50% забортной воды по объему, если не доказано иное.

7.7.3 С помощью упрощенного подхода, применяемого в правиле 23, комбинация танков в каждом сценарии повреждения не определена, и поэтому удержание нефти в не предназначенных для груза отсеках не может быть рассчитано напрямую. Для учета удержания нефти в этом правиле вылив нефти из грузового танка, расположенного выше не предназначенного для груза отсека, определенный по расчету гидростатического равновесия, умножается на коэффициент уменьшения вылива $C_{DB(i)}$.

7.7.4 Для определения коэффициента вылива $C_{DB(i)}$ значения вылива в результате повреждения днища в отношении десяти фактических танкеров с двойным корпусом, а также параметрической серии конструкций, обсужденных в пункте 8, были рассчитаны с учетом и без учета удержания нефти в двойном дне. Коэффициент уменьшения вылива снизился

* См. ссылку 1 на стр. 46.

до 0,50–0,70 для всех фактических танкеров и 80% конструкций в параметрической серии. На этой основе был выбран коэффициент уменьшения вылива $C_{DB(i)}$, равный 0,60. Значит, предполагается, что (1–0,60) или 40% вылива захвачено расположенными ниже танками, не используемыми для нефти.

8 Расчет параметра среднего вылива

8.1 Для целей объединения значений вылива при повреждении борта и днища в единое значение общего среднего вылива предполагается отношение столкновения и посадки на мель как 40%:60%. Это соответствует предположению в Пересмотренном временном руководстве. Параметр среднего вылива O_M рассчитывается путем деления объединенного среднего вылива при повреждении борта и днища на общий объем груза C . Для целей этого правила, а также Пересмотренного временного руководства предполагается заполнение всех нефтяных танков на 98% в пределах длины грузового блока.

$$O_M = (0,4 O_{MS} + 0,6 O_{MB}) / C \quad (8.1)$$

9 Максимальный допустимый параметр вылива нефти

9.1 Была произведена оценка параметрической серии 96 конструкций для оказания помощи в установлении максимальных допустимых значений вылива. Были рассмотрены суда девяти размеров дедвейтом от 5000 до 460 000 тонн. Для каждого размера была оценена серия конструкций, охватывающая различные расположения грузовых танков, а также зазоры бортовых танков и двойного дна. Расчеты вылива предполагают, что номинальные зазоры двойного дна и бортовых танков поддерживаются в пределах грузового блока. При расчете вероятностей пробоины грузовых танков предполагается упрощенная призматическая форма корпуса.

9.2 На рис. 15 параметры среднего вылива показаны как функция грузоподъемности. В таблице 1 конструкции распределены по параметру среднего вылива. В таблице 1 также указаны расположение грузовых танков и номинальные размеры двойного корпуса. Например, запись "5×2 1×1,1" относится к конструкции, у которой два грузовых танка расположены в поперечном направлении, а пять – в продольном; при этом ширина бортового танка составляет 1,0 м, а высота двойного дна – 1,1 м. Упрощенный подход был также проверен на серии фактических танкеров (подробные сведения содержатся в разделе 6.4 части А настоящих Пояснительных примечаний).

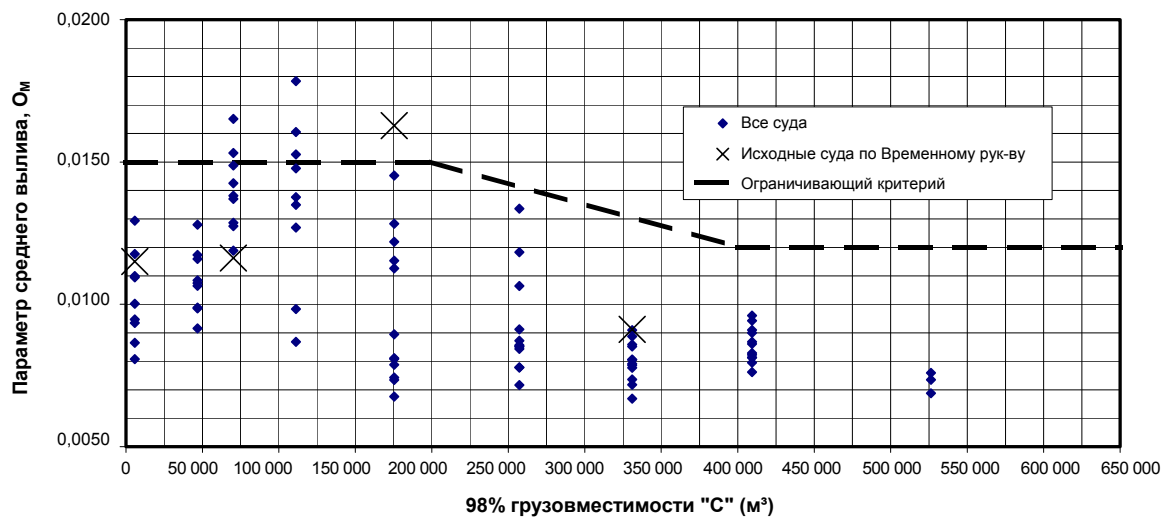


Рис. 15. График: параметры среднего вылива для серии танкеров

5000 MT C=5849 м³	40 000 MT 46 784 м³	60 000 MT 70 175 м³	95 000 MT 111 111 м³	150 000 MT 175 439 м³	220 000 MT 257 310 м³	283 000 MT 330 994 м³	350 000 MT 409 357 м³	450 000 MT 526 316 м³
Стандарт 0,015	Стандарт 0,015	Стандарт 0,015	5x2 2x2 0,017	5x2 2x2,32 0,018	6x2 2,5x2,5 0,015	Стандарт 0,013	Стандарт 0,012	Стандарт 0,012
5x2 1x1,1 0,013	5x2 2x2 0,013	5x2 2x2 0,014	5x2 2,25x2,25 0,015	6x2 2x2,32 0,016	Стандарт 0,014	5x5 3x3 0,009	5x4 3x3 0,009	5x4 3x3 0,010
6x2 1x1,1 0,012	5x2 2,25x2,25 0,012	5x2 2,25x2,25 0,013	Стандарт 0,015	5x2 2,5x2,5 0,015	7x2 2,5x2,5 0,013	5x4 3x3 0,009	5x5 3x3 0,009	5x5 3x3 0,009
5x2 1,25x1,25 0,011	6x2 2x2 0,012	6x2 2x2 0,012	6x2 2x2 0,015	Стандарт 0,015	6x2 3x3 0,013	5x5 4x2 0,009	5x3 3x3 0,009	5x3 3x3 0,009
7x2 1x1,1 0,011	5x2 2,5x2,5 0,011	5x2 2,5x2,5 0,012	5x2 2,5x2,5 0,014	7x2 2x2,32 0,015	7x2 3x3 0,012	5x3 3x3 0,009	5x5 3,5x3,5 0,009	5x5 3,5x3,5 0,009
6x2 1,25x1,25 0,010	7x2 2x2 0,011	7x2 2x2 0,011	6x2 2,25x2,25 0,014	6x2 2,5x2,5 0,014	6x2 3,5x3,5 0,012	5x5 3,5x3,5 0,009	5x4 3,5x3,5 0,008	5x4 3,5x3,5 0,009
5x2 1,5x1,5 0,009	6x2 2,25x2,25 0,011	6x2 2,25x2,25 0,011	7x2 2x2 0,014	5x2 3x3 0,013	7x2 3,5x3,5 0,011	5x3 4x2 0,009	5x5 4x4 0,008	5x5 4x4 0,008
7x2 1,25x1,25 0,009	7x2 2,25x2,25 0,010	6x2 2,5x2,5 0,011	6x2 2,5x2,5 0,013	7x2 2,5x2,5 0,013	5x3 2,5x2,5 0,009	5x4 4x2 0,008	5x3 3,5x3,5 0,008	6x3 3x3 0,008
6x2 1,5x1,5 0,009	6x2 2,5x2,5 0,010	7x2 2,25x2,25 0,011	7x2 2,25x2,25 0,013	6x2 3x3 0,012	6x3 2,5x2,5 0,008	5x4 3,5x3,5 0,008	6x3 3x3 0,008	5x3 3,5x3,5 0,008
7x2 1,5x1,5 0,008	7x2 2,5x2,5 0,009	7x2 2,5x2,5 0,010	7x2 2,5x2,5 0,012	7x2 3x3 0,011	5x3 3x3 0,008	5x3 3,5x3,5 0,008	5x4 4x4 0,008	5x4 4x4 0,008
				5x3 2x2,32 0,010	5x3 3,5x3,5 0,007	6x3 3x3 0,008	5x3 4x4 0,007	5x3 4x4 0,008
				5x3 2,5x2,5 0,009	6x3 3x3 0,007	6x3 4x2 0,008	6x3 3,5x3,5 0,007	6x3 3,5x3,5 0,007
				5x3 3x3 0,008	6x3 3,5x3,5 0,007	6x3 3,5x3,5 0,007	6x3 4x4 0,007	6x3 4x4 0,007

Таблица 1. Параметры среднего вылива для серии танкеров

9.3 На рис. 16 показан максимальный допустимый параметр среднего вылива для нефтяных танкеров и комбинированных судов дедвейтом 5000 метрических тонн и более. Критерий для комбинированных судов может применяться, если расчеты покажут, что повышенная конструктивная прочность комбинированного судна обеспечивает эквивалентность вылива, по меньшей мере равную стандартному танкеру с двойным корпусом таких же размеров.

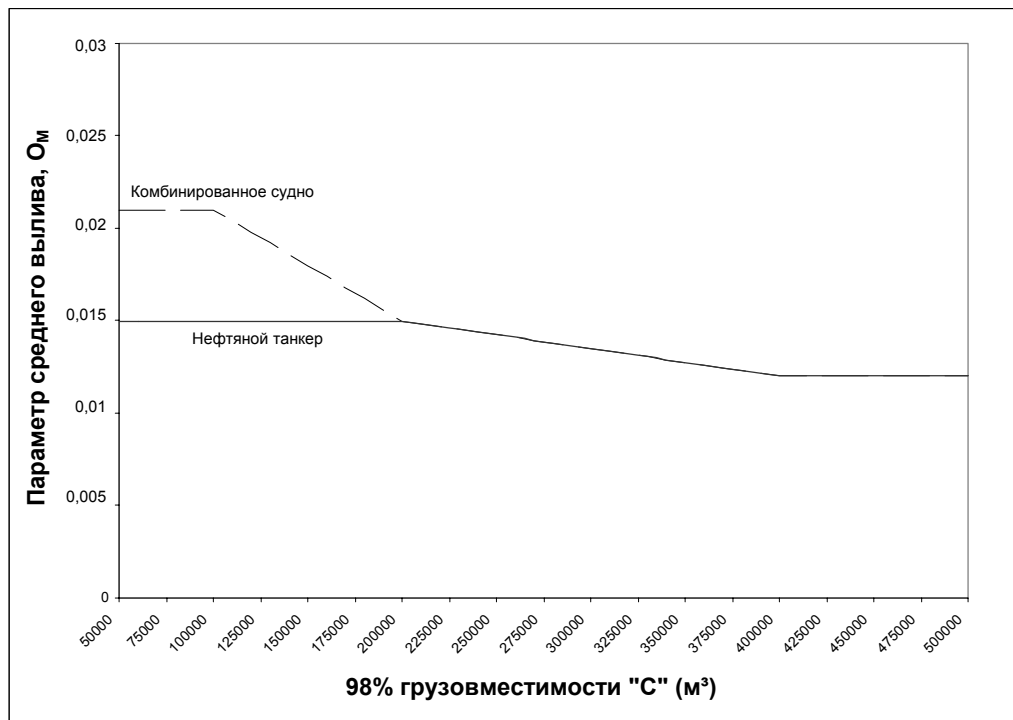


Рис. 16. График: критерий параметра среднего вылива согласно пункту 3.1 правила 23

ЧАСТЬ В – РУКОВОДСТВО ПО ОТДЕЛЬНЫМ ПУНКТАМ ПРАВИЛА

1 В данной части настоящих Пояснительных примечаний содержатся руководящие указания по применению некоторых положений правила 23.

2 Правило 23.3.1

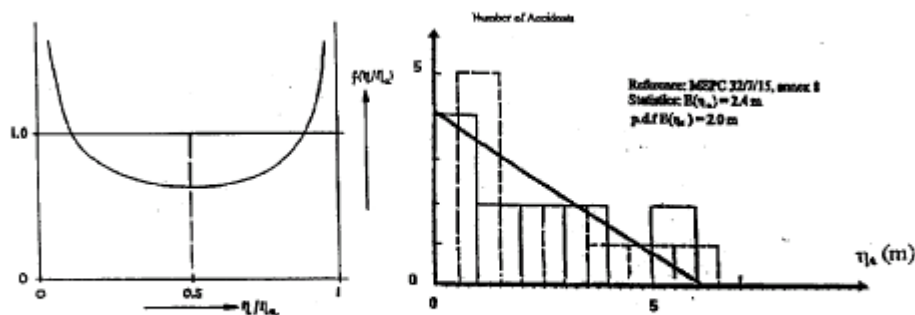
2.1 Для комбинированных судов может применяться отдельный критерий параметра среднего вылива нефти, при условии что расчетами продемонстрировано, что повышенная конструктивная прочность конструкции обеспечивает защиту окружающей среды, по меньшей мере эквивалентную стандартному нефтяному танкеру с двойным корпусом таких же размеров. Расчеты должны выполняться в соответствии с требованиями Администрации.

2.2 Эти стандартные нефтяные танкеры должны соответствовать МАРПОЛ 73/78, включая требования, относящиеся к ширине бортовых танков и высоте двойного дна. Набор стандартного танкера должен соответствовать требованиям к танкеру тех же размеров, что и комбинированное судно, и с теми же условиями нагрузки, помимо условий для навалочных грузов.

2.3 Расчеты должны продемонстрировать, что повышенная прочность конструкции двойного дна и/или борта комбинированного судна достаточно уменьшает протяженность повреждения, так что показатели вылива нефти для комбинированного судна сравнимы с такими показателями для стандартного нефтяного танкера, упомянутого выше, с точки зрения протяженности повреждения и влияния на вылив нефти. Расчеты должны включать серию расчетов столкновений и/или посадок на мель с помощью метода конечных элементов (МКЭ) или других соответствующих методов. Для каждого положения повреждения (каждый случай столкновения или посадки на мель) должна оцениваться поглощенная энергия пластической деформации. Расчеты столкновения должны выполняться, предполагая, что комбинированное судно является подвергнутым удару судном в состоянии полной нагрузки в отношении различных положений удара, определенных различиями в осадке по сравнению с наносящим удар судном.

3 Правило 23.3.2

3.1 Вероятностная методология расчета предполагаемого вылива нефти применяется только к танкерам дедвейтом 5000 тонн и более и не предполагает какого-либо критерия вылива для малотоннажных судов. В этом случае размеры танка обуславливаются ограничением размеров танка, составляющих 700 м³, которые требуются пунктом 6.2 правила 19 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ, и максимальной длиной танка, указанной в пункте 3.2.



4 Правила 23.4.3 и 23.4.4

4.1 В соответствии с пунктом 4.4 плотность груза определяется путем деления общего дедвейта при осадке по летнюю грузовую марку на общий объем груза. Признается, что загрузка судна максимальным количеством груза и без расходных материалов может привести к дифференту судна. Однако для целей этого правила расчеты должны выполняться, исходя из предполагаемого состояния с нулевым дифферентом и нулевым креном. Для обеспечения единообразного применения этого правила было принято использование предполагаемого состояния, а не фактических случаев нагрузки.

5 Правило 23.4.5

5.1 Проницаемость грузовых танков должна приниматься равной 0,99. Это меньше величины 0,95, обычно применяемой к танкам при оценке остойчивости поврежденного судна, однако считается более реалистичной проницаемостью для грузовых танков танкеров с двойным корпусом, которые относительно мало насыщены конструкциями.

6 Правило 23.5.1

6.1 Для нефтяного танкера, конструкция которого симметрична относительно диаметральной плоскости, величины среднего вылива нефти O_{MS} и O_{MB} рассчитываются, предполагая повреждение только одного борта судна. Для конструкций с асимметричным расположением грузовых танков должны выполняться расчеты для обоих бортов и результаты усредняться.

6.2 Для повреждения борта вероятности повреждения выводятся из пяти размеров, определенных в пункте 8.2. К ним относятся X_a , X_f , Z_l , Z_u и y . X_a , X_f , Z_l и Z_u будут иметь одни и те же величины для повреждения как левого, так и правого борта. Для повреждения правого борта величина "y" измеряется по направлению внутрь судна от обшивки правого борта. Для повреждения левого борта величина "y" измеряется по направлению внутрь судна от обшивки левого борта. Это приведет к двум величинам вылива для повреждения борта – $O_{MS-лев. б.}$ и $O_{MS-прав. б.}$. Усреднение этих величин дает общий средний вылив в результате повреждения борта.

$$O_{MS} = (O_{MS-лев. б.} + O_{MS-прав. б.})/2 \quad (6.2)$$

6.3 Как описано в пункте 9.2, для повреждения днища вероятности выводятся из следующих размеров: X_a , X_f , Y_p , Y_s и z . Методология основана на центре повреждения, расположенного на правом борту. Поэтому величины Y_p и Y_s представляют собой расстояния от границ отсека до правой бортовой обшивки, представленные вертикальной плоскостью, находящейся в точке $B_B/2$ в сторону правого борта от диаметральной плоскости судна. В случае асимметричного расположения выполняется второй комплект расчетов, предполагая, что расстояния Y_p и Y_s измеряются до плоскости, находящейся в точке $B_B/2$ в сторону левого борта от диаметральной плоскости судна. X_a , X_f и z будут иметь одни и те же величины для повреждения как левого, так и правого борта. Подобно повреждению борта, величины повреждения левого и правого борта усредняются для получения общего среднего вылива в результате повреждения днища:

$$O_{MB} = (O_{MB-лев. б.} + O_{MB-прав. б.})/2 \quad (6.3)$$

7 Правило 23.7.3.2

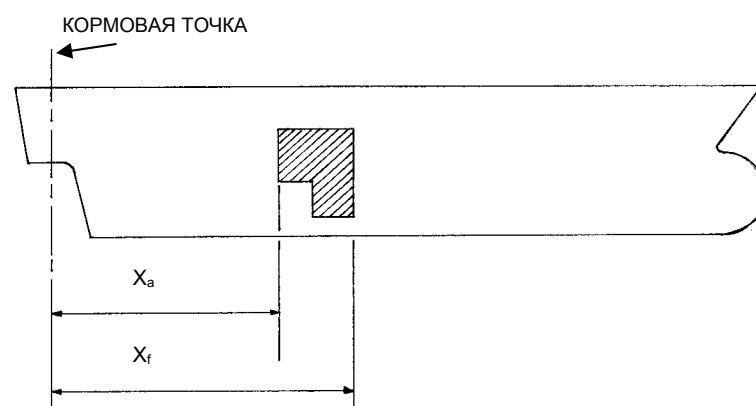
7.1 Признается, что при реальных сценариях повреждения, когда плотность груза превышает плотность забортной воды, весь груз или большая его часть могут быть потеряны в случае повреждения днища. Однако для целей этих расчетов даже в случаях, когда номинальная плотность груза нефти, рассчитанная в пункте 4.4, превышает плотность забортной воды, уровень груза и оставшуюся нефть после повреждения по-прежнему следует рассчитывать на основе гидростатического равновесия давления в соответствии с пунктом 7.3.2.

8 Правило 23.8.2

8.1 Границы отсека X_a , X_f , Z_l , Z_u и u должны рассчитываться, как показано на рисунках, ниже. Заштрихованный участок представляет собой рассматриваемый грузовой танк.

X_a – продольное расстояние от кормовой точки L до самой крайней точки рассматриваемого отсека в корму;

X_f – продольное расстояние от кормовой точки L до самой крайней точки рассматриваемого отсека в нос;



**Рис. 17. Определение X_a и X_f
(продольное сечение)**

- Z_l – вертикальное расстояние от теоретической основной линии до самой нижней точки рассматриваемого отсека;
- Z_u – вертикальное расстояние от теоретической основной линии до самой высокой точки рассматриваемого отсека. Z_u не должно приниматься больше, чем D_s ; и
- y – минимальное горизонтальное расстояние, измеряемое под прямым углом к диаметральной плоскости, между рассматриваемым отсеком и бортовой обшивкой.

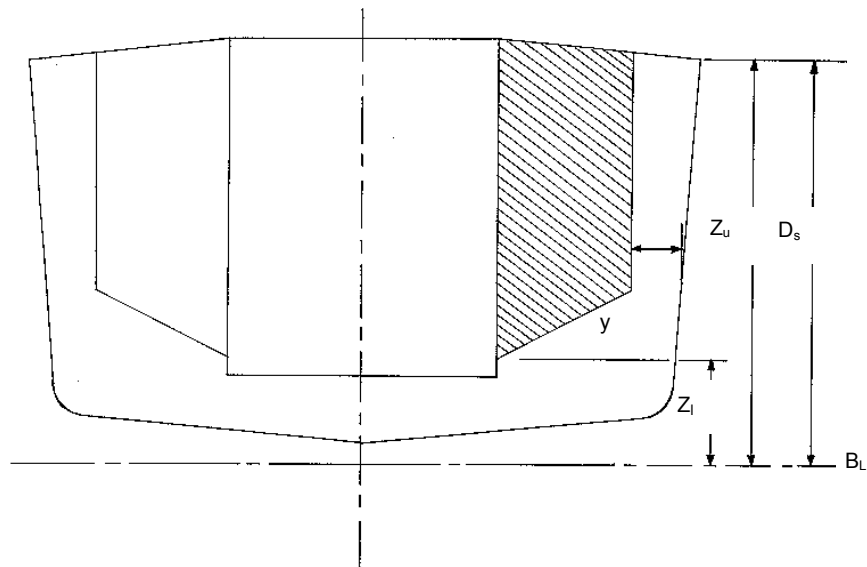


Рис.18. Значения Z_u , Z_l и "y" для внешнего грузового танка (поперечное сечение)

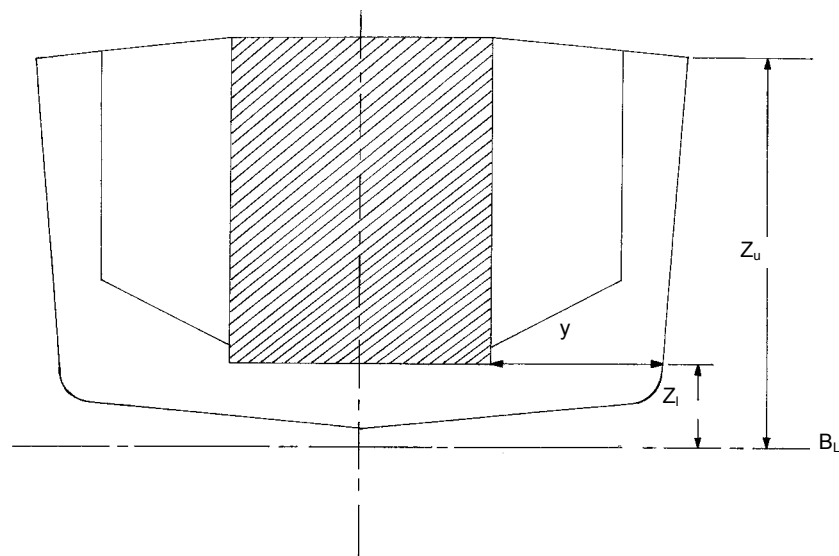


Рис. 19. Значения Z_u , Z_l и "y" для центрального грузового танка (поперечное сечение)

Ниже приведен пример измерения величины "у", в частности для танкера с палубой посередине высоты борта. Величина "у" должна измеряться в точке выше $1,5h$, где h определяется в соответствии с пунктом 2.2 правила 19 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ.

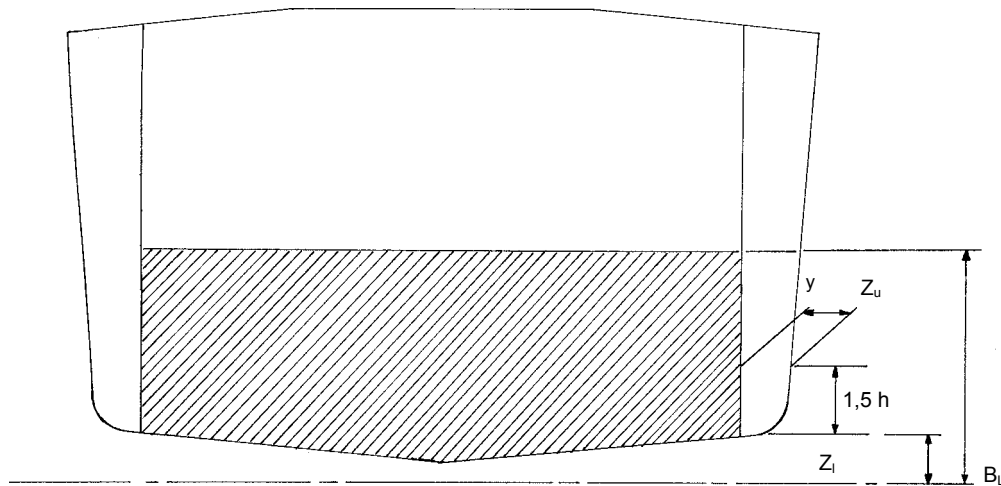


Рис. 20. Значения Z_u , Z_l и "у" для танкера с палубой посередине высоты борта (поперечное сечение)

9 Правило 23.9

9.1 Границы отсека Y_p , Y_s и z должны рассчитываться, как показано на рисунках, ниже:

- Y_p – поперечное расстояние от точки, расположенной на левом борту отсека на ватерлинии d_B или ниже этой ватерлинии, до вертикальной плоскости, находящейся в точке $B_B/2$ в сторону правого борта от диаметральной плоскости судна;
- Y_s – поперечное расстояние от точки, расположенной на правом борту отсека на ватерлинии d_B или ниже этой ватерлинии, до вертикальной плоскости, находящейся в точке $B_B/2$ в сторону правого борта от диаметральной плоскости судна; и
- z – минимальное значение z по отношению к длине отсека, где в каждом данном продольном местоположении z является вертикальным расстоянием от нижней точки днищевой обшивки в этом продольном местоположении до нижней точки отсека в этом продольном местоположении.

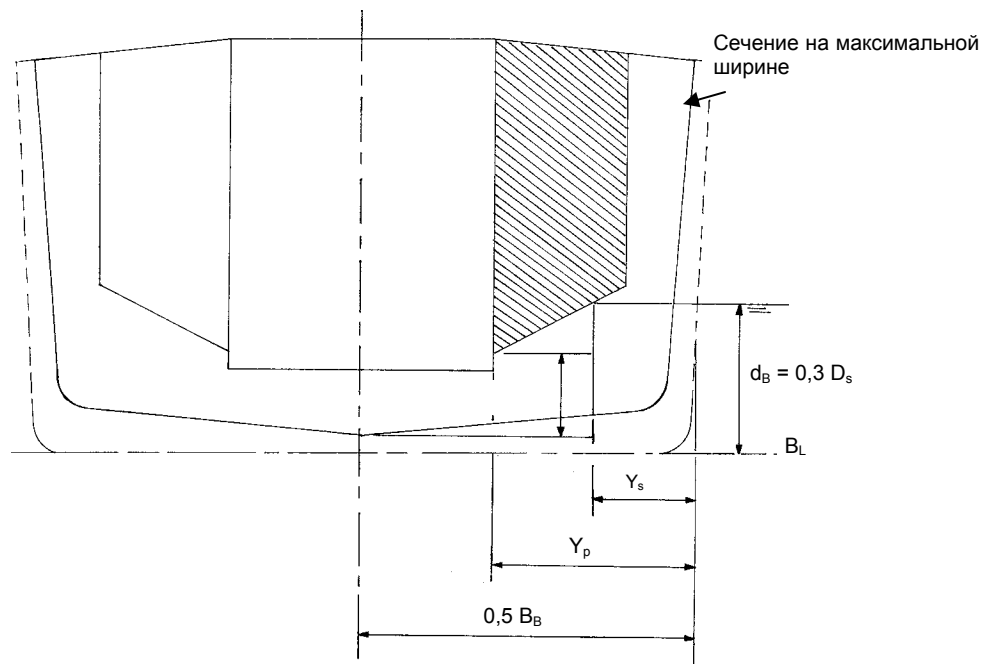


Рис. 21. Значения Y_s , Y_p и z для грузового танка правого борта (поперечное сечение)

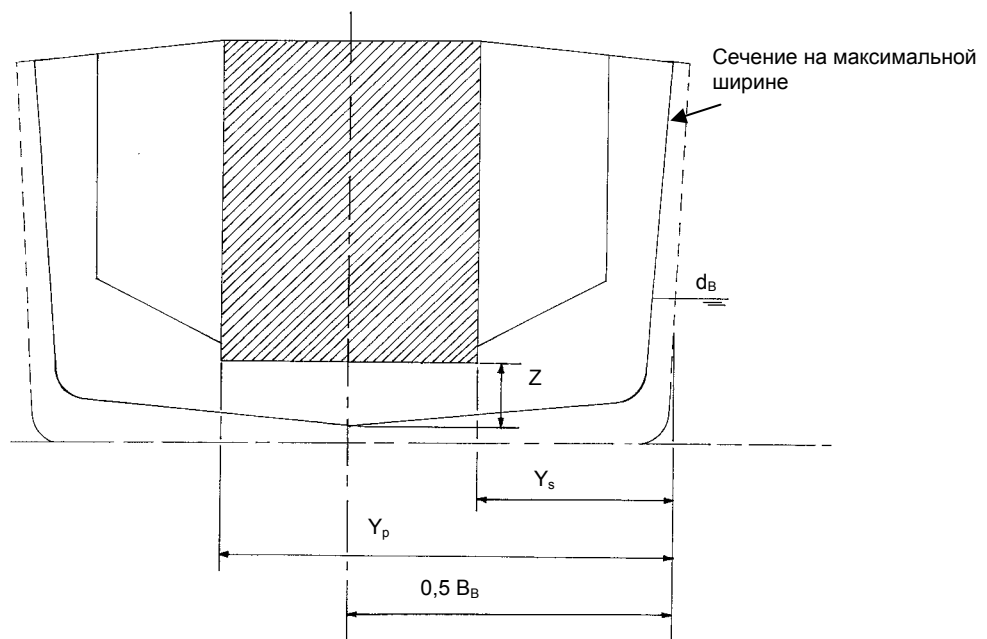


Рис. 22. Значения Y_s , Y_p и z для центрального грузового танка (поперечное сечение)

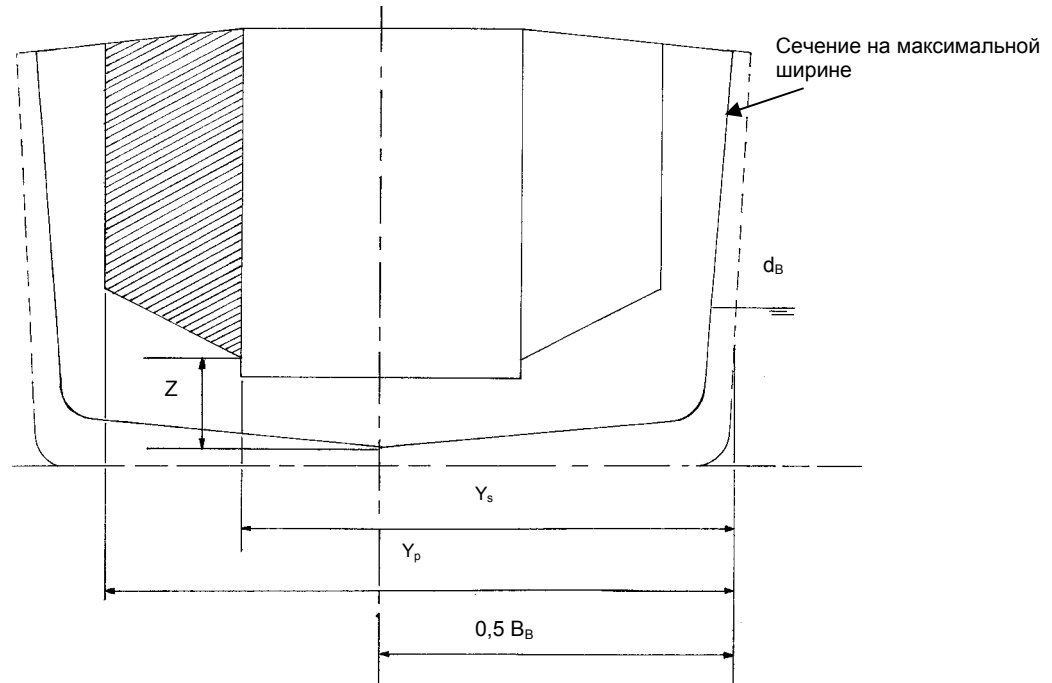


Рис. 23. Значения Y_s , Y_p и z для грузового танка левого борта (поперечное сечение)

[Y_p должно быть откорректировано до пересечения с d_B и границей грузового танка по левому борту]

10 Правило 23.10.1

10.1 Введение

10.1.1 Параметр среднего вылива нефти (O_M) может рассчитываться либо методом сценария повреждения, либо методом поврежденного танка. Метод сценария повреждения отмечен в Пересмотренном временном руководстве, упомянутом в правиле 19.5 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ, а упрощенный метод поврежденного танка описан в правиле 23.

10.1.2 Метод поврежденного танка, применяемый в правиле 23 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ, гораздо проще и приводит к тем же результатам расчетов, что и метод сценария повреждения судов, у которых корпус и танки имеют прямоугольную форму. Для фактических судов, имеющих изгиб корпуса и танки с наклонными стенками, однако, результаты расчетов упрощенным методом выше, чем правильные величины.

10.1.3 Учитывая вышеупомянутый пробел в результате использования упрощенного метода поврежденного танка, в правиле 23.10 утверждается, что могут потребоваться более подробные вычисления. Метод поврежденного танка посредством применения гипотетических подотсеков, а также метод сценария повреждения, отмеченный в Пересмотренном временном руководстве, упомянутом в правиле 19.5 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ, обозначены как процедуры подробных вычислений в правилах 23.10.1–23.10.3 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ.

10.2 Процедура расчета гипотетических подотсеков

10.2.1 Вероятность P_S и P_B каждого грузового танка в правиле 23.8 и 23.9 может рассчитываться путем применения гипотетических подотсеков с использованием следующих уравнений:

$$P_S = \sum_J^{2n_{sx}-1} \sum_K^{2n_{sz}-1} (P_{sx}(J+1) - P_{sx}(J))(P_{sz}(K+1) - P_{sz}(K))(1 - P_{sy}(J, K)), \quad (10.2.1-1)$$

где:

- n_{sx} — общее число продольных подотсеков
- n_{sz} — общее число вертикальных подотсеков
- j — $1 \sim n_{sx}$, представляет собой каждый продольный подотсек
- k — $1 \sim n_{sz}$, представляет собой каждый вертикальный подотсек
- $P_{sx}(j)$ — вероятность повреждения продольного подотсека малого порядка $1 - P_{sf}(j)$ и $P_{sa}(j)$, $j = 1 \sim n_{sx}$
- $P_{sz}(k)$ — вероятность повреждения вертикального подотсека малого порядка $1 - P_{su}(k)$ и $P_{sl}(k)$, $k = 1 \sim n_{sz}$
- J — $1 \sim 2n_{sx}$
- K — $1 \sim 2n_{sz}$
- $P_{sy}(J, K)$ — вероятность повреждения с самой малой величиной y_{jk} подотсеков, у которых диапазон вероятностей между $1 - P_{sf}(j)$ и $P_{sa}(j)$ или между $1 - P_{su}(k)$ и $P_{sl}(k)$ включает диапазон между $P_{sx}(J+1)$ и $P_{sx}(J)$, или между $P_{sz}(K+1)$ и $P_{sz}(K)$

Величины $P_{sf}(j)$, $P_{sa}(j)$, $P_{su}(k)$, $P_{sl}(k)$ и y_{jk} должны рассчитываться по определению подотсеков в правиле 23.8

$$P_B = \sum_L^{2n_{bx}-1} \sum_M^{2n_{by}-1} (P_{bx}(L+1) - P_{bx}(L))(P_{by}(M+1) - P_{by}(M))(1 - P_{bz}(L, M)), \quad (10.2.1-2)$$

где:

- n_{bx} — общее число продольных подотсеков
- n_{by} — общее число поперечных подотсеков
- l — $1 \sim n_{bx}$, представляет собой каждый продольный подотсек
- m — $1 \sim n_{by}$, представляет собой каждый поперечный подотсек
- $P_{bx}(L)$ — вероятность повреждения продольного подотсека малого порядка $1 - P_{bf}(l)$ и $P_{ba}(l)$, $l = 1 \sim n_{bx}$
- $P_{by}(M)$ — вероятность повреждения поперечного подотсека малого порядка $1 - P_{bp}(m)$ и $P_{bs}(m)$, $m = 1 \sim n_{by}$
- L — $1 \sim 2n_{bx}$
- M — $1 \sim 2n_{by}$
- $P_{bz}(L, M)$ — вероятность повреждения с наименьшей величиной z_{lm} подотсеков, диапазон вероятностей которых между $1 - P_{bf}(l)$ и $P_{ba}(l)$ или между $1 - P_{bp}(m)$ и $P_{bs}(m)$ включает диапазон между $P_{bx}(L+1)$ и $P_{bx}(L)$, или между $P_{by}(M+1)$ и $P_{by}(M)$

$P_{bf}(l)$, $P_{ba}(l)$, $P_{bs}(m)$, $P_{bp}(m)$ и z_{lm} должны рассчитываться по определению подотсеков в правиле 23.9.

10.3 Пример расчета гипотетических подотсеков

10.3.1 Примерные расчеты по вышеуказанной процедуре выполняются для повреждения борта, и вероятности P_s сравниваются со значениями, полученными методом сценария повреждения, отмеченным в Пересмотренном временном руководстве, упомянутом в правиле 19.5 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ. Для упрощения оценки предполагается следующая простая двухмерная модель танка и корпуса.

Длина судна = 300 м
 Ширина судна = 60 м

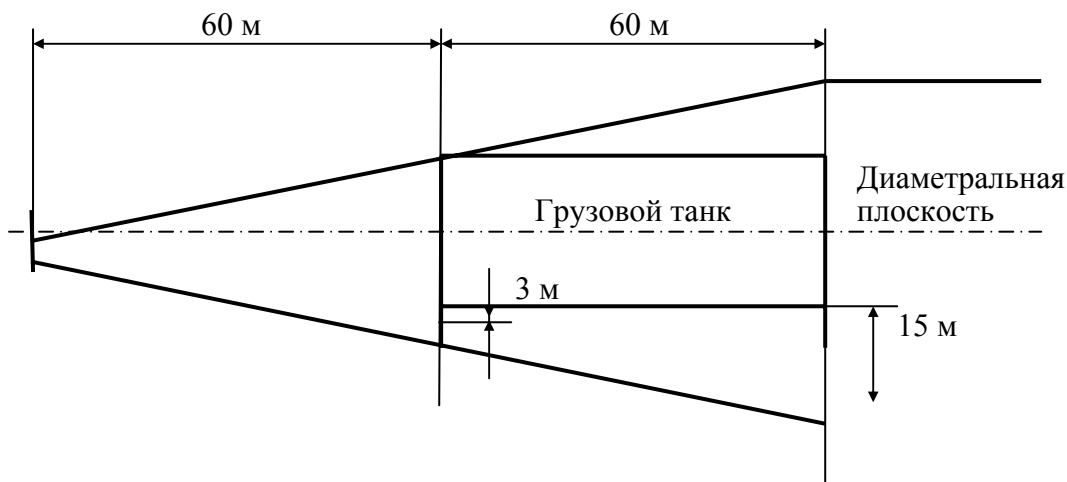


Рис. 24. Пример расчета расположения гипотетического подотсека

В том случае, если никакой подотсек не предполагается, вероятность P_s рассчитывается в соответствии с правилом 23.8 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ следующим образом:

X_a (м)	X_f (м)	X_a/L	X_f/L	P_{S_a}	P_{S_f}	$1 - P_{S_f}$	$1 - P_{S_f} - P_{S_a}$
60	120	0,20	0,40	0,167	0,567	0,433	0,266

y (м)	P_{S_y}	$1 - P_{S_y}$
3	0,749	0,251

$P_s = (1 - P_{S_f} - P_{S_a})(1 - P_{S_y})$
0,066766

Расчеты по формуле в пункте 10.2 выполняются для нескольких чисел подотсеков. Например, ниже показана вероятность P_s , предполагая четыре (4) подотсека:

j .	X_a (м)	X_f (м)	X_a/L	X_f/L	P_{S_a}	P_{S_f}	$1 - P_{S_f}$
1	60	75	0,20	0,25	0,167	0,717	0,283
2	75	90	0,25	0,30	0,217	0,667	0,333
3	90	105	0,30	0,35	0,267	0,617	0,383
4	105	120	0,35	0,40	0,317	0,567	0,433

Величины Ps_a и $1 - Ps_f$ располагаются в возрастающем порядке, как показано ниже:

J.	Ps_a	$1 - Ps_f$
	Величины – в возраст. пор.	
1	0,167	
2	0,217	
3	0,267	
4		0,283
5	0,317	
6		0,333
7		0,383
8		0,433

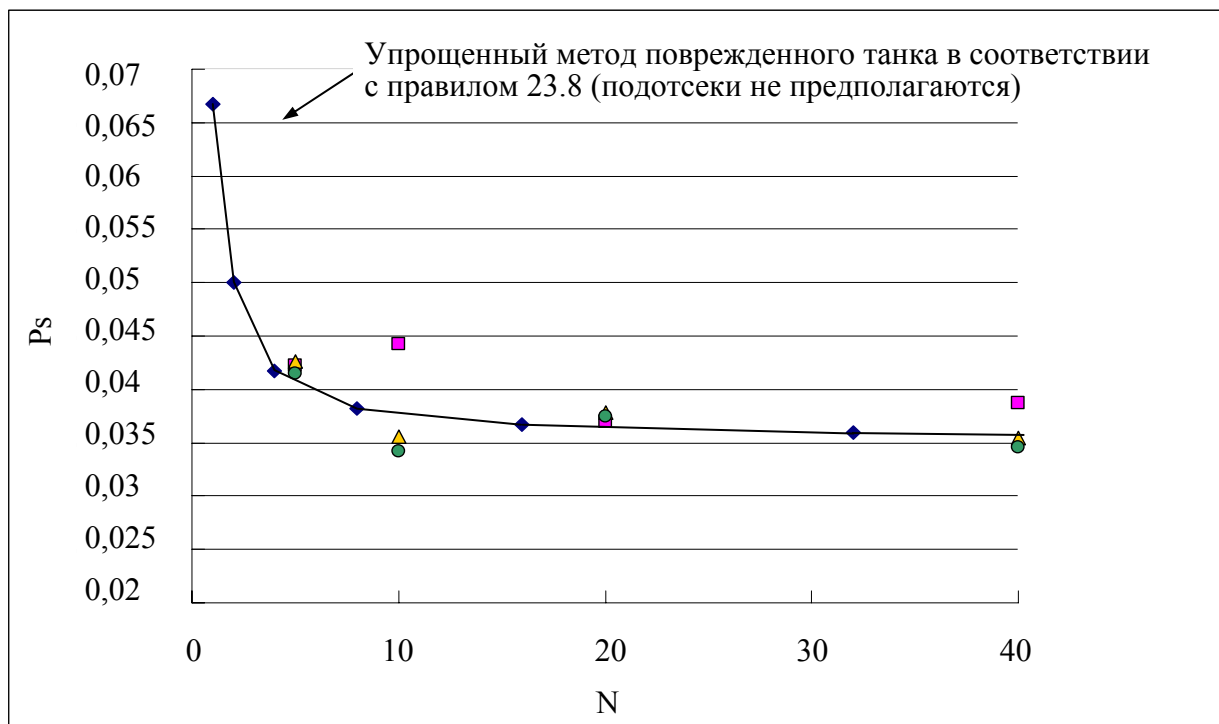
$Ps_x (J)$	$Ps_x (J + 1)$
0,167	
0,217	0,217
0,267	0,267
0,283	0,283
0,317	0,317
0,333	0,333
0,383	0,383
	0,433

В нижеприведенной таблице каждый гипотетический подотсек или группа гипотетических подотсеков (j) связаны с минимальным расстоянием (y) до внешней обшивки. Затем оценивается каждая вероятность пробоины гипотетического подотсека или точной группы гипотетических подотсеков (j) путем перемножения продольных и поперечных вероятностей:

J	$Ps_x (J)$	$Ps_x (J + 1)$	$Ps_x (J + 1) - Ps_x (J)$	j	y (m)	$Ps_y (J)$	$1 - Ps_y (J)$	$(Ps_x (J + 1) - Ps_x (J)) \times (1 - Ps_y (J))$
1	0,167	0,217	0,050	1	3	0,749	0,251	0,012550
2	0,217	0,267	0,050	1,2	3	0,749	0,251	0,012550
3	0,267	0,283	0,016	1,2,3	3	0,749	0,251	0,004016
4	0,283	0,317	0,034	2,3	6	0,888	0,112	0,003808
5	0,317	0,333	0,016	2,3,4	6	0,888	0,112	0,001792
6	0,333	0,383	0,050	3,4	9	0,916	0,084	0,004200
7	0,383	0,433	0,050	4	12	0,944	0,056	0,002800
							Σ	0,041716

10.3.2 В нижеследующей таблице показаны результаты расчета вместе с результатами расчета методом сценария повреждения, отмеченным в Пересмотренном временном руководстве, упомянутом в правиле 19.5 пересмотренного Приложения I к Конвенции МАРПОЛ. Показано, что процедура расчета путем применения гипотетических подотсеков дает вероятность повреждения, постепенно приближающуюся к правильной величине по мере увеличения числа подотсеков:

Метод расчета	Определение N	Символ	Другие условия расчета
Метод поврежденного танка посредством применения гипотетических подотсеков	Число продольных подотсеков	◆	–
Метод сценария повреждения, отмеченный в Пересмотренном временном руководстве, упомянутом в правиле 19.5	Число шагов для продольного положения	■	Продольная протяженность через 3 шага Поперечная протяженность через 6 шагов
		▲	Продольная протяженность через 6 шагов Поперечная протяженность через 6 шагов
		●	Продольная протяженность через 6 шагов Поперечная протяженность через 12 шагов



ЧАСТЬ С – ПРИМЕРЫ

1 Пример наливной баржи

1.1 Общие положения

1.1.1 На нижеследующем примере с решением, иллюстрирующем процедуру расчета для наливной баржи, показано применение правила о показателях аварийного вылива нефти.

1.1.2 Устройство и размеры примерной баржи показаны на рис. 26. Для ясности выбрано простое устройство, которое не отвечает всем требованиям Конвенции МАРПОЛ. Однако в том, что касается фактических конструкций, судно должно удовлетворять всем применимым правилам Приложения I к Конвенции МАРПОЛ.

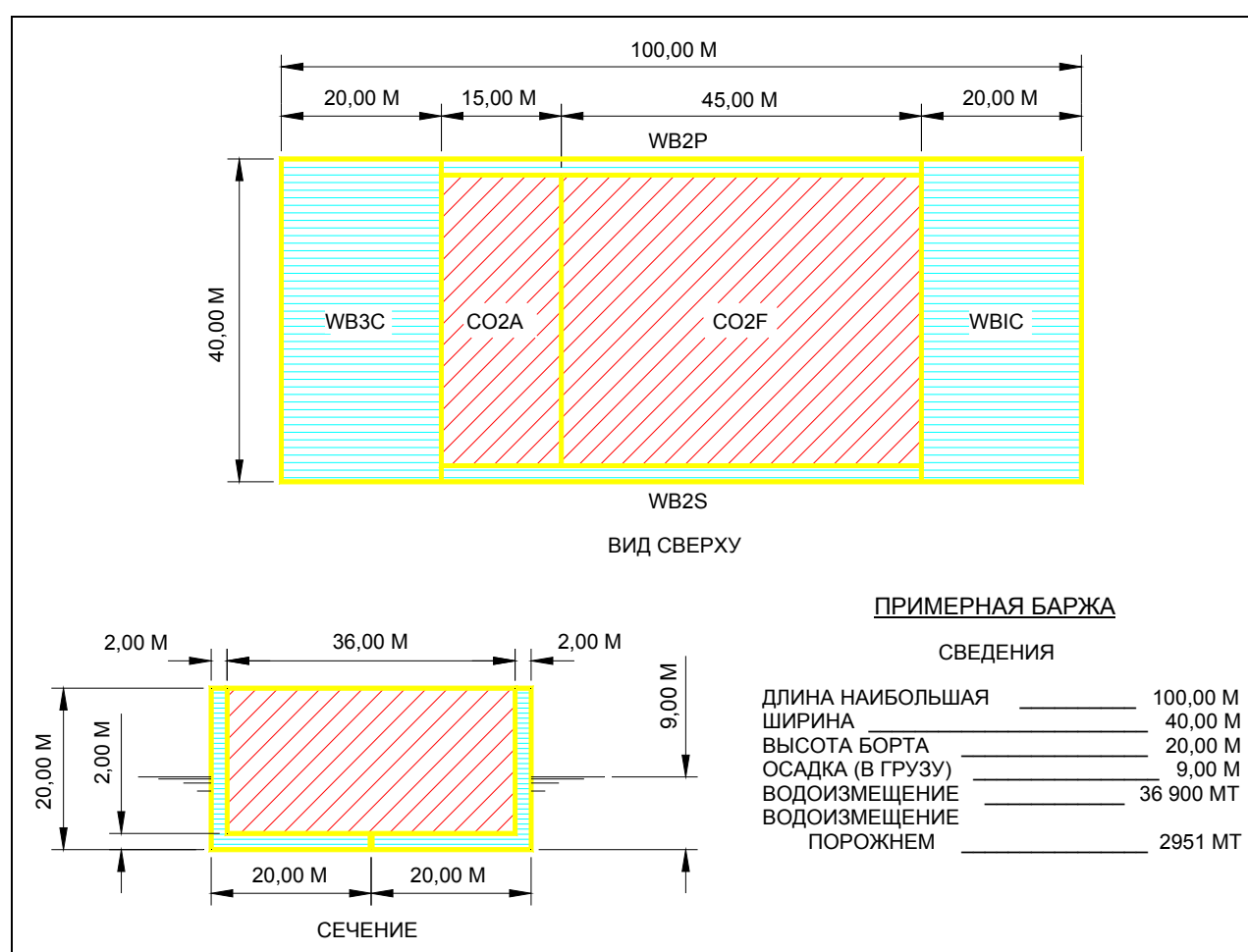


Рис. 26. Устройство баржи

1.2 Установление номинальной плотности груза нефти

1.2.1 Дедвейт (DW) равен водоизмещению при осадке по летнюю грузовую марку, измеренную в забортной воде плотностью 1,025 т/м³, минус водоизмещение порожнем. Вычитание расходных материалов не предполагается.

$$DW = 36\,900 - 2951 = 33\,949 \text{ т}$$

1.2.2 Объем груза С равен общему объему груза при заполнении на 98%. В соответствии с пунктом 4.5 правила 23 вместимость грузовых танков рассчитывается на основе проницаемости, равной 0,99.

	Вместимость 100% (м ³)	Заполнение 98% (м ³)
CO1	9 623	9 430
CO2	28 868	28 291
	C=	37 721

1.2.3 В соответствии с пунктом 4.4 правила 23 номинальная плотность рассчитывается следующим образом:

$$\rho_n = 1000 (DW)/C \text{ (кг/м}^3\text{)} = 1000 (33\,949)/37\,721 = 900 \text{ кг/м}^3 \quad (1.2.3)$$

1.3 Расчет вероятностей повреждения борта

1.3.1 Первый этап – определение величин размеров и зазоров X_a , X_f , Z_l , Z_u как они определены в пункте 8.2 правила 23:

Танк	X_a м-корм. перпенд.	X_f м-корм. перпенд.	Z_l м-ОЛ	Z_u м-ОЛ	Y м
CO1	20,000	35,000	2,000	20,000	2,000
CO2	35,000	80,000	2,000	20,000	2,000

1.3.2 Исходя из отношений X_a/L , X_f/L , Z/B_s , Z_l/D_s , Z_u/D_s , Y/D_s и y , вероятности, связанные с этими местами деления на отсеки, интерполируются по таблице вероятностей для повреждения борта, содержащейся в пункте 8.3 правила 23. Например, для отсека CO1 носовая граница X_f находится на расстоянии 35,0 м от кормового перпендикуляра, а $X_f/L = 0,35$. По таблице находим, что $P_{sf} = 0,617$. Вероятности для CO1 и CO2 следующие:

Танк	X_a/L	P_{Sa}	X_f/L	P_{Sf}	Z_l/D_s	P_{Sl}	Z_u/D_s	P_{Su}	y/B_s	P_{Sy}
CO1	0,2000	0,1670	0,3500	0,6170	0,1000	0,0010	1,0000	0,0000	0,0500	0,7490
CO2	0,3500	0,3170	0,8000	0,1670	0,1000	0,0010	1,0000	0,0000	0,0500	0,7490

1.3.3 В соответствии с пунктом 8 правила 23 затем факторы вероятности объединяются для нахождения вероятности (P_s) пробоины отсека в результате повреждения борта.

Для танка CO1:

$$P_{SL} = (1 - P_{sf} - P_{sa}) = (1 - 0,617 - 0,167) = 0,216$$

$$P_{SV} = (1 - P_{su} - P_{sl}) = (1 - 0,000 - 0,001) = 0,999$$

$$P_{ST} = (1 - P_{sy}) = (1 - 0,749) = 0,251$$

$$P_s = P_{SL} P_{SV} P_{ST} = (0,216)(0,999)(0,251) = 0,0542$$

Для танка CO2:

$$P_{SL} = (1 - P_{sf} - P_{sa}) = (1 - 0,167 - 0,317) = 0,516$$

$$P_{SV} = (1 - P_{su} - P_{sl}) = (1 - 0,000 - 0,001) = 0,999$$

$$P_{ST} = (1 - P_{sy}) = (1 - 0,749) = 0,251$$

$$P_s = P_{SL} P_{SV} P_{ST} = (0,216)(0,999)(0,251) = 0,1294$$

1.3.4 При столкновении, при котором происходит проникновение во внешний корпус, P_s является вероятностью того, что повреждение будет распространяться в конкретный грузовой танк. Как показано выше, вероятность пробоины танка CO2 в результате повреждения борта составляет 0,1294 или около 12,9%.

1.4 Расчет среднего вылива в результате повреждения борта

1.4.1 Для повреждения борта предполагается, что все содержимое танка выливается в море после получения танком пробоины. Таким образом, средний вылив рассчитывается путем сложения произведений объемов грузовых танков при заполнении на 98% и соответствующих вероятностей в соответствии с формулой, приведенной в пункте 6 правила 23:

$$O_{MS} = \sum_i^n C_3 P_{s(i)} O_{s(i)} \quad (M^3) \quad (1.4.1)$$

1.4.2 $C_3 = 0,77$ для судов, имеющих две продольные переборки внутри грузовых танков, простирающихся по длине грузового блока, и 1,0 – для всех других судов. В этом случае в грузовых танках нет продольных переборок и $C_3 = 1,0$.

Следовательно, средний вылив нефти в результате повреждения борта составляет:

$$O_{MS} = (1,0)(0,0542)(9430) + (1,0)(0,1294)(28\,291) = 4\,172 \text{ м}^3$$

1.5 Расчет вероятностей повреждения днища

1.5.1 Первый этап – определение величин размеров и зазоров X_a , X_f , Y_p , Y_s и z . X_a и X_f соответствуют величинам, ранее установленным для повреждения борта. Величины Y_p , Y_s и z определены в пункте 9.2 правила 23:

Танк	Y_p м	Y_s м	z м
CO1	38,000	2,000	2,000
CO2	38,000	2,000	2,000

1.5.2 Исходя из отношений X_a/L , X_f/L , Y_p/B_B , Y_s/B_B и z , вероятности, связанные с этими местами деления на отсеки, интерполируются по таблице вероятностей для повреждения днища, содержащейся в пункте 9.3 правила 23.

Танк	X_a/L	P_{Ba}	X_f/L	P_{Bf}	Y_p/B_B	P_{Bp}	Y_s/B_B	P_{Bs}	z/D_s	P_{Bz}
CO1	0,2000	0,0290	0,3500	0,8100	0,9500	0,0090	0,0500	0,0090	0,1000	0,7800
CO2	0,3500	0,0760	0,8000	0,2520	0,9500	0,0090	0,0500	0,0090	0,1000	0,7800

1.5.3 В соответствии с пунктом 8 правила 23 затем коэффициенты вероятности объединяются для нахождения вероятности (P_B) пробойны отсека в результате повреждения днища.

Для танка CO1:

$$P_{BL} = (1 - P_{Bf} - P_{Ba}) = (1 - 0,810 - 0,029) = 0,161$$

$$P_{BT} = (1 - P_{Bp} - P_{Bs}) = (1 - 0,009 - 0,009) = 0,982$$

$$P_{BV} = (1 - P_{Bz}) = (1 - 0,780) = 0,220$$

$$P_B = P_{BL} P_{BT} P_{BV} = (0,161)(0,982)(0,220) = 0,0348$$

Для танка CO2:

$$P_{BL} = (1 - P_{Bf} - P_{Ba}) = (1 - 0,252 - 0,076) = 0,672$$

$$P_{BT} = (1 - P_{Bp} - P_{Bs}) = (1 - 0,009 - 0,009) = 0,982$$

$$P_{BV} = (1 - P_{Bz}) = (1 - 0,780) = 0,220$$

$$P_B = P_{BL} P_{BT} P_{BV} = (0,672)(0,982)(0,220) = 0,1452$$

1.5.4 В случае посадки на мель, при которой происходит проникновение во внешний корпус, P_B является вероятностью того, что повреждение будет распространяться в конкретный грузовой танк. Как показано выше, вероятность пробойны танка CO2 в результате повреждения днища составляет 0,1452 или около 14,5%.

1.6 Расчет среднего вылива в результате повреждения днища

1.6.1 Для повреждения днища вылив рассчитывается на основе принципа гидростатического равновесия давления в соответствии с предположениями, описанными в пункте 7 правила 23. Выполняются независимые расчеты для уровней прилива 0,0 м и минус 2,5 м, а затем результаты объединяются, чтобы получить общий средний вылив в результате повреждения днища.

1.6.2 Согласно пункту 7.3.2 правила 23 уровень груза после повреждения, измеренный в метрах над Z_1 , рассчитывается следующим образом:

$$h_c = \{(d_s + t_c - Z_1) (\rho_s) - (1000 p) / g\} / \rho_n,$$

где:

d_s – осадка по грузовую марку = 9,0 м

t_c – приливное изменение = 0 м и -2,5 м

Z_1 – высота самой низкой точки в грузовом танке над основной линией = 2,0 м

ρ_s – плотность морской воды, принимаемая как 1 025 кг/м³

p – избыточное давление инертного газа = 5 кПа

g – ускорение силы тяжести = 9,81 м/с²

ρ_n – номинальная плотность груза нефти = 900 кг/м³

Для уровня прилива 0,0 м:

$$h_c = \{(9,0 + 0,0 - 2,0)(1025) - (1000)(5)\}/900 = 7,406 \text{ м}$$

Для уровня прилива 2,5 м:

$$h_c = \{(9,0 - 2,5 - 2,0)(1025) - (1000)(5)\}/900 = 4,559 \text{ м}$$

1.6.3 Вылив нефти O_B из каждого танка в результате повреждения днища равен первоначальному объему (98% вместимости танка) минус остающийся объем (нефть до уровня h_c).

Танк	Вылив нефти (м ³) при уровне прилива	
	0,0 м	-2,5 м
CO1	5471	6993
CO2	16 413	20 979

1.6.4 В соответствии с пунктами 7.1 и 7.2 правила 23 средний вылив в результате повреждения днища рассчитывается следующим образом:

$$O_{MB(0)} = \sum_i^n P_{B(i)} O_{B(i)} C_{DB(i)} \quad (\text{м}^3)$$

$$O_{MB(2,5)} = \sum_i^n P_{B(i)} O_{B(i)} C_{DB(i)} \quad (\text{м}^3)$$

1.6.5 Признается, что часть нефти, вытекающей из грузового танка, может быть захвачена расположенным ниже междудонным танком, тем самым предотвращая поступление нефти в море. В соответствии с пунктом 7.4 правила 23 коэффициент $C_{DB(i)}$ должен приниматься как 0,6, когда грузовой танк ограничен снизу отсеком, не предназначенным для нефти.

1.6.6 Средний вылив в результате повреждения днища без приливного изменения составляет:

Танк	$P_{B(i)}$	$O_{B(i)}$ (м ³)	$C_{DB(i)}$	$O_{MB(i)}$ (м ³)
CO1	0,0348	5471	0,6	114
CO2	0,1452	16 413	0,6	1430
			$O_{MB(0)} =$	1544

1.6.7 Средний вылив после уменьшения уровня прилива на 2, 5 м составляет:

Танк	$P_{B(i)}$	$O_{B(i)}$ (м ³)	$C_{DB(i)}$	$O_{MB(i)}$ (м ³)
CO1	0,0348	6993	0,6	146
CO2	0,1452	20 979	0,6	1828
			$O_{MB(2,5)} =$	1974

1.6.8 В соответствии с пунктом 5.2 правила 23 величины среднего вылива при состоянии прилива 0,0 м и -2,5 м объединяются в отношении 70%:30% для получения среднего вылива в результате повреждения днища:

$$O_{MB} = 0,7 O_{MB(0)} + 0,3 O_{MB(2,5)} \text{ (м}^3\text{)}$$
$$O_{MB} = (0,7)(1544) + (0,3)(1974) = 1673 \text{ м}^3$$

1.7 Расчет параметра среднего вылива

1.7.1 В соответствии с пунктом 5.1 правила 23 величины среднего вылива в результате повреждения борта и повреждения днища объединяются в отношении 40%:60, а затем эта величина делится на общий объем нефти C для получения общего параметра вылива нефти:

$$O_M = (0,4 O_{MS} + 0,6 O_{MB}) / C$$
$$O_M = [(0,4)(4172) + (0,6)(1673)] / 3721 = 0,071$$

1.7.2 Последним этапом оценки фактического нефтяного танкера является сравнение рассчитанной величины O_M с максимальной допустимой величиной, приведенной в пункте 3.1 правила 23.

2 Пример крупнотоннажного танкера для перевозки сырой нефти

2.1 Общие данные

L	: 321,10 м	(длина, как она определена в правиле 1.19)
d_s	: 21,20 м	(теоретическая осадка по грузовую марку)
d_B	: 8,865 м	(теоретическая осадка, соответствующая 30% высоты борта D_s)
V_s	: 60,00 м	(наибольшая теоретическая ширина при самой большой осадке по грузовую марку d_s)
V_B	: 60,00 м	(наибольшая теоретическая ширина на ватерлинии d_B)
D_s	: 29,55 м	(теоретическая высота борта)
DW	: 300 000 тонн	(дедвейт, как он определен в правиле 1.23)
C	: 333 200 м ³	(общий объем груза нефти при заполнении танков на 98%)

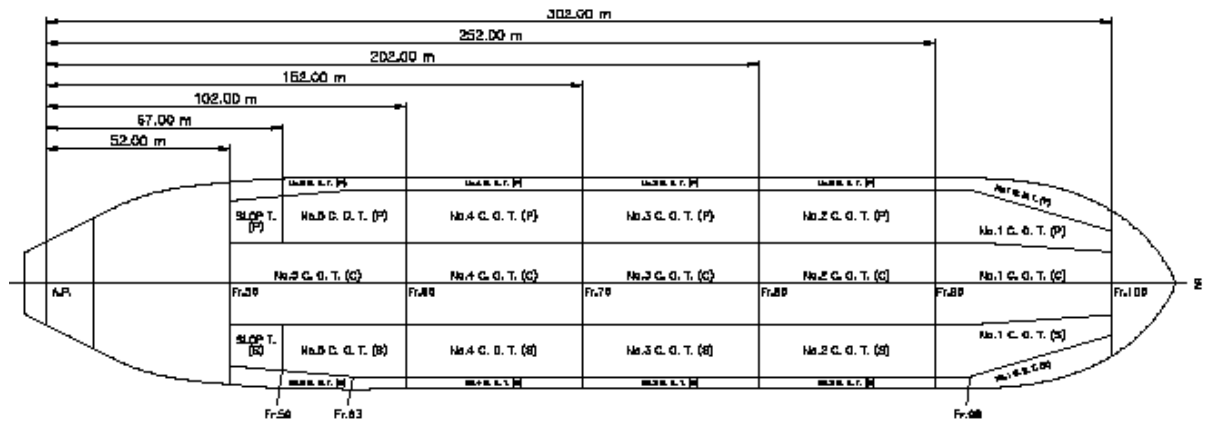


Рис. 27. Расположение танков

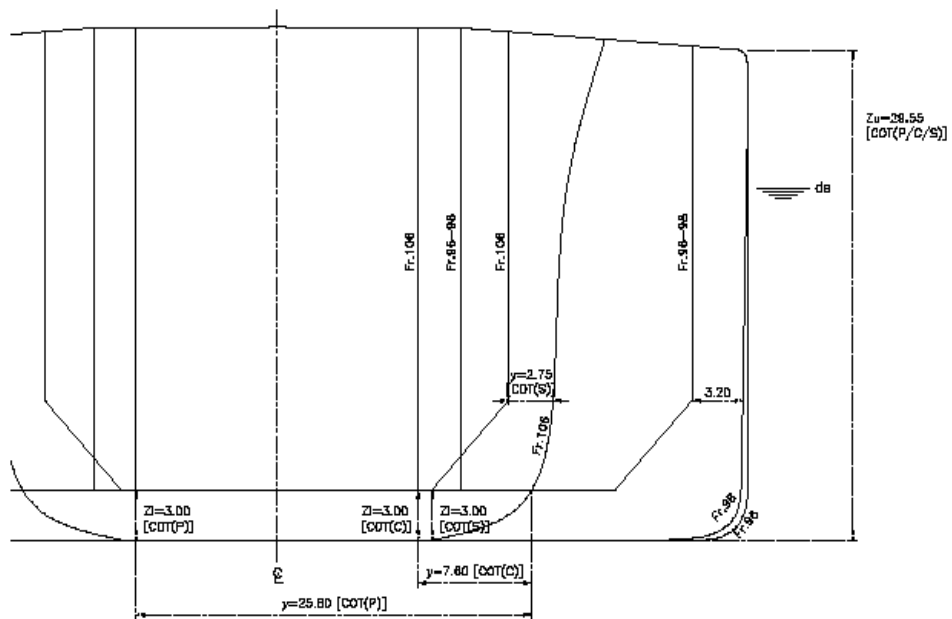


Рис. 28. Повреждение борта (Грузовой танк (ГТ) № 1 (шпангоуты 96–106))

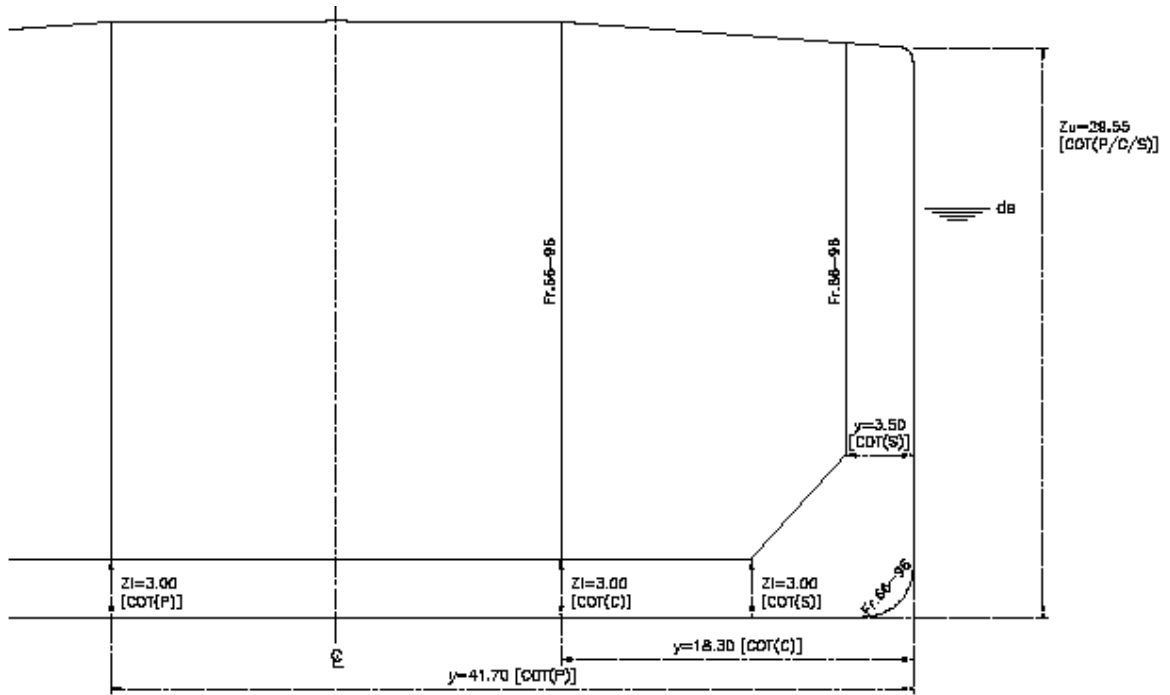


Рис. 29. Повреждение борта (ГТ №№ 2, 3, 4 (шпангоуты 66–96))

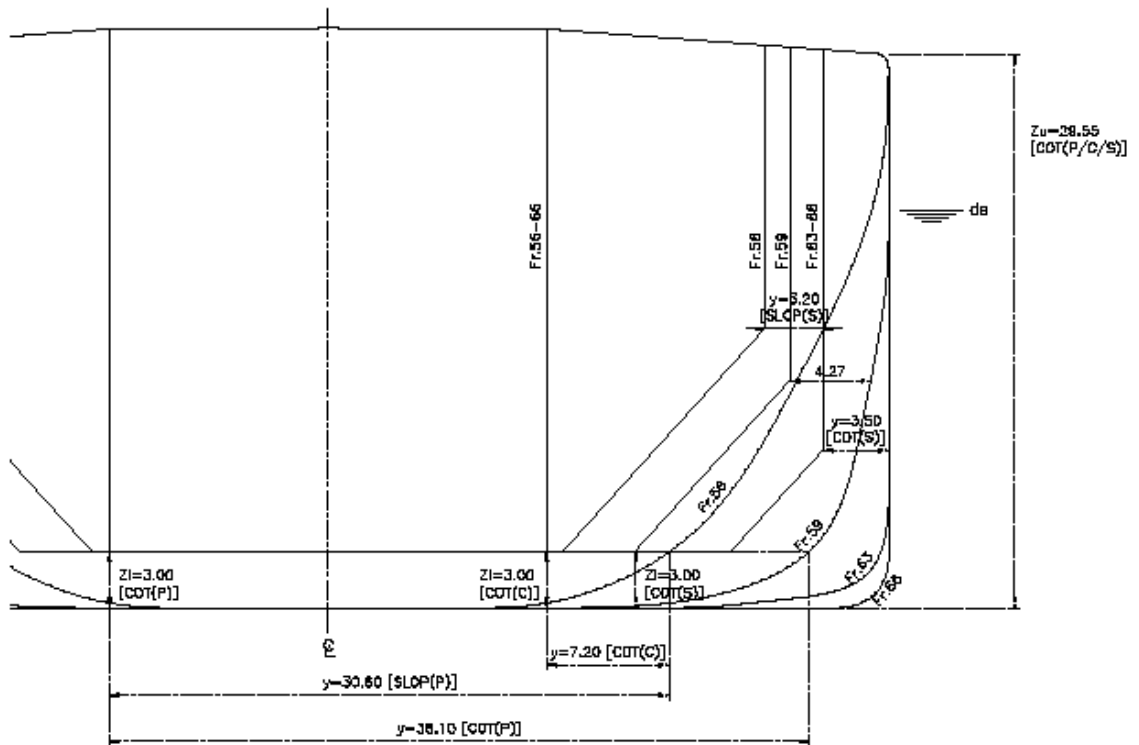


Рис. 30. Повреждение борта (ГТ № 5 и отстойный (шпангоуты 56–66))

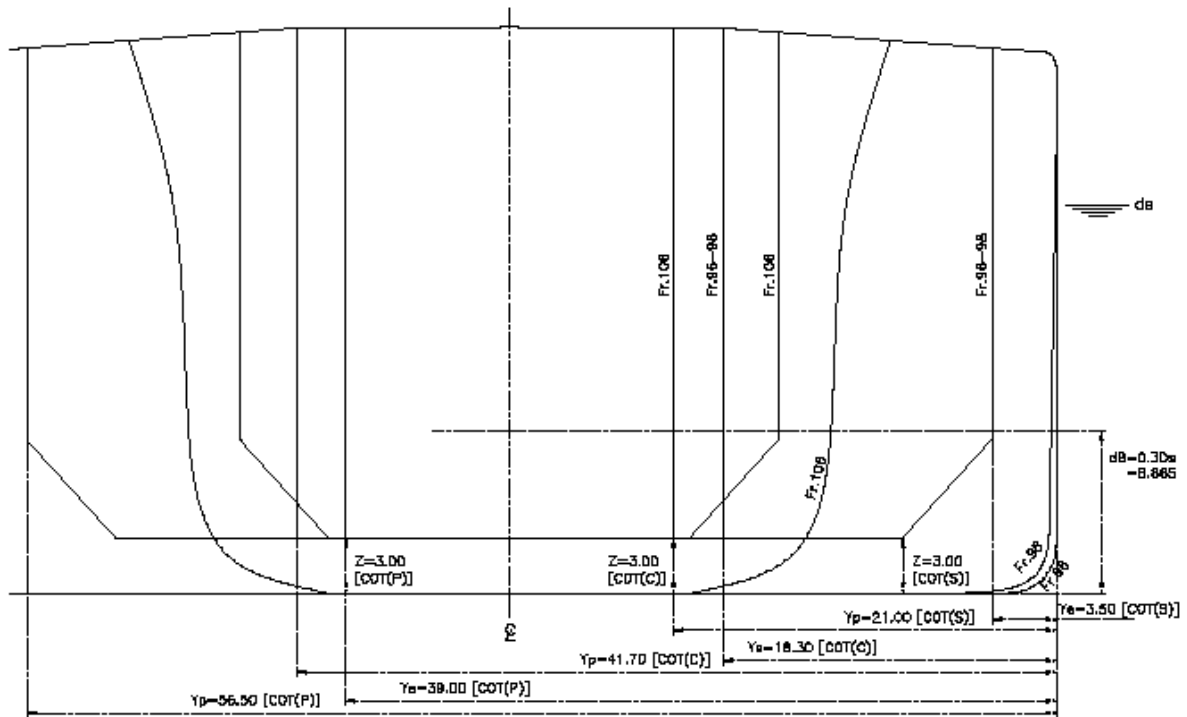


Рис. 31. Повреждение днища (ГТ № 1 (шпангоуты 96–106))

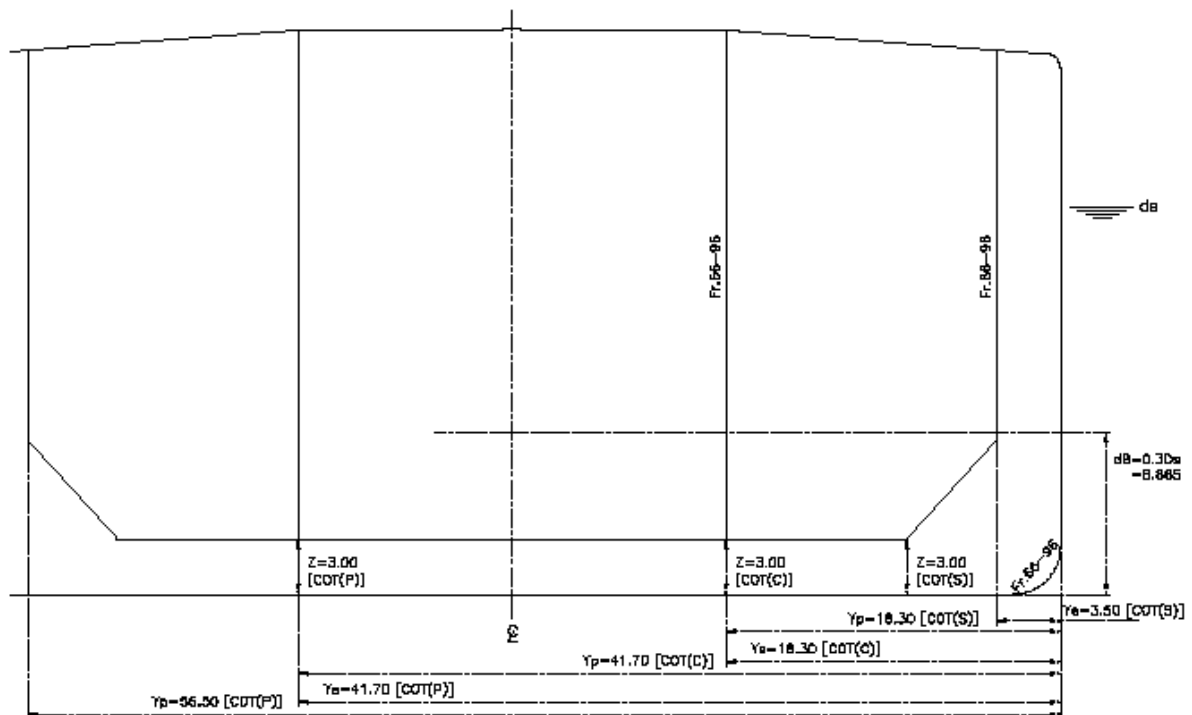


Рис. 32. Повреждение днища (ГТ №№ 2, 3, 4 (шпангоуты 66–96))

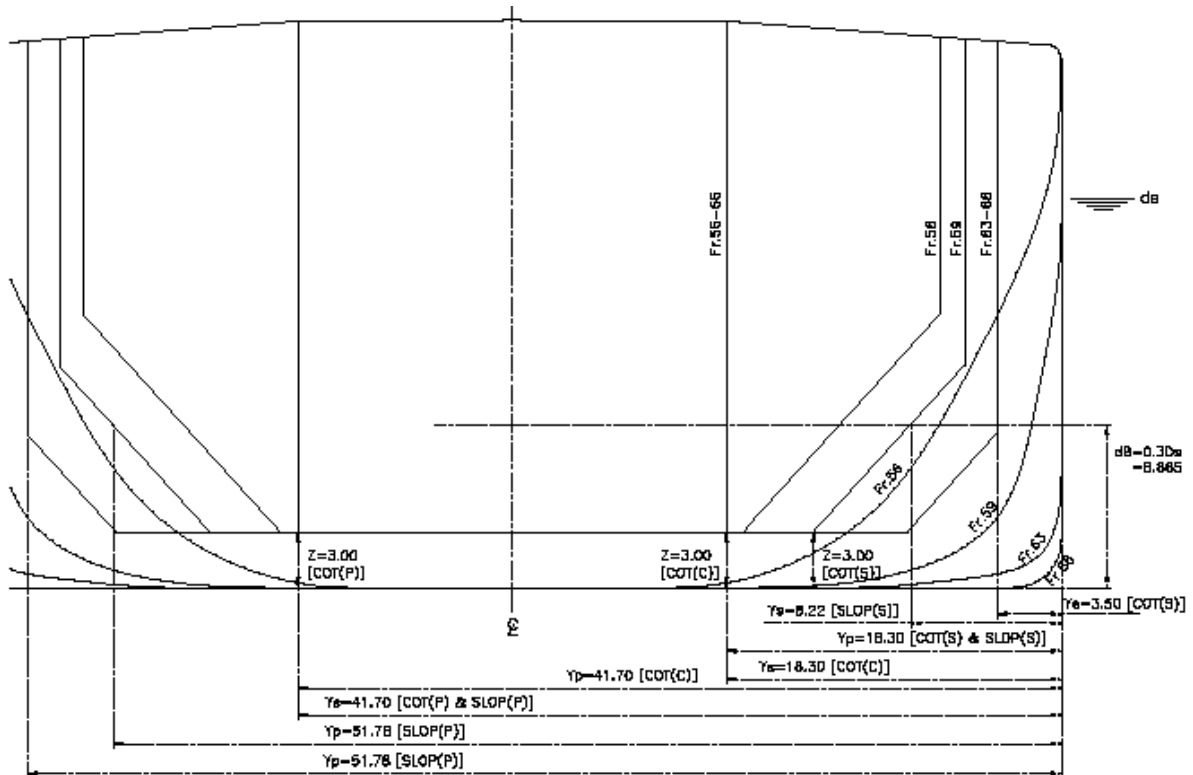


Рис. 33. Повреждение днища (ГТ № 5 и отстойный (шпангоуты 56–66))

2.2 Расчет вылива при повреждении борта

2.2.1 Вместимость каждого танка и границы отсеков X_a , X_f , Z_l , Z_u и у следующие:

Грузовой танк	Об. 98% (м ³)	X_a (м)	X_f (м)	Z_l (м)	Z_u (м)	у (м)
ГТ № 1 (л. б.)	14 372	252,000	302,000	3,000	29,550	25,600
ГТ № 1 (ц.)	28 890	252,000	302,000	3,000	29,550	7,600
ГТ № 1 (п. б.)	14 372	252,000	302,000	3,000	29,550	2,750
ГТ № 2 (л. б.)	19 081	202,000	252,000	3,000	29,550	41,700
ГТ № 2 (ц.)	31 821	202,000	252,000	3,000	29,550	18,300
ГТ № 2 (п. б.)	19 081	202,000	252,000	3,000	29,550	3,500
ГТ № 3 (л. б.)	19 081	152,000	202,000	3,000	29,550	41,700
ГТ № 3 (ц.)	31 821	152,000	202,000	3,000	29,550	18,300
ГТ № 3 (п. б.)	19 081	152,000	202,000	3,000	29,550	3,500
ГТ № 4 (л. б.)	19 081	102,000	152,000	3,000	29,550	41,700
ГТ № 4 (ц.)	31 821	102,000	152,000	3,000	29,550	18,300
ГТ № 4 (п. б.)	19 081	102,000	152,000	3,000	29,550	3,500
ГТ № 5 (л. б.)	12 681	67,000	102,000	3,000	29,550	38,100
ГТ № 5 (ц.)	31 821	52,000	102,000	3,000	29,550	7,200
ГТ № 5 (п. б.)	12 681	67,000	102,000	3,000	29,550	3,500
Отстойный танк (л. б.)	4219	52,000	67,000	3,000	29,550	30,600
Отстойный танк (п. б.)	4219	52,000	67,000	3,000	29,550	3,200

2.2.2 Вероятность P_s пробоины отсека в результате повреждения борта рассчитывается в соответствии с пунктом 8.1 правила 23:

$$P_s = P_{SL} P_{SV} P_{ST}, \quad (2.2.2)$$

где:

$$P_{SL} = 1 - P_{Sf} - P_{Sa}$$

$$P_{SV} = 1 - P_{Su} - P_{Sl}$$

$$P_{ST} = 1 - P_{Sy}$$

Исходя из отношений X_a/L , X_f/L , Z/B_s , Z_l/D_s , Z_u/D_s , Y_l/D_s и y , вероятности, связанные с этими местами деления на отсеки, интерполируются по таблице вероятностей для повреждения борта, содержащейся в пункте 8.3 правила 23.

Грузовой танк	X_a/L	P_{Sa}	X_f/L	P_{Sf}	Z_l/D_s	P_{Sl}	Z_u/D_s	P_{Su}	y/B_s	P_{Sy}
ГТ № 1 (л. б.)	0,7848	0,7518	0,9405	0,0315	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,4267	1,0000
ГТ № 1 (ц.)	0,7848	0,7518	0,9405	0,0315	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,1267	0,9029
ГТ № 1 (п. б.)	0,7848	0,7518	0,9405	0,0315	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,0458	0,7247
ГТ № 2 (л. б.)	0,6291	0,5961	0,7848	0,1822	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,6950	1,0000
ГТ № 2 (ц.)	0,6291	0,5961	0,7848	0,1822	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,3050	1,0000
ГТ № 2 (п. б.)	0,6291	0,5961	0,7848	0,1822	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,0583	0,7876
ГТ № 3 (л. б.)	0,4734	0,4404	0,6291	0,3379	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,6950	1,0000
ГТ № 3 (ц.)	0,4734	0,4404	0,6291	0,3379	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,3050	1,0000
ГТ № 3 (п. б.)	0,4734	0,4404	0,6291	0,3379	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,0583	0,7876
ГТ № 4 (л. б.)	0,3177	0,2847	0,4734	0,4936	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,6950	1,0000
ГТ № 4 (ц.)	0,3177	0,2847	0,4734	0,4936	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,3050	1,0000
ГТ № 4 (п. б.)	0,3177	0,2847	0,4734	0,4936	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,0583	0,7876
ГТ № 5 (л. б.)	0,2087	0,1757	0,3177	0,6493	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,6350	1,0000
ГТ № 5 (ц.)	0,1619	0,1289	0,3177	0,6493	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,1200	0,8992
ГТ № 5 (п. б.)	0,2087	0,1757	0,3177	0,6493	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,0583	0,7876
Отстойный танк (л. б.)	0,1619	0,1289	0,2087	0,7583	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,5100	1,0000
Отстойный танк (п. б.)	0,1619	0,1289	0,2087	0,7583	0,1015	0,0011	1,0000	0,0000	0,0533	0,7652

Грузовой танк	P_{SL}	P_{SV}	P_{ST}	P_s
ГТ № 1 (л. б.)	0,2167	0,9989	0,0000	0,0000
ГТ № 1 (ц.)	0,2167	0,9989	0,0971	0,0210
ГТ № 1 (п. б.)	0,2167	0,9989	0,2753	0,0596
ГТ № 2 (л. б.)	0,2217	0,9989	0,0000	0,0000
ГТ № 2 (ц.)	0,2217	0,9989	0,0000	0,0000
ГТ № 2 (п. б.)	0,2217	0,9989	0,2124	0,0470
ГТ № 3 (л. б.)	0,2217	0,9989	0,0000	0,0000
ГТ № 3 (ц.)	0,2217	0,9989	0,0000	0,0000
ГТ № 3 (п. б.)	0,2217	0,9989	0,2124	0,0470
ГТ № 4 (л. б.)	0,2217	0,9989	0,0000	0,0000
ГТ № 4 (ц.)	0,2217	0,9989	0,0000	0,0000
ГТ № 4 (п. б.)	0,2217	0,9989	0,2124	0,0470
ГТ № 5 (л. б.)	0,1750	0,9989	0,0000	0,0000
ГТ № 5 (ц.)	0,2217	0,9989	0,1008	0,0223
ГТ № 5 (п. б.)	0,1750	0,9989	0,2124	0,0371
Отстойный танк (л. б.)	0,1127	0,9989	0,0000	0,0000
Отстойный танк (п. б.)	0,1127	0,9989	0,2348	0,0264

2.2.3 Средний вылив в результате повреждения борта O_{MS} рассчитывается в соответствии с пунктом 6 правила 23:

$$O_{MS} = C_3 \sum_i^n P_{s(i)} O_{s(i)} \quad (M^3) \quad (2.2.3-1)$$

$C_3 = 0,77$ для судов, имеющих две продольные переборки внутри грузовых танков, простирающихся по длине грузового блока, и $1,0$ – для всех других судов. В этом случае в грузовых танках имеются две продольные переборки, а $C_3 = 0,77$.

Грузовой танк	$O_{s(i)}$	$(P_s)(O_{s(i)})$
ГТ № 1 (л. б.)	14 371,7	0,0
ГТ № 1 (ц.)	28 890,4	606,9
ГТ № 1 (п. б.)	14 371,7	856,3
ГТ № 2 (л. б.)	19 080,6	0,0
ГТ № 2 (ц.)	31 820,6	0,0
ГТ № 2 (п. б.)	19 080,6	897,7
ГТ № 3 (л. б.)	19 080,6	0,0
ГТ № 3 (ц.)	31 820,6	0,0
ГТ № 3 (п. б.)	19 080,6	897,7
ГТ № 4 (л. б.)	19 080,6	0,0
ГТ № 4 (ц.)	31 820,6	0,0
ГТ № 4 (п. б.)	19 080,6	897,7
ГТ № 5 (л. б.)	12 681,2	0,0
ГТ № 5 (ц.)	31 820,6	710,4
ГТ № 5 (п. б.)	12 681,2	470,9
Отстойный танк (л. б.)	4 218,9	0,0
Отстойный танк (п. б.)	4 218,9	111,5

$$\sum P_{s(i)} O_{s(i)} = 5\,449 \text{ м}^3 \quad (2.2.3-2)$$

$$O_{MS} = 0,77 \times 5\,449 \text{ м}^3 = 4\,195 \text{ м}^3 \quad (2.2.3-3)$$

2.3 Расчет вылива в результате повреждения днища

2.3.1 Принимаются следующие границы отсеков X_a , X_f , Y_p , Y_s и z :

Грузовой танк	X _a (м)	X _f (м)	Y _p (м)	Y _s (м)	Z (м)
ГТ № 1 (л. б.)	252,000	302,000	56,500	39,000	3,000
ГТ № 1 (ц.)	252,000	302,000	41,700	18,300	3,000
ГТ № 1 (п. б.)	252,000	302,000	21,000	3,500	3,000
ГТ № 2 (л. б.)	202,000	252,000	56,500	41,700	3,000
ГТ № 2 (ц.)	202,000	252,000	41,700	18,300	3,000
ГТ № 2 (п. б.)	202,000	252,000	18,300	3,500	3,000
ГТ № 3 (л. б.)	152,000	202,000	56,500	41,700	3,000
ГТ № 3 (ц.)	152,000	202,000	41,700	18,300	3,000
ГТ № 3 (п. б.)	152,000	202,000	18,300	3,500	3,000
ГТ № 4 (л. б.)	102,000	152,000	56,500	41,700	3,000
ГТ № 4 (ц.)	102,000	152,000	41,700	18,300	3,000
ГТ № 4 (п. б.)	102,000	152,000	18,300	3,500	3,000
ГТ № 5 (л. б.)	67,000	102,000	56,500	41,700	3,000
ГТ № 5 (ц.)	52,000	102,000	41,700	18,300	3,000
ГТ № 5 (п. б.)	67,000	102,000	18,300	3,500	3,000
Отстойный танк (л. б.)	52,000	67,000	51,780	41,700	3,000
Отстойный танк (п. б.)	52,000	67,000	18,300	8,220	3,000

2.3.2 Вероятность P_B пробоины отсека в результате повреждения днища рассчитывается в соответствии с пунктом 9.1 правила 23:

$$P_B = P_{BL} P_{BT} P_{BV}, \quad (2.3.2)$$

где:

$$P_{BL} = 1 - P_{Bf} - P_{Ba}$$

$$P_{BT} = 1 - P_{Bp} - P_{BS}$$

$$P_{BV} = 1 - P_{BZ}$$

2.3.3 Исходя из отношений X_a/L , X_f/L , Y_p/V_B , Y_s/V_B и z , вероятности, связанные с этими местами деления на отсеки, интерполируются по таблице вероятностей для повреждения днища, содержащейся в пункте 9.3 правила 23.

Грузовой танк	Xa/L	P _{Ba}	Xf/L	P _{Bf}	Yp/B _B	P _{Bp}	Ys/B _B	P _{Bs}	z/Ds	P _{Bz}
ГТ № 1 (л. б.)	0,7848	0,3892	0,9405	0,0379	0,9417	0,0128	0,6500	0,4940	0,1015	0,7817
ГТ № 1 (ц.)	0,7848	0,3892	0,9405	0,0379	0,6950	0,1750	0,3050	0,1750	0,1015	0,7817
ГТ № 1 (п. б.)	0,7848	0,3892	0,9405	0,0379	0,3500	0,4940	0,0583	0,0128	0,1015	0,7817
ГТ № 2 (л. б.)	0,6291	0,2257	0,7848	0,2766	0,9417	0,0128	0,6950	0,5390	0,1015	0,7817
ГТ № 2 (ц.)	0,6291	0,2257	0,7848	0,2766	0,6950	0,1750	0,3050	0,1750	0,1015	0,7817
ГТ № 2 (п. б.)	0,6291	0,2257	0,7848	0,2766	0,3050	0,5390	0,0583	0,0128	0,1015	0,7817
ГТ № 3 (л. б.)	0,4734	0,1302	0,6291	0,5200	0,9417	0,0128	0,6950	0,5390	0,1015	0,7817
ГТ № 3 (ц.)	0,4734	0,1302	0,6291	0,5200	0,6950	0,1750	0,3050	0,1750	0,1015	0,7817
ГТ № 3 (п. б.)	0,4734	0,1302	0,6291	0,5200	0,3050	0,5390	0,0583	0,0128	0,1015	0,7817
ГТ № 4 (л. б.)	0,3177	0,0644	0,4734	0,7120	0,9417	0,0128	0,6950	0,5390	0,1015	0,7817
ГТ № 4 (ц.)	0,3177	0,0644	0,4734	0,7120	0,6950	0,1750	0,3050	0,1750	0,1015	0,7817
ГТ № 4 (п. б.)	0,3177	0,0644	0,4734	0,7120	0,3050	0,5390	0,0583	0,0128	0,1015	0,7817
ГТ № 5 (л. б.)	0,2087	0,0313	0,3177	0,8307	0,9417	0,0128	0,6950	0,5390	0,1015	0,7817
ГТ № 5 (ц.)	0,1619	0,0199	0,3177	0,8307	0,6950	0,1750	0,3050	0,1750	0,1015	0,7817
ГТ № 5 (п. б.)	0,2087	0,0313	0,3177	0,8307	0,3050	0,5390	0,0583	0,0128	0,1015	0,7817
Отстойный танк (л. б.)	0,1619	0,0199	0,2087	0,8898	0,8630	0,0549	0,6950	0,5390	0,1015	0,7817
Отстойный танк (п. б.)	0,1619	0,0199	0,2087	0,8898	0,3050	0,5390	0,1370	0,0549	0,1015	0,7817

Грузовой танк	P _{BL}	P _{BV}	P _{BT}	P _B
ГТ № 1 (л. б.)	0,5728	0,4932	0,2183	0,0617
ГТ № 1 (ц.)	0,5728	0,6500	0,2183	0,0813
ГТ № 1 (п. б.)	0,5728	0,4932	0,2183	0,0617
ГТ № 2 (л. б.)	0,4977	0,4482	0,2183	0,0487
ГТ № 2 (ц.)	0,4977	0,6500	0,2183	0,0706
ГТ № 2 (п. б.)	0,4977	0,4482	0,2183	0,0487
ГТ № 3 (л. б.)	0,3498	0,4482	0,2183	0,0342
ГТ № 3 (ц.)	0,3498	0,6500	0,2183	0,0496
ГТ № 3 (п. б.)	0,3498	0,4482	0,2183	0,0342
ГТ № 4 (л. б.)	0,2236	0,4482	0,2183	0,0219
ГТ № 4 (ц.)	0,2236	0,6500	0,2183	0,0317
ГТ № 4 (п. б.)	0,2236	0,4482	0,2183	0,0219
ГТ № 5 (л. б.)	0,1381	0,4482	0,2183	0,0135
ГТ № 5 (ц.)	0,1494	0,6500	0,2183	0,0212
ГТ № 5 (п. б.)	0,1381	0,4482	0,2183	0,0135
Отстойный танк (л. б.)	0,0903	0,4061	0,2183	0,0080
Отстойный танк (п. б.)	0,0903	0,4061	0,2183	0,0080

2.3.4 Согласно пункту 7.3.2 правила 23 уровень груза после повреждения, измеренный в метрах над Z₁, рассчитывается следующим образом:

$$h_c = \{(d_s + t_c - Z_1) (\rho_s) - (1000 p) / g\} / \rho_n, \quad (2.3.4)$$

где:

- d_s – осадка по грузовую линию = 21,20 м
- t_c – приливное изменение = 0 м и –2,5 м
- Z₁ – высота самой низкой точки в грузовом танке над основной линией = 3,0 м
- ρ_s – плотность морской воды, принимаемая как 1 025 кг/м³
- p – избыточное давление инертного газа = 5 кПа
- g – ускорение силы тяжести = 9,81 м/с²
- ρ_n – номинальная плотность груза нефти = 900 кг/м³

2.3.5 Для состояния с приливным изменением t_c , равным 0 м, уровень груза после повреждения h_c составляет 20,153 м. Остающийся объем каждого грузового танка после повреждения, в m^3 , и вылив нефти $O_{B(i)}$ следующие:

Грузовой танк	h_c (м)	Остающ. об. (m^3)	$O_{B(i)}$ (m^3)
ГТ № 1 (л. б.)	20,153	10 558	3813,7
ГТ № 1 (ц.)	20,153	21 267	7623,4
ГТ № 1 (п. б.)	20,153	10 558	3813,7
ГТ № 2 (л. б.)	20,153	14 163	4917,6
ГТ № 2 (ц.)	20,153	23 427	8393,6
ГТ № 2 (п. б.)	20,153	14 163	4917,6
ГТ № 3 (л. б.)	20,153	14 163	4917,6
ГТ № 3 (ц.)	20,153	23 427	8393,6
ГТ № 3 (п. б.)	20,153	14 163	4917,6
ГТ № 4 (л. б.)	20,153	14 163	4917,6
ГТ № 4 (ц.)	20,153	23 427	8393,6
ГТ № 4 (п. б.)	20,153	14 163	4917,6
ГТ № 5 (л. б.)	20,153	9 342	3339,2
ГТ № 5 (ц.)	20,153	23 427	8393,6
ГТ № 5 (п. б.)	20,153	9 342	3339,2
Отстойный танк (л. б.)	20,153	2 960	1258,9
Отстойный танк (п. б.)	20,153	2 960	1258,9

Для состояния с приливным изменением t_c , равным -2,5 м, остающийся объем каждого грузового танка после повреждения, в m^3 , и вылив нефти $O_{B(i)}$ следующие:

Грузовой танк	h_c (м)	Остающ. об. (m^3)	$O_{B(i)}$ (m^3)
ГТ № 1 (л. б.)	17,307	8 974	5397,7
ГТ № 1 (ц.)	17,307	18 263	10627,4
ГТ № 1 (п. б.)	17,307	8 974	5397,7
ГТ № 2 (л. б.)	17,307	12 070	7010,6
ГТ № 2 (ц.)	17,307	20 119	11701,6
ГТ № 2 (п. б.)	17,307	12 070	7010,6
ГТ № 3 (л. б.)	17,307	12 070	7010,6
ГТ № 3 (ц.)	17,307	20 119	11701,6
ГТ № 3 (п. б.)	17,307	12 070	7010,6
ГТ № 4 (л. б.)	17,307	12 070	7010,6
ГТ № 4 (ц.)	17,307	20 119	11701,6
ГТ № 4 (п. б.)	17,307	12 070	7010,6
ГТ № 5 (л. б.)	17,307	7 926	4755,2
ГТ № 5 (ц.)	17,307	20 119	11701,6
ГТ № 5 (п. б.)	17,307	7 926	4755,2
Отстойный танк (л. б.)	17,307	2 436	1782,9
Отстойный танк (п. б.)	17,307	2 436	1782,9

2.3.6 В соответствии с пунктами 7.1 и 7.2 правила 23 средний вылив в результате повреждения днища рассчитывается следующим образом:

$$O_{MB(0)} = \sum_i^n P_{B(i)} O_{B(i)} C_{DB(i)} \quad (M^3) \quad (2.3.6-1)$$

$$O_{MB(2,5)} = \sum_i^n P_{B(i)} O_{B(i)} C_{DB(i)} \quad (M^3) \quad (2.3.6-2)$$

2.3.7 Признается, что часть нефти, вытекающей из грузового танка, может быть захвачена расположенным ниже междудонным танком, тем самым предотвращая поступление нефти в море. В соответствии с пунктом 7.4 правила 23 коэффициент $C_{DB(i)}$ принимается как 0,6, когда грузовой танк ограничен снизу отсеком, не предназначенным для нефти.

Грузовой танк	$C_{DB(i)}$	$P_{B(i)}$	$P_{B(i)}O_{B(i)}C_{DB(i)} (M^3)$ [tc = 0 м]	$P_{B(i)}O_{B(i)}C_{DB(i)} (M^3)$ [tc = -2,5м]
ГТ № 1 (л. б.)	0,6	0,0617	141,1	199,7
ГТ № 1 (ц.)	0,6	0,0813	371,8	518,3
ГТ № 1 (п. б.)	0,6	0,0617	141,1	199,7
ГТ № 2 (л. б.)	0,6	0,0487	143,7	204,8
ГТ № 2 (ц.)	0,6	0,0706	355,7	495,9
ГТ № 2 (п. б.)	0,6	0,0487	143,7	204,8
ГТ № 3 (л. б.)	0,6	0,0342	101,0	144,0
ГТ № 3 (ц.)	0,6	0,0496	250,0	348,6
ГТ № 3 (п. б.)	0,6	0,0342	101,0	144,0
ГТ № 4 (л. б.)	0,6	0,0219	64,6	92,0
ГТ № 4 (ц.)	0,6	0,0317	159,8	222,8
ГТ № 4 (п. б.)	0,6	0,0219	64,6	92,0
ГТ № 5 (л. б.)	0,6	0,0135	27,1	38,5
ГТ № 5 (ц.)	0,6	0,0212	106,8	148,9
ГТ № 5 (п. б.)	0,6	0,0135	27,1	38,5
Отстойный танк (л. б.)	0,6	0,0080	6,0	8,6
Отстойный танк (п. б.)	0,6	0,0080	6,0	8,6

$$\sum P_{B(i)} O_{B(i)} C_{DB(i)} \quad 2211 \text{ м}^3 \quad 3110 \text{ м}^3$$

2.3.8 В соответствии с пунктом 5.2 правила 23 величины среднего вылива для состояний прилива 0,0 м и -2,5 м объединяются в отношении 70%:30% для получения среднего вылива в результате повреждения днища:

$$\begin{aligned} O_{MB} &= 0,7 O_{MB(0)} + 0,3 O_{MB(2,5)} \\ &= 0,7 \times 2211 + 0,3 \times 3110 \\ &= \mathbf{2481 \text{ м}^3} \end{aligned} \quad (2.3.8)$$

2.4 Параметр среднего вылива нефти O_M

2.4.1 Безразмерный параметр среднего вылива нефти O_M рассчитывается в соответствии с пунктом 5.1 правила 23 следующим образом:

$$O_M = (0,4 O_{MS} + 0,6 O_{MB})/C \quad (2.4.1)$$

$$= (0,4 \times 4195 + 0,6 \times 2481) / 333\,200 = 0,0095$$

2.4.2 Для нефтяного танкера дедвейтом 5000 метрических тонн и более требуемый параметр среднего вылива нефти рассчитывается в соответствии с пунктом 3.1 правила 23.

$$\begin{array}{ll} O_M \leq 0,015 & (\text{для } C \leq 200\,000 \text{ м}) \\ O_M \leq 0,012 + (0,003/200\,000)(400\,000 - C) & (\text{для } 200\,000 \text{ м}^3 < C < 400\,000 \text{ м}^3) \\ O_M \leq 0,012 & (\text{для } C \geq 400\,000 \text{ м}^3) \end{array}$$

Поскольку C равен $333\,200 \text{ м}^3$, требуемый параметр среднего вылива нефти O_M следующий:

$$\text{Требуемый } O_M \leq 0,012 + (0,003/200\,000)(400\,000 - 333\,200) = 0,0130$$

$$\text{Требуемый } O_M, 0,0130 > \text{ фактического } O_M, 0,0095$$

Таким образом, судно соответствует правилу 23 "Показатели аварийного вылива нефти".

ССЫЛКИ

- 1) Доклад о сравнительном исследовании конструкции нефтяных танкеров ИМО (MEPC 32/7/15).
- 2) Statistical Analysis of Classification Society Records for Oil tanker Collisions and Groundings, Lloyds Register STD Report No. 2078-3-2. (Статистический анализ сведений классификационных обществ, касающихся столкновений и посадок на мель нефтяных танкеров, доклад № 2078-3-2 STD Регистра Ллойда.)
