



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
И СОЦИАЛЬНЫЙ СОВЕТ

Distr.  
GENERAL

ECE/TRANS/WP.15/AC.2/2008/7/Rev.1  
12 March 2008

RUSSIAN  
Original: ENGLISH

**ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ**

**КОМИТЕТ ПО ВНУТРЕННЕМУ ТРАНСПОРТУ**

Рабочая группа по перевозкам опасных грузов

Совместное совещание экспертов по Правилам, прилагаемым к Европейскому соглашению о международной перевозке опасных грузов по внутренним водным путям (ВОПОГ)<sup>1</sup>  
(Комитет по вопросам безопасности ВОПОГ)<sup>2</sup>

Тринадцатая сессия  
Женева, 17-18 июня 2008 года  
Пункт 4 предварительной повестки дня

**ПРЕДЛОЖЕНИЯ О ВНЕСЕНИИ ПОПРАВОК В ПРАВИЛА, ПРИЛАГАЕМЫЕ  
К ВОПОГ<sup>3</sup>**

**9.3.4 Альтернативные варианты постройки (танкеров)**

**Передано Центральной комиссией судоходства по Рейну (ЦКСР)<sup>4</sup>**

1. ЦКСР предлагает включить в Правила, прилагаемые к ВОПОГ, новые положения, призванные допустить альтернативные варианты постройки танкеров (например, с грузовыми танками большей вместимости, с другими расстояниями между боковыми

<sup>1</sup> Это совещание организовано совместно Европейской экономической комиссией и Центральной комиссией судоходства по Рейну (ЦКСР).

<sup>2</sup> Совместное совещание экспертов было учреждено совместно Европейской экономической комиссией и Центральной комиссией судоходства по Рейну (ЦКСР) в соответствии с предложением Дипломатической конференции по принятию Европейского соглашения о международной перевозке опасных грузов по внутренним водным путям (ВОПОГ), содержащимся в резолюции, принятой 25 мая 2000 года. В этой резолюции предусматривается, что после вступления Соглашения в силу Совместное совещание экспертов заменит собой Комитет по вопросам безопасности, упомянутый в статье 18 ВОПОГ. Поскольку ВОПОГ вступило в силу 29 февраля 2008 года, Совместное совещание экспертов будет впредь выполнять функции Комитета по вопросам безопасности ВОПОГ.

<sup>3</sup> Распространено на немецком языке ЦКСР в качестве документа CCNR/ZKR/ADN/WP.15/AC.2/2008/7/Rev.1.

<sup>4</sup> В соответствии с программой работы Комитета по внутреннему транспорту на 2006-2010 годы (ECE/TRANS/166/Add.1, подпрограмма 02.7 b)).

стенками и грузовыми танками), а также положения, касающиеся процедур, которые надлежит применять в таких случаях.

2. Ниже приводятся предложения о внесении поправок в часть 9 Правил. В этих предложениях отражены также результаты работы неофициальной рабочей группы, созданной в целях согласования вариантов настоящего документа на немецком и английском языках (см. ECE/TRANS/WP.15/AC.2/25, пункт 22).

9.3.1.11.1 а)

9.3.2.11.1 а)

9.3.3.11.1 а) Включить под таблицей: "Допускаются альтернативные варианты постройки в соответствии с разделом 9.3.4".

9.3.1.11.2 а) В конце текста сноски 1 к пункту 9.3.1.11.2 включить: "Допускаются альтернативные варианты постройки в соответствии с разделом 9.3.4".

9.3.2.11.7 В конце добавить новый подпункт следующего содержания:  
"Допускаются альтернативные варианты постройки в соответствии с разделом 9.3.4".

Включить новый раздел 9.3.4 следующего содержания:

## **"9.3.4 Альтернативные варианты постройки**

### **9.3.4.1 *Общие положения***

9.3.4.1.1 Максимально допустимая вместимость грузового танка в соответствии с пунктами 9.3.1.11.1, 9.3.2.11.1 и 9.3.3.11.1 может быть превышена, и минимальные расстояния в соответствии с пунктами 9.3.1.11.2 а) и 9.3.2.11.7 могут не соблюдаться, если выполняются положения настоящего раздела. Вместимость грузового танка не должна превышать 1000 м<sup>3</sup>.

9.3.4.1.2 Танкеры, в которых максимально допустимая вместимость грузовых танков превышена или расстояние между боковыми стенками и грузовыми танками меньше требуемого, должны быть защищены с помощью более ударопрочной бортовой конструкции. Это должно быть доказано путем сравнения риска, связанного с использованием обычной конструкции (исходной конструкции), которая отвечает Правилам

ВОПОГ, с риском, связанным с использованием ударопрочной конструкции (альтернативной конструкции).

9.3.4.1.3 Если риск, связанный с использованием более ударопрочной конструкции, равен риску, связанному с использованием обычной конструкции, или меньше него, то доказан эквивалентный или более высокий уровень безопасности. Эквивалентный или более высокий уровень безопасности должен доказываться в соответствии с подразделом 9.3.4.3.

9.3.4.1.4 Когда судно построено в соответствии с положениями настоящего раздела, признанное классификационное общество должно документально подтвердить применение процедуры расчетов в соответствии с подразделом 9.3.4.3 и представить свои заключения компетентному органу для утверждения.

Компетентный орган может запросить дополнительные расчеты и доказательства.

9.3.4.1.5 Компетентный орган должен включить этот вариант постройки в свидетельство о допущении в соответствии с разделом 8.6.1.

#### **9.3.4.2** *Подход*

9.3.4.2.1 Главными параметрами являются вероятность разрыва грузового танка в результате столкновения и площадь вокруг судна, загрязненная вытекшим вследствие этого грузом. Для описания риска используется следующая формула:

$$R = P \cdot C,$$

где:  $R$  риск [ $m^2$ ],  
 $P$  вероятность разрыва грузового танка [ ],  
 $C$  следствие (размер повреждения) разрыва грузового танка [ $m^2$ ].

9.3.4.2.2 Вероятность  $P$  разрыва грузового танка зависит от вероятностного распределения энергии, высвобождаемой судами, которые могут столкнуться с танкером, и способности судна, подвергшегося удару, поглотить эту энергию без разрушения грузового танка. Уменьшение этой вероятности может быть достигнуто с помощью более ударопрочной бортовой конструкции.

Следствие  $C$  разлива груза в результате разрыва грузового танка выражается как площадь загрязненного района вокруг судна, подвергшегося удару.

9.3.4.2.3 Процедура в соответствии с подразделом 9.3.4.3 показывает, каким образом следует рассчитывать вероятности разрыва танков и каким образом следует определять способность бортовых конструкций судна поглощать энергию, высвобождаемую при столкновении, и увеличение следствий.

### **9.3.4.3**      *Процедура расчета*

9.3.4.3.1 Процедура расчета состоит из 13 основных этапов. Расчеты на этапах 2-10 должны производиться как для исходной конструкции, так и для ударопрочной конструкции. В нижеследующей таблице показан расчет взвешенной вероятности разрыва грузового танка:

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
							F x G			I x J			L x M	
Определить места удара при столкновении и соответствующие весовые коэффициенты Сценарий столкновения I	Loc1	Анализ МКЭ	Eloc1	Рассчитать вероятность по КФПВ 50%	P50%	wf50%	Pw50%							
	⋮			Рассчитать вероятность по КФПВ 66%	P66%	wf66%	Pw66%							
				Рассчитать вероятность по КФПВ 100%	P100%	wf100%	Pw100%	+						
				sum	ploc1	wfloc1	Pwloc1							
	Loc1	Анализ МКЭ	Eloc1	Рассчитать вероятность по КФПВ 50%	P50%	wf50%	Pw50%							
⋮			Рассчитать вероятность по КФПВ 66%	P66%	wf66%	Pw66%								
			Рассчитать вероятность по КФПВ 100%	P100%	wf100%	Pw100%	+							
			sum	Ploc1	wfloc1	Pwloc1								
	Locn	Анализ МКЭ	Elocn	Рассчитать вероятность по КФПВ 50%	P50%	wf50%	Pw50%							
⋮			Рассчитать вероятность по КФПВ 66%	P66%	wf66%	wf66%								
			Рассчитать вероятность по КФПВ 100%	P100%	wf100%	wf100%	+							
			sum	Plocn	wflocn	Pwlocn	+							
										sum	Pscenl	wfscenl	Pwscenl	
Определить места удара при столкновении и соответствующие весовые коэффициенты Сценарий столкновения II	Loc1	Анализ МКЭ	Eloc1	Рассчитать вероятность по КФПВ 30%	P30%	wf30%	Pw30%							
	⋮			Рассчитать вероятность по КФПВ 100%	P100%	wf100%	Pw100%	+						
				sum	Ploc1	wfloc1	Pwloc1							
	locn	Анализ МКЭ	Elocn	Рассчитать вероятность по КФПВ 30%	P30%	wf30%	Pw30%							
⋮			Рассчитать вероятность по КФПВ 100%	P100%	wf100%	Pw100%	+							
			sum	Plocn	wflocn	Pwlocn	+							
										sum	Pscenll	wfscenll	Pwscenll	+
													sum	Pw

9.3.4.3.1.1 *Этап 1*

Помимо альтернативной конструкции, используемой для грузовых танков, вместимость которых превышает максимально допустимую, или предусматривающей уменьшенное расстояние между боковой стенкой и грузовым танком и более ударопрочную бортовую конструкцию, необходимо разработать исходную конструкцию с по меньшей мере теми же размерами (длина, ширина, высота, водоизмещение). Эта исходная конструкция должна удовлетворять требованиям, изложенным в разделе 9.3.1 (тип G), 9.3.2 (тип C) или 9.3.3 (тип N), и отвечать минимальным требованиям, установленным признанным классификационным обществом.

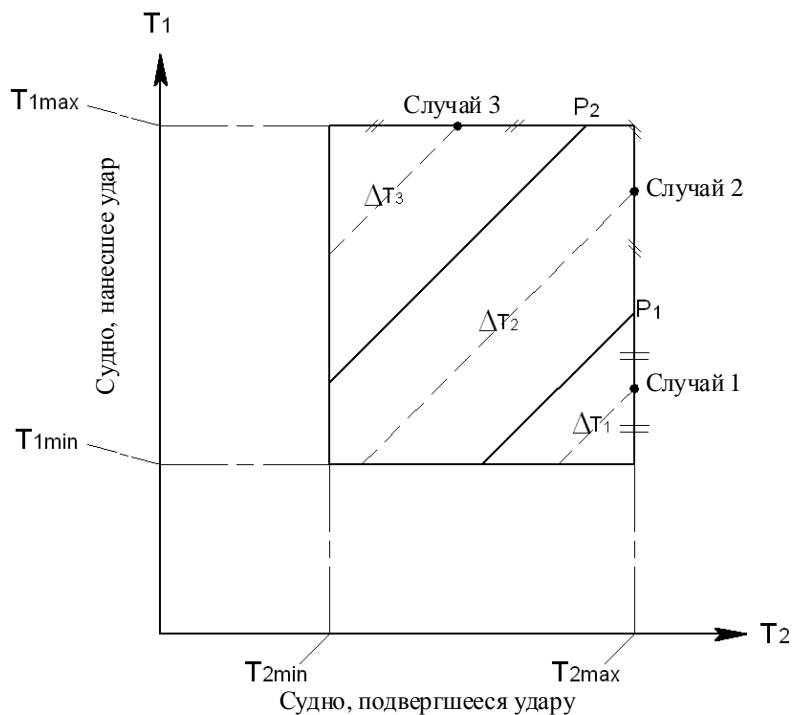
9.3.4.3.1.2 *Этап 2*

9.3.4.3.1.2.1 Необходимо определить соответствующие типичные места удара при столкновении ( $i = 1 - n$ ). В таблице в пункте 9.3.4.3.1 представлен общий случай, когда имеется число "n" типичных мест удара.

Число типичных мест удара зависит от конструкции судна. Выбор мест удара должен быть одобрен признанным классификационным обществом.

9.3.4.3.1.2.2 *Места удара в вертикальном направлении*9.3.4.3.1.2.2.1 *Танкер типа C и N*

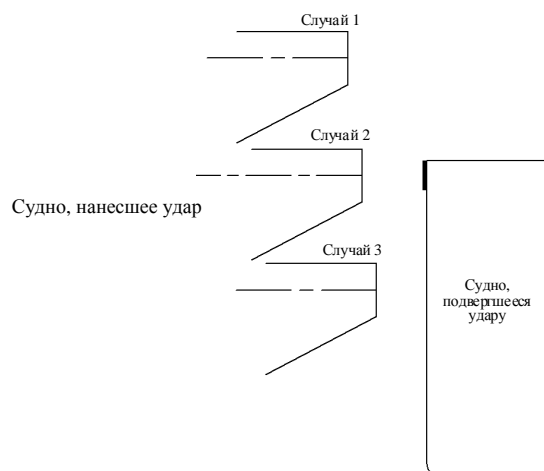
9.3.4.3.1.2.2.1.1 Определение мест удара в вертикальном направлении зависит от различий в осадке между судном, нанесшим удар, и судном, подвергшимся удару, которые ограничены значениями максимальной и минимальной осадки обоих судов и конструкции судна, подвергшегося удару. Графически это можно изобразить в виде прямоугольной зоны, образованной значениями максимальной и минимальной осадки как судна, нанесшего удар, так и судна, подвергшегося удару (см. нижеследующий рисунок).



#### Определение мест удара в вертикальном направлении

- 9.3.4.3.1.2.2.1.2 Каждая точка в этой зоне представляет собой возможную комбинацию значений осадки.  $T_{1max}$  - максимальная осадка, и  $T_{1min}$  - минимальная осадка судна, нанесшего удар, а  $T_{2max}$  и  $T_{2min}$  - соответственно максимальная и минимальная осадка судна, подвергшегося удару. Каждая комбинация значений осадки одинаково вероятна.
- 9.3.4.3.1.2.2.1.3 Точки, лежащие на каждой наклонной линии, изображенной на рисунке в пункте 9.3.4.3.1.2.2.1.1, показывают одно и то же различие в осадке. Каждая из этих линий отражает место удара в вертикальном направлении. В примере, приведенном на рисунке в пункте 9.3.4.3.1.2.2.1.1, определены три места удара в вертикальном направлении, показанные в виде трех зон.  $P_1$  - точка, в которой нижняя кромка вертикальной части носа толкаемой баржи или носа судна с V-образными шпангоутами наносит удар на уровне палубы судна, подвергшегося удару. Треугольная зона, соответствующая случаю столкновения 1, ограничена точкой  $P_1$ . Она соответствует месту удара в вертикальном направлении "удар на уровне палубы". Треугольная верхняя левая зона прямоугольника соответствует

месту удара в вертикальном направлении "удар ниже палубы". Для расчетов ударов должно использоваться различие в осадке  $\Delta T_i$ , где  $i = 1, 2, 3$  (см. нижеследующий рисунок).



Пример мест удара в вертикальном положении

9.3.4.3.1.2.2.1.4 Для расчета значений энергии удара должны использоваться максимальные значения массы как судна, нанесшего удар, так и судна, подвергшегося удару (наивысшая точка на каждой из соответствующих диагоналей  $\Delta T_i$ ).

9.3.4.3.1.2.2.1.5 В зависимости от конструкции судна признанное классификационное общество может потребовать определить дополнительные места удара.

9.3.4.3.1.2.2.2 *Танкер типа G*

Для танкера типа G предполагается только удар на уровне половины высоты танка. Признанное классификационное общество может потребовать определить дополнительные места удара на других высотах. Это должно быть согласовано с признанным классификационным обществом.

9.3.4.3.1.2.3 *Места удара в продольном направлении*



9.3.4.3.1.2.3.1 *Танкеры типа С и N*

Необходимо учитывать по меньшей мере три следующих типичных места удара в продольном направлении:

- по переборке,
- между рамными шпангоутами и
- по рамному шпангоуту.

9.3.4.3.1.2.3.1 *Танкер типа G*

Для танкера типа G необходимо учитывать по меньшей мере три следующих типичных места удара:

- по торцевой стороне грузового танка,
- между рамными шпангоутами и
- по рамному шпангоуту.

9.3.4.3.1.2.4 *Число мест удара*

9.3.4.3.1.2.4.1 *Танкеры типа С и N*

В примере, приведенном в пунктах 9.3.4.3.1.2.1.3 и 9.3.4.3.1.2.3.1, комбинация мест удара в вертикальном и продольном направлениях дает следующий результат:  $3 \cdot 3 = 9$  мест удара.

9.3.4.3.1.2.4.2 *Танкер типа G*

В примере, приведенном в пунктах 9.3.4.3.1.2.2.2 и 9.3.4.3.1.2.3.2, комбинация места удара в вертикальном и продольном направлениях дает следующий результат:  $1 \cdot 3 = 3$  места удара.

9.3.4.3.1.2.4.3 *Дополнительные обследования танкеров типа G, С и N с вкладными грузовыми танками*

Для доказательства того, что опоры танков и устройства ограничения плавучести не вызывают преждевременного разрыва танка, должны

производиться дополнительные расчеты. Дополнительные места удара должны быть согласованы с признанным квалификационным обществом.

#### 9.3.4.3.1.3 *Этап 3*

9.3.4.3.1.3.1 Для каждого типичного места удара определяется весовой коэффициент, отражающий относительную вероятность того, что удар будет нанесен в этом типичном месте. В таблице в пункте 9.3.4.3.1 эти коэффициенты обозначены как  $w_{loc(i)}$  (колонка J). Предполагаемые значения должны быть согласованы с признанным квалификационным обществом.

Весовой коэффициент для каждого места удара является результатом умножения коэффициента для места удара в вертикальном направлении на коэффициент для места удара в продольном направлении.

#### 9.3.4.3.1.3.2 *Места удара в вертикальном направлении*

##### 9.3.4.3.1.3.2.1 *Танкеры типа C и N*

Весовые коэффициенты для различных мест удара в вертикальном направлении определяются в каждом случае как соотношение между парциальной зоной для соответствующего случая столкновения и общей площадью прямоугольника, как показано на рисунке в пункте 9.3.4.3.1.2.2.1.1.

Например, для случая столкновения 1 (см. рисунок в пункте 9.3.4.3.1.2.2.1.3) весовой коэффициент равен соотношению между треугольной нижней правой зоной прямоугольника и зоной прямоугольника между минимальным и максимальным значениями осадки судна, нанесшего удар, и судна, подвергшегося удару.

##### 9.3.4.3.1.3.2.2 *Танкер типа G*

Весовой коэффициент для места удара в вертикальном направлении равен 1,0, если предполагается только одно место удара. В случае, если признанное квалификационное общество потребует определить дополнительные места удара, весовой коэффициент должен определяться по аналогии с процедурой, установленной для танкеров типа C и N.

9.3.4.3.1.3.3 *Места удара в продольном направлении*

9.3.4.3.1.3.3.1 *Танкеры типа C и N*

Весовой коэффициент для каждого места удара в продольном направлении равен соотношению между "расчетной длиной участка" и длиной танка.

Расчетная длина участка рассчитывается следующим образом:

a) удар по переборке:

$0,2 \cdot$  расстояние между рамным шпангоутом и переборкой, но не более 450 мм;

b) удар по рамному шпангоуту:

сумма двух слагаемых:  $0,2 \cdot$  расстояние между рамными шпангоутами, расположенными от шпангоута в сторону носа, но не более 450 мм, и  $0,2 \cdot$  расстояние между рамными шпангоутами, расположенными от шпангоута в сторону кормы, но не более 450 мм; и

c) удар между рамными шпангоутами:

длина грузового танка, за вычетом длины, связанной с "ударом по переборке", и длины, связанной с "ударом по рамному шпангоуту".

9.3.4.3.1.3.3.2 *Танкер типа G*

Весовой коэффициент для каждого места удара в продольном направлении равен соотношению между "расчетной длиной участка" и длиной трюмного пространства. Расчетная длина участка рассчитывается следующим образом:

a) удар по торцевой стороне грузового танка:

расстояние между переборкой и началом цилиндрической части грузового танка;

## b) удар по рамному шпангоуту:

сумма двух слагаемых:  $0,2 \cdot$  расстояние между рамными шпангоутами, расположенными от шпангоута в сторону носа, но не более 450 мм, и  $0,2 \cdot$  расстояние между рамными шпангоутами, расположенными от шпангоута в сторону кормы, но не более 450 мм; и

## c) удар между рамными шпангоутами:

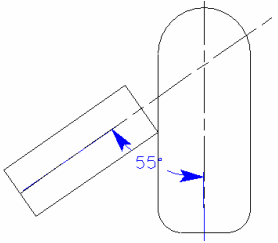
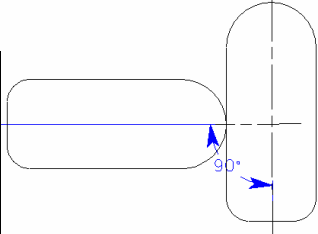
длина грузового танка, за вычетом длины, связанной с "ударом по торцевой стороне грузового танка", и длины, связанной с "ударом по рамному шпангоуту".

9.3.4.3.1.4 *Этап 4*

9.3.4.3.1.4.1 Для каждого места удара рассчитывается способность поглощения энергии удара. В этом отношении способность поглощения энергии удара равна количеству энергии удара, поглощенной конструкцией судна до начального разрыва грузового танка (см. таблицу в пункте 9.3.4.3.1, колонка D:  $E_{loc(i)}$ ). С этой целью должен использоваться анализ методом конечных элементов в соответствии с пунктом 9.3.4.4.2

9.3.4.3.1.4.2 Эти расчеты должны производиться для двух сценариев столкновения в соответствии с нижеследующей таблицей. Сценарий столкновения I анализируется при допущении формы носа толкаемой баржи. Сценарий столкновения II анализируется при допущении носа судна с V-образными шпангоутами. Эти формы носа определяются в пункте 9.3.4.4.8.

Таблица: Коэффициенты снижения скорости для сценария I или сценария II с весовыми коэффициентами

Наиболее неблагоприятные сценарии		Причины			
		Ошибка связи и плохая видимость	Техническая ошибка	Ошибка человека	
		0,50	0,20	0,30	
I		Нос голкаемой баржи, угол удара 55° 0,80	0,66	0,50	1,00
		Нос судна с V-образными шпангоутами, угол удара 90° 0,20	0,30		1,00
II		0,30		1,00	

#### 9.3.4.3.1.5 Этап 5

Для каждого значения способности поглощения энергии при столкновении  $E_{loc(i)}$  необходимо рассчитать соответствующую вероятность превышения, т.е. вероятность разрыва грузового танка. Для этой цели должна использоваться приведенная ниже формула расчета кумулятивных функций плотности вероятностей (КФПВ). Соответствующие коэффициенты должны быть взяты из таблицы в пункте 9.3.4.3.1.5.6 с учетом эффективной массы судна, подвергшегося удару.

$$P_{x\%} = C_1 E_{loc(i)}^3 + C_2 E_{loc(i)}^2 + C_3 E_{loc(i)} + C_4,$$

где:  $P_{x\%}$  — вероятность разрыва танка,  
 $C_{1-4}$  — коэффициент, взятый из таблицы,  
 $E_{loc(i)}$  — способность поглощения энергии столкновения.

9.3.4.3.1.5.2 Эффективная масса должна равняться величине максимального водоизмещения судна, помноженной на коэффициент 1,4. Должны быть рассмотрены оба сценария столкновения (пункт 9.3.4.3.1.4.2).

9.3.4.3.1.5.3 В случае сценария столкновения I (нос толкаемой баржи, угол удара 55°) должны использоваться три формулы КФПВ:

КФПВ 50% (скорость = 0,5  $V_{max}$ ),  
 КФПВ 66% (скорость = 2/3  $V_{max}$ ) и  
 КФПВ 100% (скорость =  $V_{max}$ ).

9.3.4.3.1.5.4 В случае сценария столкновения II (нос судна с V-образными шпангоутами, угол удара 90°) должны использоваться две следующие формулы КФПВ:

КФПВ 30% (скорость = 0,3  $V_{max}$ ),  
 КФПВ 100% (скорость =  $V_{max}$ ).

9.3.4.3.1.5.5 В таблице в пункте 9.3.4.3.1 (колонка F) эти вероятности обозначены как  $P50%$ ,  $P66%$ ,  $P100%$  и  $P30%$ ,  $P100%$ , соответственно.

9.3.4.3.1.5.6 Таблица: Коэффициенты для формул КФПВ

Эффективная масса судна, подвергшегося удару, в тоннах	Скорость = 1 x $V_{max}$				диапазон
	коэффициенты				
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	
14 000	4,106E-05	-2,507E-03	9,727E-03	9,983E-01	$4 < E_{loc} < 39$
12 000	4,609E-05	-2,761E-03	1,215E-02	9,926E-01	$4 < E_{loc} < 36$
10 000	5,327E-05	-3,125E-03	1,569E-02	9,839E-01	$4 < E_{loc} < 33$
8 000	6,458E-05	-3,691E-03	2,108E-02	9,715E-01	$4 < E_{loc} < 31$
6 000	7,902E-05	-4,431E-03	2,719E-02	9,590E-01	$4 < E_{loc} < 27$
4 500	8,823E-05	-5,152E-03	3,285E-02	9,482E-01	$4 < E_{loc} < 24$
3 000	2,144E-05	-4,607E-03	2,921E-02	9,555E-01	$2 < E_{loc} < 19$
1 500	- 2,071E-03	2,704E-02	-1,245E-01	1,169E+00	$2 < E_{loc} < 12$

Эффективная масса судна, подвергшегося удару, в тоннах	Скорость = 0,66 x Vmax				диапазон
	коэффициенты				
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	
14 000	4,638E-04	-1,254E-02	2,041E-02	1,000E+00	2<E <sub>loc</sub> <17
12 000	5,377E-04	-1,427E-02	2,897E-02	9,908E-01	2<E <sub>loc</sub> <17
10 000	6,262E-04	-1,631E-02	3,849E-02	9,805E-01	2<E <sub>loc</sub> <15
8 000	7,363E-04	-1,861E-02	4,646E-02	9,729E-01	2<E <sub>loc</sub> <13
6 000	9,115E-04	-2,269E-02	6,285E-02	9,573E-01	2<E <sub>loc</sub> <12
4 500	1,071E-03	-2,705E-02	7,738E-02	9,455E-01	1<E <sub>loc</sub> <11
3 000	-1,709E-05	-1,952E-02	5,123E-02	9,682E-01	1<E <sub>loc</sub> <8
1 500	-2,479E-02	1,500E-01	-3,218E-01	1,204E+00	1<E <sub>loc</sub> <5

Эффективная масса судна, подвергшегося удару, в тоннах	Скорость = 0,5 x Vmax				диапазон
	коэффициенты				
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	
14 000	2,621E-03	-3,978E-02	3,363E-02	1,000E+00	1<E <sub>loc</sub> <10
12 000	2,947E-03	-4,404E-02	4,759E-02	9,932E-01	1<E <sub>loc</sub> <9
10 000	3,317E-03	-4,873E-02	5,843E-02	9,878E-01	2<E <sub>loc</sub> <8
8 000	3,963E-03	-5,723E-02	7,945E-02	9,739E-01	2<E <sub>loc</sub> <7
6 000	5,349E-03	-7,407E-02	1,186E-01	9,517E-01	1<E <sub>loc</sub> <6
4 500	6,303E-03	-8,713E-02	1,393E-01	9,440E-01	1<E <sub>loc</sub> <6
3 000	2,628E-03	-8,504E-02	1,447E-01	9,408E-01	1<E <sub>loc</sub> <5
1 500	-1,566E-01	5,419E-01	-6,348E-01	1,209E+00	1<E <sub>loc</sub> <3

Эффективная масса судна, подвергшегося удару, в тоннах	Скорость = 0,3 x Vmax				диапазон
	коэффициенты				
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	
14 000	5,628E-02	-3,081E-01	1,036E-01	9,991E-01	1<E <sub>loc</sub> <3
12 000	5,997E-02	-3,212E-01	1,029E-01	1,002E+00	1<E <sub>loc</sub> <3
10 000	7,477E-02	-3,949E-01	1,875E-01	9,816E-01	1<E <sub>loc</sub> <3
8 000	1,021E-02	-5,143E-01	2,983E-01	9,593E-01	1<E <sub>loc</sub> <2
6 000	9,145E-02	-4,814E-01	2,421E-01	9,694E-01	1<E <sub>loc</sub> <2
4 500	1,180E-01	-6,267E-01	3,542E-01	9,521E-01	1<E <sub>loc</sub> <2
3 000	7,902E-02	-7,546E-01	5,079E-01	9,218E-01	1<E <sub>loc</sub> <2
1 500	-1,031E+00	2,214E-01	1,891E-01	9,554E-01	0,5<E <sub>loc</sub> <1

Диапазон, в котором применяется эта формула, указан в колонке 6.  
 В случае, когда значение  $E_{loc}$  ниже этого диапазона, вероятность  $P_{x\%} = 1.0$ .  
 В случае, когда значение выше этого диапазона,  $P_{x\%} = 0$ .

#### 9.3.4.3.1.6 *Этап 6*

Необходимо рассчитать взвешенные вероятности разрыва грузового танка  $P_{wx\%}$  (таблица в пункте 9.3.4.3.1, колонка H) путем умножения каждой из вероятностей разрыва грузового танка  $P_{x\%}$  (таблица в пункте 9.3.4.3.1, колонка F) на весовые коэффициенты  $wf_{x\%}$ , приведенные в нижеследующей таблице.

Таблица: Весовые коэффициенты для каждой характерной скорости столкновения

			<i>весовой коэффициент</i>
<b>Сценарий I</b>	КФПВ 50%	wf50%	0,2
	КФПВ 66%	wf66%	0,5
	КФПВ 100%	wf100%	0,3
<b>Сценарий II</b>	КФПВ 30%	wf30%	0,7
	КФПВ 100%	wf100%	0,3

#### 9.3.4.3.1.7 *Этап 7*

Необходимо рассчитать все вероятности разрыва грузового танка  $P_{loc(i)}$  (таблица в пункте 9.3.4.3.1, колонка I) по результатам пункта 9.3.4.3.1.6 (этап 6) как сумму всех взвешенных вероятностей разрыва грузового танка  $P_{wx\%}$  (таблица в пункте 9.3.4.3.1, колонка H) для каждого рассматриваемого места удара.

#### 9.3.4.3.1.8 *Этап 8*

В каждом случае необходимо рассчитать все взвешенные вероятности разрыва грузового танка  $P_{wloc(i)}$  для обоих сценариев столкновения путем умножения всех вероятностей разрыва грузового танка  $P_{loc(i)}$  для каждого места удара на весовые коэффициенты  $wf_{loc(i)}$ , соответствующие данному



месту удара (см. пункт 9.3.4.3.1.3 (этап 3), и таблицу в пункте 9.3.4.3.1, колонка J).

9.3.4.3.1.9 *Этап 9*

Путем суммирования всех взвешенных вероятностей разрыва грузового танка  $P_{wloc(i)}$  необходимо рассчитать все специфичные сценарию вероятности разрыва грузового танка  $P_{scenI}$  и  $P_{scenII}$  (таблица в пункте 9.3.4.3.1, колонка L) отдельно для каждого сценария столкновения I и II.

9.3.4.3.1.10 *Этап 10*

Наконец, необходимо рассчитать взвешенное значение итоговой общей вероятности разрыва грузового танка  $P_w$  по приведенной ниже формуле (таблица в пункте 9.3.4.3.1, колонка O):

$$P_w = 0,8 \cdot P_{scenI} + 0,2 \cdot P_{scenII}$$

9.3.4.3.1.11 *Этап 11*

Итоговая общая вероятность разрыва грузового танка  $P_w$  для альтернативной конструкции обозначается как  $P_n$ . Итоговая общая вероятность разрыва грузового танка  $P_w$  для исходной конструкции обозначается как  $P_r$ .

9.3.4.3.1.12 *Этап 12*

9.3.4.3.1.12.1 Необходимо определить соотношение ( $C_n/C_r$ ) между следствием (размер повреждения)  $C_n$  разрыва грузового танка альтернативной конструкции и следствием  $C_r$  разрыва грузового танка исходной конструкции по следующей формуле:

$$C_n/C_r = V_n / V_r,$$

где  $C_n/C_r$  соотношение между следствием, связанным с альтернативной конструкцией, и следствием, связанным с исходной конструкцией,

$V_n$  максимальная вместимость самого большого грузового танка при альтернативной конструкции,

$V_r$  максимальная вместимость самого большого грузового танка при исходной конструкции.

9.3.4.3.1.12.2 Эта формула была получена для характерных грузов, перечисленных в нижеследующей таблице.

**Таблица: Характерные грузы**

	Номер ООН	Описание
Бензол	1114	Легковоспламеняющаяся жидкость Группа упаковки II Опасно для здоровья
Акрилонитрил стабилизированный, НАК	1093	Легковоспламеняющаяся жидкость Группа упаковки I Токсичная, стабилизированная
н-Гексан	1208	Легковоспламеняющаяся жидкость Группа упаковки II
Нонан	1920	Легковоспламеняющаяся жидкость Группа упаковки III
Аммиак	1005	Токсичный, коррозионный газ Сжиженный под давлением
Пропан	1978	Легковоспламеняющийся газ Сжиженный под давлением

9.3.4.3.1.12.3 Для грузовых танков вместимостью  $380 \text{ м}^3 - 1\,000 \text{ м}^3$ , содержащих легковоспламеняющиеся, токсичные и кислотные жидкости или газы, следует исходить из предположения, что увеличение эффекта находится в линейной зависимости от увеличенной вместимости танка (коэффициент пропорциональности 1,0).

9.3.4.3.1.12.4 Если вещества должны перевозиться в танкерах, проанализированных в соответствии с этой процедурой расчета, предполагающей, что фактор пропорциональности между общей вместимостью грузового танка и загрязненной площадью превышает 1,0, как предполагается в предыдущем пункте, загрязненная площадь должна определяться путем отдельного расчета. В этом случае сравнение, описываемое в

пункте 9.3.4.3.1.13 (этап 13), должно проводиться с использованием этого другого значения размера загрязненной площади.

9.3.4.3.1.13 *Этап 13*

Наконец, необходимо сравнить соотношение  $\frac{P_r}{P_n}$  между итоговой общей вероятностью разрыва грузового танка при исходной конструкции  $P_r$  и итоговой общей вероятностью разрыва грузового танка при альтернативной конструкции  $P_n$  с соотношением  $\frac{C_n}{C_r}$  между следствием, связанным с альтернативной конструкцией, и следствием, связанным с исходной конструкцией.

В случае  $\frac{C_n}{C_r} \leq \frac{P_r}{P_n}$  предоставляются данные, предусмотренные в пункте 9.3.4.1.3 для альтернативной конструкции.

**9.3.4.4** *Определение способности поглощения энергии столкновения*

9.3.4.4.1 *Общие положения*

9.3.4.4.1.1 Определение способности поглощения энергии столкновения должно производиться путем анализа методом конечных-элементов (МКЭ). Этот анализ должен проводиться с использованием принятого конечно-элементного комплекса (например, LS-DYNA<sup>5</sup>, PAM-CRASH<sup>6</sup>, ABAQUS<sup>7</sup> и т.д.), который позволяет рассматривать как геометрические эффекты, так и нелинейные воздействия на материалы. Такой комплекс должен также позволять осуществлять реалистическое моделирование разрыва.

---

<sup>5</sup> LSTC, 7374 Las Positas Rd, Livermore, CA 94551, USA Tel: +1 925 245-4500

<sup>6</sup> ESI Group, 8, Rue Christophe Colomb, 75008 Paris, France  
Tel: +33 (0)1 53 65 14 14, Fax: +33 (0)1 53 65 14 12, E-mail: info@esi-group.com

<sup>7</sup> SIMULIA, Rising Sun Mills, 166 Valley Street, Providence, RI 02909-2499 USA  
Tel: +1 401 276-4400, Fax: +1 401 276-4408, E-mail: info@simulia.com

- 9.3.4.4.1.2 Фактически используемая программа и уровень детализации расчетов должны быть согласованы признанным классификационным обществом.
- 9.3.4.4.2 *Создание моделей конечных элементов (моделей КЭ)*
- 9.3.4.4.2.1 Прежде всего, необходимо построить модели КЭ для более ударопрочной конструкции и одну модель для исходной конструкции. Каждая модель КЭ должна описывать все пластические деформации, которые могут возникнуть во всех рассматриваемых случаях столкновения. Моделируемый сектор площади грузового пространства должен быть согласован с признанным классификационным обществом.
- 9.3.4.4.2.2 На обоих концах моделируемого сектора все три поступательные степени свободы должны быть ограничены. Поскольку в большинстве случаев столкновения общий изгиб горизонтального эквивалентного бруса судна не имеет значения для оценки энергии пластической деформации, достаточно учитывать лишь полубимс судна. В этих случаях поперечные смещения по диаметральной линии (ДЛ) должны ограничиваться. После построения модели КЭ необходимо произвести пробный расчет столкновения, чтобы убедиться в том, что не произошло каких-либо пластических деформаций вблизи бортов и установленных границ. В противном случае смоделированное пространство должно быть расширено.
- 9.3.4.4.2.3 Участки конструкции, затрагиваемые во время столкновений, должны быть смоделированы достаточно детально, в то время как другие части могут быть смоделированы в более общих чертах. Мелкость в конечноэлементной сетке должна быть подходящей для точного описания локальных деформаций смятия и для реалистической демонстрации разрыва элементов.
- 9.3.4.4.2.4 Расчет начала разрыва должен основываться на критериях разрыва, подходящих для используемых элементов. Максимальный размер элемента должен составлять менее 200 мм на участках столкновения. Соотношение между более длинным и более коротким ребром элемента наружной обшивки не должно превышать 3. В случае наружной обшивки размер элемента  $L$  определяется как повышенная длина обеих сторон элемента. Соотношение между длиной элемента и толщиной элемента

должно быть больше 5. Другие значения должны быть согласованы признанным классификационным обществом.

9.3.4.4.2.5 Листовые конструкции, такие как наружная обшивка, внутренний корпус (корпус танка в случае танкеров для перевозки газов), шпангоуты, а также стрингеры, могут быть смоделированы в виде элементов наружной обшивки, а ребра жесткости - в виде балочных элементов. При моделировании должны учитываться вырезы и лазы на участках столкновения.

9.3.4.4.2.6 При расчете КЭ должен использоваться метод штрафа "узел - сегмент" для варианта контакта. Для этой цели следующие варианты должны быть включены в упомянутые комплексы:

- "contact\_automatic\_single\_surface" в LS-DYNA,
- "самовоздействие" в PAMCRASH и
- аналогичные типы контакта в других программах КЭ.

9.3.4.4.3 *Свойства материалов*

9.3.4.4.3.1 Из-за экстремального поведения материалов и конструкций при столкновении, причем как с геометрическим, так и с нелинейным воздействием на материалы, должны использоваться подлинные соотношения "напряжение - деформация":

$$\sigma = C \cdot \varepsilon^n,$$

где

$$n = \ln(1 + A_g),$$

$$C = R_m \cdot \left(\frac{e}{n}\right)^n,$$

$A_g$  = максимальная однородная деформация, связанная с предельным напряжением при растяжении  $R_m$ , и

$e$  = натуральная логарифмическая постоянная.

9.3.4.4.3.2 Значения  $A_g$  и  $R_m$  определяются путем испытаний на разрыв.

9.3.4.4.3.3 Если имеется только значение предельного напряжения при растяжении  $R_m$ , для судостроительной стали, имеющей предел текучести  $R_{eH}$  не более  $355 \text{ Н/мм}^2$ , должна использоваться следующая приближенная формула для получения значения  $A_g$  на основе известного значения  $R_m$  [ $\text{Н/мм}^2$ ]:

$$A_g = \frac{1}{0,24 + 0,01395 \cdot R_m}$$

9.3.4.4.3.4 Если при начале расчетов не имеется данных о свойствах материалов, полученных в ходе испытаний на растяжение, то вместо них должны использоваться минимальные значения  $A_g$  и  $R_m$ , указанные в правилах признанного классификационного общества. В случае судостроительной стали, имеющей предел текучести более  $355 \text{ Н/мм}^2$ , или других материалов, помимо судостроительной стали, свойства материалов должны быть согласованы с признанным классификационным обществом.

9.3.4.4.4 *Критерии разрыва*

9.3.4.4.4.1 Первый разрыв элемента при анализе МКЭ определяется значением деформации разрушения. Если рассчитанное значение деформации, например эффективной пластической деформации, основной деформации или - в случае элементов наружной обшивки - деформации в направлении толщины этого элемента, превышает определенное значение деформации разрушения, то этот элемент должен быть исключен из модели КЭ и энергия деформации этого элемента более не будет изменяться на последующих этапах расчета.

9.3.4.4.4.2 Для расчета деформации разрыва используется следующая формула:

$$\varepsilon_f(l_e) = \varepsilon_g + \varepsilon_e \cdot \frac{t}{l_e},$$

где

$\varepsilon_g$  = однородная деформация

$\varepsilon_e$  = поперечное сужение

$t$  = толщина листа

$l_e$  = длина отдельного элемента.

- 9.3.4.4.4.3 Значения однородной деформации и поперечного сужения для судостроительной стали, имеющей предел текучести  $R_{eH}$  не более 355 Н/мм<sup>2</sup>, берется из нижеследующей таблицы:

Таблица

состояния напряжения	1-D	2-D
$\epsilon_g$	0,079	0,056
$\epsilon_e$	0,76	0,54
тип элемента	решетчатая балка	наружная обшивка, лист

- 9.3.4.4.4.4 Другие значения  $\epsilon_g$  и  $\epsilon_e$ , взятые из замеров толщины в типичных случаях повреждения и в ходе экспериментов, могут использоваться по соглашению с признанным классификационным обществом.

- 9.3.4.4.4.5 Признанное классификационное общество может согласиться с другими критериями разрыва, если будут представлены доказательства, полученные в ходе соответствующих испытаний.

- 9.3.4.4.4.6 *Танкер типа G*

В случае танкера типа G критерий разрыва танка высокого давления основывается на величине, эквивалентной пластической деформации. В случае применения критерия разрыва используемое значение должно быть согласовано с признанным классификационным обществом. Значения эквивалентной пластической деформации, связанной со сжатием, не учитываются.

- 9.3.4.4.5 *Расчет способности поглощения энергии столкновения*

- 9.3.4.4.5.1 Способность поглощения энергии столкновения представляет собой сумму внутренней энергии (энергии, связанной с деформацией конструктивных элементов) и энергии трения.

Коэффициент трения  $\mu_c$  определяется как:

$$\mu_c = FD + (FS - FD) \cdot e^{-DC|v_{rel}|},$$

где FD = 0,1,

FS = 0,3,

DC = 0,01

$|v_{rel}|$  = относительная скорость трения.

Примечание: Для судостроительной стали значения устанавливаются по умолчанию.

9.3.4.4.5.2 Кривые пробойной силы, полученные в результате расчета с использованием модели КЭ, должны быть представлены признанному классификационному обществу.

9.3.4.4.5.3 *Танкер типа G*

9.3.4.4.5.3.1 Для получения суммарной способности поглощения энергии в случае танкера типа G рассчитывается энергия, поглощаемая в процессе сжатия паров при столкновении.

9.3.4.4.5.3.2 Энергия  $E$ , поглощаемая парами, рассчитывается следующим образом:

$$E = \frac{p_1 \cdot V_1 - p_0 \cdot V_0}{1 - \gamma},$$

где:

$\gamma$  1,4

(Примечание: Значение 1,4 является установленной по умолчанию величиной  $c_p/c_v$ , где, в принципе:

$c_p$  = теплоемкость при постоянном давлении [Дж/(кгК)]

$c_v$  = теплоемкость при постоянном объеме [Дж/(кгК)])

$p_0$  давление в начале сжатия [Па]

$p_1$  давление в конце сжатия [Па]

$V_0$  объем в начале сжатия [м<sup>3</sup>]

$V_1$  объем в конце сжатия [м<sup>3</sup>]



9.3.4.4.6 *Определение судна, нанесшего удар, и носа, нанесшего удар*

9.3.4.4.6.1 При расчете способности поглощения энергии столкновения используются по меньшей мере два типа формы носа судна, нанесшего удар:

- форма носа I: нос толкаемой баржи (см. пункт 9.3.4.4.8),
- форма носа II: нос судна с V-образными шпангоутами без бульба (см. пункт 9.3.4.4.8).

9.3.4.4.6.2 Поскольку в большинстве случаев столкновения нос судна, нанесшего удар, подвергается лишь незначительным деформациям по сравнению с бортовыми конструкциями судна, подвергшегося удару, нос, нанесший удар, будет определяться как жесткий. Лишь для отдельных ситуаций, когда судно, подвергшееся удару, имеет чрезвычайно прочные бортовые конструкции по сравнению с носом, нанесшим удар, и поведение конструкций судна, подвергшегося удару, испытывает влияние пластической деформации носа, нанесшего удар, последний должен рассматриваться как деформируемый. В этом случае конструкция носа, нанесшего удар, должна быть также смоделирована. Это должно быть согласовано с признанным классификационным обществом.

9.3.4.4.7 *Предположения для случаев столкновения*

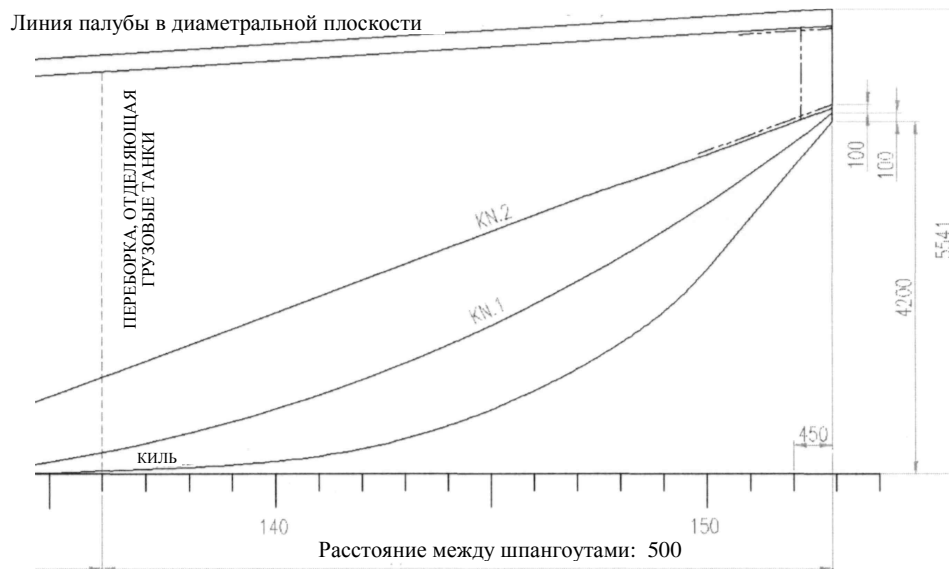
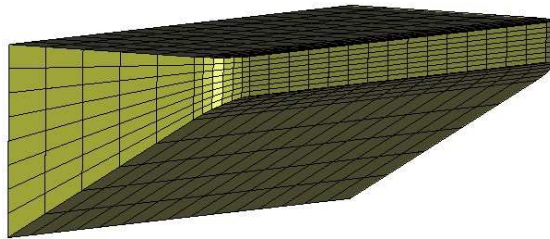
Для случаев столкновения необходимо исходить из следующих предположений:

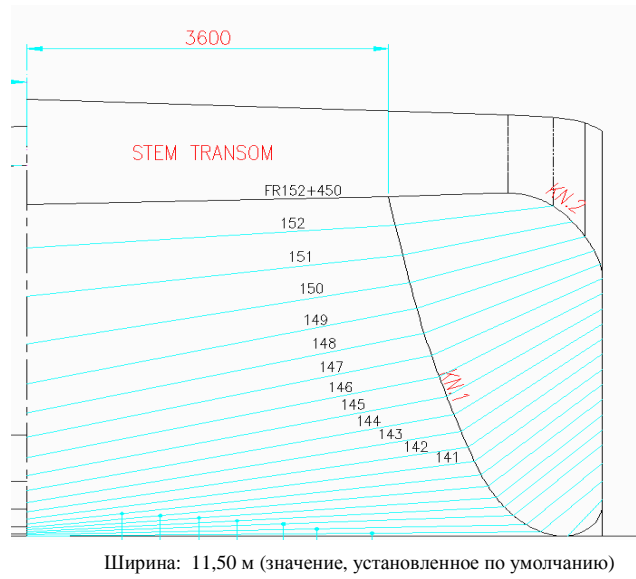
- а) угол удара между судном, нанесшим удар, и судном, подвергшимся удару, составляет  $90^\circ$  в случае носа судна с V-образными шпангоутами и  $55^\circ$  в случае носа толкаемой баржи;
- б) судно, подвергшееся удару, имеет нулевую скорость, а судно, нанесшее удар, сталкивается с бортом судна, подвергшегося удару, с постоянной скоростью 10 м/с.

Скорость столкновения 10 м/с является принятым значением, используемым в конечно-элементном анализе.

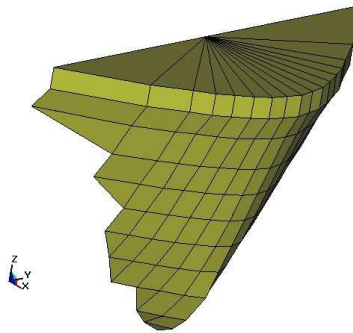
9.3.4.4.8 *Чертежи*

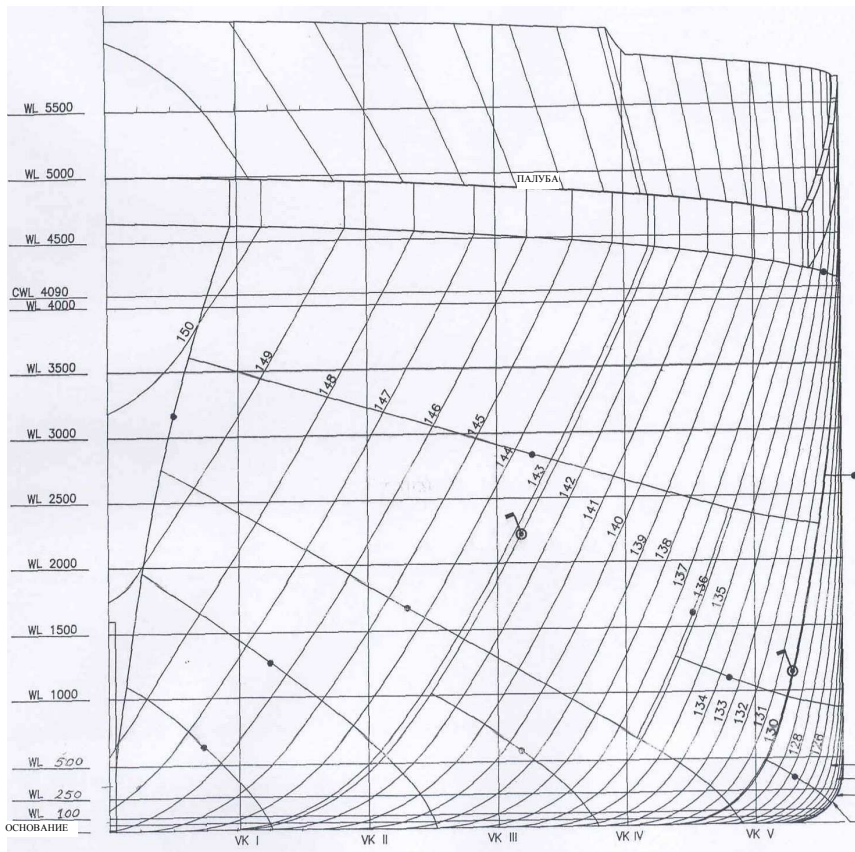
9.3.4.4.8.1 Нос толкаемой баржи





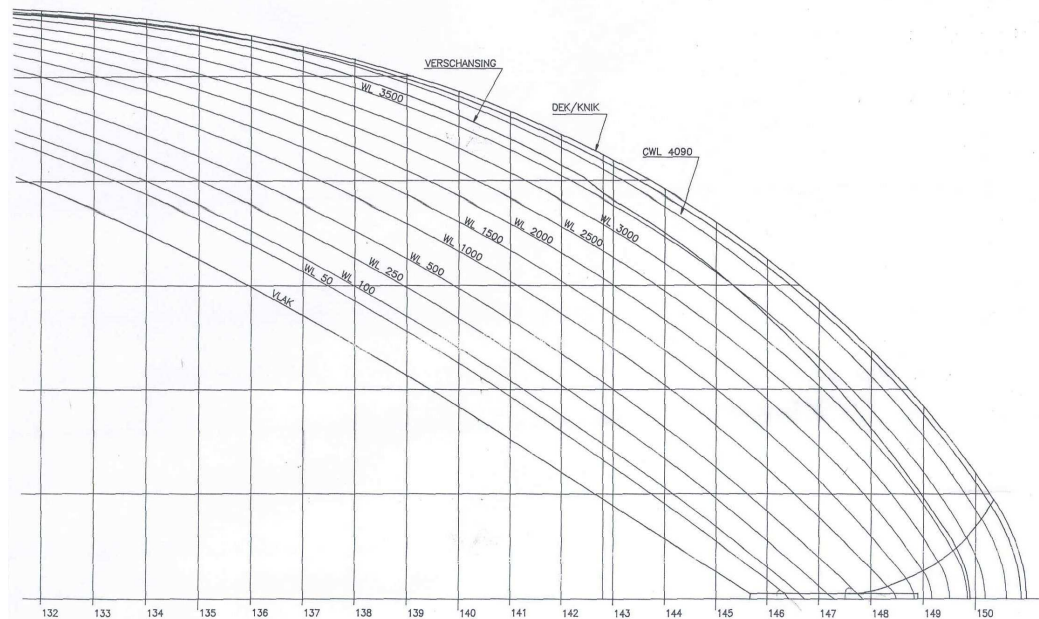
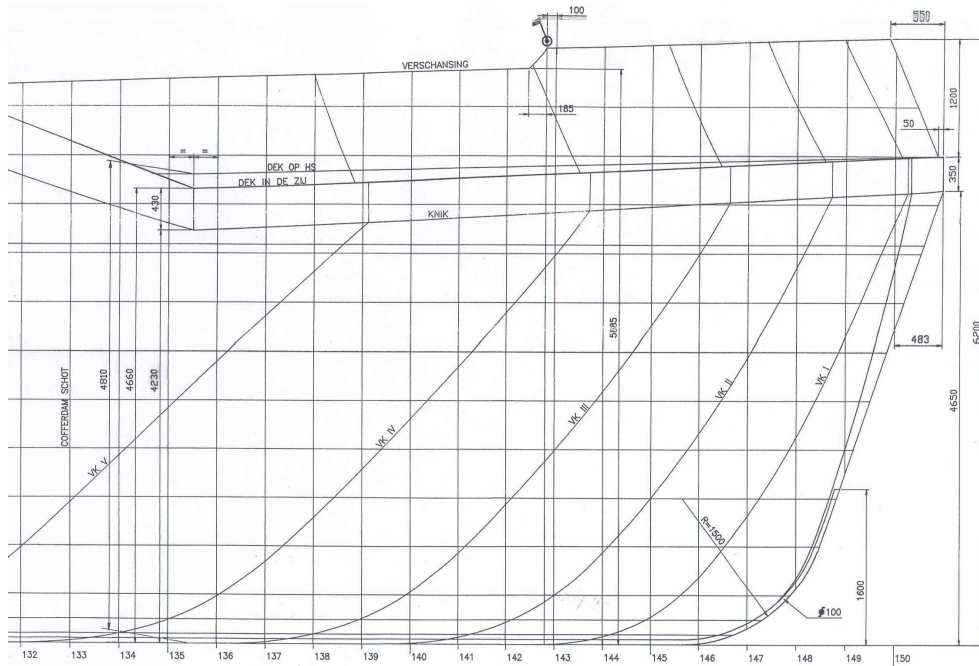
9.3.4.4.8.2 Нос судна с V-образными шпангоутами





Ширина: 11,35 м (значение, установленное по умолчанию)

Расстояние между шпангоутами:  
500 м (значение, установленное по умолчанию)



Расстояние между батоксами: 1 000 мм (значение, установленное по умолчанию)

(Заменить все рисунки таблицами)

-----