РОССИЙСКИЙ МОРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА

РУКОВОДСТВО
ПО ОЦЕНКЕ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СУДОВ

НД № 2-030101-038



Санкт-Петербург
2020

gost.e-ecolog.ru

РУКОВОДСТВО ПО ОЦЕНКЕ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СУДОВ

Руководство по оценке усталостной долговечности судов Российского морского регистра судоходства утверждено в соответствии с действующим положением и вступает в силу с 01.08.2020 г.

В Руководстве учтены рекомендации Международной ассоциации классификационных обществ (МАКО).

© Российский морской регистр судоходства, 2020

ПЕРЕЧЕНЬ ИЗМЕНЕНИЙ

(изменения сугубо редакционного характера в Перечень не включаются)

Изменений нет

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1.1.1 В тексте Руководства приняты следующие обозначения:

L — длина судна, м, определяется в соответствии с 1.1.3 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

B — ширина судна, м, определяется в соответствии с 1.1.3 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

d — осадка по летнюю грузовую ватерлинию, м, определяется в соответствии с 1.1.3 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

d_1 — расчетная осадка, м, определяется согласно информации об остойчивости для расчетного случая;

d_B — минимальная осадка на миделе, м, определяется в соответствие с 2.1.2 настоящего Руководства;

d_F — максимальная осадка на миделе, м, определяется в соответствие с 2.1.2 настоящего Руководства;

C_b — коэффициент общей полноты, определяется в соответствии с 1.1.3 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

B_w — ширина рассматриваемого сечения на уровне расчетной ватерлинии, м;

p_{st} — гидростатическое давление со стороны моря, кПа;

p_w — волновое давление со стороны моря, кПа;

p_{rst} — статическое давление со стороны груза, кПа;

p_{rw} — инерционное давление со стороны груза, кПа;

v_0 — спецификационная скорость, уз;

x — координата по длине, м, отсчитывается от кормового перпендикуляра;

y — координата по ширине, м, отсчитывается от диаметральной плоскости;

z — координата по высоте, м, отсчитывается от основной плоскости;

z_0 — координата по высоте, м, отсчитывается от летней грузовой ватерлинии;

z_1 — координата по высоте, м, отсчитывается от ватерлинии, соответствующей расчетной осадке d_1, при этом z_1 положительна для точек, расположенных выше ватерлинии;

I_z — собственный момент инерции, м^4, рассматриваемого сечения относительно нейтральной оси, параллельной основной плоскости;

I_y — собственный момент инерции, м^4, рассматриваемого сечения относительно оси, лежащей в диаметральной плоскости;

$\rho_г$ — плотность груза, т/м^3;

$\rho_ж$ — плотность жидкого груза, балласта или топлива, т/м^3;

φ_r — редукционный коэффициент, определяется в соответствии с 1.3.1.5 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

i — индекс, указывающий на отношение к одному из расчетных случаев для положения судна относительно профиля волны «*a*», «*b*», «*c*» или «*d*»;

j — индекс, указывающий на отношение к одному из случаев загрузки *B* или *F* согласно 2.1.2 настоящего Руководства;

H — высота цистерны, м, принимается как расстояние, измеренное по вертикали от дна до крышки цистерны, без учета горловин.

1.2 ОБЛАСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

1.2.1 Настоящее Руководство предназначено для оценки усталостной долговечности стальных судов длиной $150 \le L \le 350$, сварной конструкции на стадии проектирования.

1.2.2 Рекомендации настоящего Руководства относятся к конструктивным узлам стальных судов, в том числе, к выполненным с помощью сварки.

1.2.3 Оценка усталостной долговечности на стадии проектирования осуществляется с целью обеспечения требуемой продолжительности срока службы корпусных конструкций. Методика, предназначенная для этой цели, основана на использовании кривых усталости, метода суммирования усталостных повреждений и различных методах оценки напряженного состояния.

1.2.4 Цель проведения оценки усталостной долговечности состоит в предупреждении появления следующих видов повреждений:

усталостные трещины, возникающие в районе сварного шва и распространяющиеся на листовую конструкцию;

усталостные трещины, возникающие на кромках деталей.

1.3 ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ

1.3.1 Настоящее Руководство предназначено для расчета конструкций, изготовленных из стали с пределом текучести не превышающим значения 390 МПа.

1.3.2 Температура.

1.3.2.1 При расчетных температурах до 100 °С механические свойства стали принимаются как при комнатной температуре;

1.3.2.2 При расчетных температурах выше 100 °С наблюдается уменьшение усталостной долговечности с повышением температуры. IIW Fatigue Recommendations (IIW-XIII-1823-07, 2008) содержат редукционные коэффициенты для стали при температурах выше чем 100 °С и ниже чем 600 °С.

1.3.3 Принимаемые при оценке усталостной долговечности толщины конструктивных элементов корпуса не должны включать добавку на износ и коррозию.

1.3.4 Руководство описывает методику расчета усталостной долговечности для корпусных судовых конструкций, подверженных действию переменных напряжений в области упругих деформаций, вызванных воздействием волновых нагрузок, и не учитывает влияние на усталостную долговечность иных факторов, таких как операции загрузки/выгрузки, сопровождающихся возникновением пластических деформаций.

1.4 ПЕРЕЧЕНЬ ДЕТАЛЕЙ

1.4.1 Оценка усталостной долговечности выполняется для деталей, приведенных в приложении 1. Детали подразделяются на несколько групп, в зависимости от методики расчета:

узлы пересечения продольных балок основного набора с поперечными переборками, а также с флорами и другими поперечными рамными связями;

узлы, определение напряженного состояния которых осуществляется методом конечных элементов.

1.4.2 В случае, когда усталостная долговечность узлов, не перечисленных в 1.4.1, вызывает сомнения ввиду их геометрической конфигурации и/или величины возникающих в них напряжений, Регистр вправе запрашивать для них расчет усталостной долговечности.

1.5 ПРАВИЛА ЗНАКОВ

1.5.1 Правила знаков для изгибающих моментов.

.1 вертикальный изгибающий момент считается положительным в случае, если он вызывает перегиб судна (растягивающие напряжения в конструктивных элементах верхней палубы);

.2 горизонтальный изгибающий момент считается положительным во всех случаях.

1.5.2 Растягивающие напряжения считаются положительными, сжимающие напряжения — отрицательными.

1.6 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1.6.1 В настоящем Руководстве приняты следующие определения и пояснения.

Горячие точки — места в конструкции, где усталостные трещины могут возникать ввиду совокупного влияния эффектов циклического изменения номинальных напряжений и концентраторов напряжений, таких как геометрические особенности сварного шва или вырезы в конструктивном элементе (см. рис. 1.6.1).

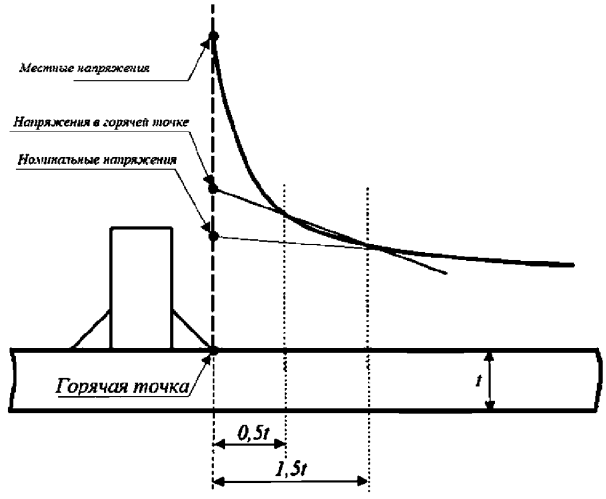


Рис. 1.6.1

Номинальное напряжение — напряжение в элементе конструкции, учитывающее только макрогеометрический эффект. Концентрация напряжений ввиду нарушения непрерывности конструкции и наличия сварных швов не учитывается.

Напряжение в горячей точке — напряжение в крайней точке сварного шва с учетом концентрации напряжений из-за нарушения непрерывности конструкции и наличия сварного шва, но без учета нелинейного пика напряжения, обусловленного наличием выемки у кромки сварного шва.

Местные напряжения — напряжение в крайней точке сварного шва с учетом нелинейного пика напряжений, обусловленного наличием выемки у кромки сварного шва.

Размах напряжений — разность между наибольшим и наименьшим напряжением, определяется для каждой из всех возможных комбинаций случаев действия нагрузок и загрузок, определяемых согласно 2.1.2.

1.7 ЧАСТИЧНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ЗАПАСА

1.7.1 Частичные коэффициенты запаса определяются согласно табл. 1.7.1.

Таблица 1.7.1

Виды неточностей	Обозначение	Значение	
		Общий	Для деталей находящихся на концах балок основного набора
Нагрузки от момента на тихой воде	γ_{s1}	1,00	1,00
Нагрузки от волнового момента	γ_{w1}	1,05	1,15
Давление на тихой воде	γ_{s2}	1,00	1,00
Волновое давление	γ_{w2}	1,10	1,20
Общий коэффициент запаса	γ_R	1,02	1,10

2 НАГРУЗКИ

2.1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1.1 Точки приложения расчетной нагрузки принимаются согласно 1.3.1.3 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов.

2.1.2 Нагрузки для оценки усталостной долговечности состоят из нагрузок, возникающих вследствие деформации судна как балки эквивалентного сечения, а также из местных давлений со стороны моря, перевозимого груза, топлива и балласта. Нагрузки определяются для каждого случая положения судна относительно профиля волны «*a*», «*b*», «*c*» и «*d*» при двух, принятых согласно информации об остойчивости, случаях загрузки, соответствующих минимальной и максимальной осадкам на миделе (величины, связанные с этими случаями, обозначаются индексами *B* и *F* соответственно).

2.1.3 Каждый из случаев положения судна относительно профиля волны «*a*», «*b*», «*c*» и «*d*» включает два расчетных случая «max» и «min» для которых давления со стороны моря и со стороны перевозимого груза, топлива и балласта, а также соответствующие нагрузки, возникающие вследствие работы судна как балки эквивалентного сечения, определяются в 2.2 и 2.3 соответственно.

2.1.4 В целях обеспечения наличия в символе класса знака подтверждения усталостной долговечности судна **FTL (years) Spectral North Atlantic** нагрузки, необходимые для расчета усталостной долговечности спектральным методом, определяются с помощью гидродинамического анализа с учетом основных характеристик судна. Информация о математической модели, методике расчета, а также промежуточные результаты расчета, такие как давления на панели при различных частотах и курсовых углах, должны быть представлены Регистру для согласования.

2.1.5 Расчетная высота волны h, м, рассчитывается по следующим формулам:

$$h = 5{,}5 - 0{,}5\left(\frac{275-L}{100}\right)^{3/2} \quad \text{при } 150 < L \le 275 \text{ м;} \qquad (2.1.5\text{-}1)$$

$$h = 5{,}5 \quad \text{при } L > 275 \text{ м.} \qquad (2.1.5\text{-}2)$$

2.2 ДАВЛЕНИЯ СО СТОРОНЫ МОРЯ, ПЕРЕВОЗИМОГО ГРУЗА, ТОПЛИВА И БАЛЛАСТА

2.2.1 Давления определяются для осадки, соответствующей рассматриваемому случаю загрузки согласно 2.1.2.

2.2.2 Давления подразделяются на гидростатические и волновые, вызванные действием моря (p_{st}, p_w) и различных типов груза, топлива и балласта ($p_{\mathrm{r}st}$, $p_{\mathrm{r}w}$) и определяются согласно 2.2.3 — 2.2.7. Суммарные давления со стороны моря p, а также от перевозимого груза, топлива и балласта p_{r} определяются по следующим формулам:

$$p = \gamma_{s2}p_{st} + \gamma_{w2}p_w; \qquad (2.2.2\text{-}1)$$

$$p_{\mathrm{r}} = \gamma_{s2}p_{\mathrm{r}st} + \gamma_{w2}p_{\mathrm{r}w}. \qquad (2.2.2\text{-}2)$$

2.2.3 Статические давления со стороны груза, топлива и балласта.

.1 статическое давление p_{rst}, кПа, на перекрытия грузовых палуб, платформ, двойного дна от штучного груза определяется по формуле:

$$p_{rst} = \rho_г g h_г, \qquad (2.2.3.1)$$

где $h_г$ – расчетная высота укладки груза, м.

.2 статическое давление p_{rst}, кПа, на конструкции, ограничивающие отсеки, предназначенные для перевозки жидких грузов, а также цистерны для балласта и топлива определяется как наибольшее из следующих расчетных давлений:

$$p_{rst} = 0{,}75\rho_ж g(z_i + \Delta z); \qquad (2.2.3.2\text{-}1)$$

$$p_{rst} = \rho_ж g z_i + p_к, \qquad (2.2.3.2\text{-}2)$$

где z_i – отстояние рассматриваемой связи от уровня палубы (крыши цистерны), измеренное в диаметральной плоскости, м;

Δz – высота воздушной трубы над палубой (крышей цистерны), м, но не менее 1,5 м для балластных цистерн сухогрузных судов и цистерн пресной воды, 2,5 м для танков наливных судов и цистерн топлива и масла; минимальные ограничения значения Δz не устанавливаются для малых расширительных и масляных цистерн вместимостью менее 3 м^3;

$p_к$ – давление, кПа, на которое отрегулирован предохранительный клапан, если он установлен, но не менее 15 кПа для балластных цистерн сухогрузных судов и цистерн пресной воды, 25 кПа для танков наливных судов и цистерн топлива и масла; минимальные ограничения значения $p_к$ не устанавливаются для малых расширительных и масляных цистерн вместимостью менее 3 м^3.

.3 статическое давление p_{rst}, кПа, на конструкции, ограничивающие трюм для навалочного груза, определяются по следующей формуле:

$$p_{rst} = \rho_г g k_г z_i, \qquad (2.2.3.3\text{-}1)$$

где $k_г = \sin^2\alpha \cdot \tan^2(45^\circ - \varphi_{в.г}/2) + \cos^2\alpha$ (2.2.3.3-2)

или

$$k_г = \cos\alpha, \qquad (2.2.3.3\text{-}3)$$

в зависимости от того, что больше;

α – угол наклона стенки к основной плоскости, град;

$\varphi_{в.г}$ – угол внутреннего трения навалочного груза, град;

z_i – отстояние по вертикали от уровня свободной поверхности груза до точки приложения нагрузки, м.

2.2.4 Определение величин нагрузок для различных случаев положения судна относительно профиля волны.

2.2.4.1 ***Положение судна относительно профиля волны «а».***

.1 гидростатическое давление со стороны моря определяется согласно 1.3.2.1 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

.2 волновые давления со стороны моря определяются согласно табл. 2.2.4.1.2-1;

Таблица 2.2.4.1.2-1

Расположение	Волновое давление p_w, кПа	
	«a-max»	«a-min»
Днище и борта ниже расчетной ватерлинии (ВЛ) $z_1 \le 0$	$\alpha^{1/4}\rho g h_1\left(1 + \frac{z_1}{2d_1}\right)$	$-\alpha^{1/4}\rho g h_1\left(1 + \frac{z_1}{2d_1}\right)$, но не менее $-\frac{\gamma_S}{\gamma_W}\rho g z_1$
Борта выше расчетной ВЛ $z_1 > 0$	$\rho g(\alpha^{1/4}h_1 - z_1)$	0
$\alpha = d_1/d$, но не больше чем 1;		

h_1 – относительное перемещение корпуса судна относительно профиля волны в случае «a», определяется согласно табл. 2.2.4.1.2-2

Таблица 2.2.4.1.2-2

Положение сечения по длине судна	h_1
$x = 0$	$0{,}7\left(\frac{4{,}35}{\sqrt{C_b}} - 3{,}25\right) h_{1M}$ при $C_b < 0{,}875$ h_{1M} при $C_b < 0{,}875$
$0 < x/L < 0{,}3$	$h_{1AE} - \frac{h_{1AE} - h_{1M}}{0{,}3} \frac{x}{L}$
$0{,}3 \le x/L \le 0{,}7$	$0{,}42\ \varphi_r c_w\ (C_b + 0{,}7)$, но не более чем меньшая из двух величин d_1 и $(D - 0{,}9d)$
$0 < x/L$	$h_{1AE} + \frac{h_{1FE} - h_{1M}}{0{,}3}\left(\frac{x}{L} - 0{,}7\right)$
$x = L$	$\left(\frac{4{,}35}{\sqrt{C_b}} - 3{,}25\right) h_{1M}$
c_w – волновой коэффициент, определяемый в зависимости от длины судна согласно 1.3.1.4 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов; h_{1AE} – значение h_1, посчитанное для $x = 0$; h_{1M} – значение h_1, посчитанное для $x/L = 0{,}5$; h_{1FE} – значение h_1, посчитанное для $x = L$	

.3 статические давления со стороны груза, топлива и балласта определяются согласно 2.2.3;

.4 инерционные давления со стороны груза не учитываются.

2.2.4.2 *Положение судна относительно профиля волны «b».*

.1 гидростатическое давление со стороны моря определяется согласно 1.3.2.1 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

.2 волновые давления со стороны моря не учитываются;

.3 статические давления со стороны груза, топлива и балласта определяются согласно 2.2.3;

.4 инерционные давления со стороны груза определяются согласно табл. 2.2.4.2.4-1. Самая высокая точка цистерны в направлении вектора полного ускорения *H* определяется как точка на границе цистерны, проекция которой на направление вектора полного ускорения расположена на наибольшем расстоянии от центра тяжести цистерны.

Компоненты вектора полного ускорения определяются согласно табл. 2.2.4.2.4-2. Вектор полного ускорения показан на рис. 2.2.4.2.4.

Таблица 2.2.4.2.4-1

Тип груза	Расчетный случай	Инерционные давления, кПа
Жидкий	«*b*-max»	$p_{rw} = \rho_r[-0{,}5a_x l - a_z z_i]$
	«*b*-min»	$p_{rw} = \rho_r[0{,}5a_x l + a_z z_i]$
	«*c*-max» «*d*-max»	$p_{rw} = \rho_r[0{,}7C_{FA}\sqrt{{a_{cy}}^2 + \left(a_{бy} + g\sin\theta\right)^2}(y - y_H) + (-0{,}7C_{FA}a_z - g)(z - z_H) - gz_i]$
	«*c*-min» «*d*-min»	$p_{rw} = \rho_r[-0{,}7C_{FA}\sqrt{{a_{cy}}^2 + \left(a_{бy} + g\sin\theta\right)^2}(y - y_H) + (0{,}7C_{FA}a_z - g)(z - z_H) - gz_i]$
Сухой	«*b*-max»	$p_{rw} = -\rho_r a_z z_i\{\sin^2\alpha\tan^2(45° - \varphi_{в.т}/2) + \cos^2\alpha\}$
	«*b*-min»	$p_{rw} = \rho_r a_z z_i\{\sin^2\alpha\tan^2(45° - \varphi_{в.т}/2) + \cos^2\alpha\}$
	«*c*-max» «*c*-min» «*d*-max» «*d*-min»	Инерционные давления допускается не учитывать. В исключительных случаях определение давлений является предметом специального рассмотрения Регистра

α – угол наклона стенки к основной плоскости, град;

$\varphi_{в.т}$ – угол внутреннего трения навалочного груза, град;

a_x, a_y, a_z – расчетные ускорения, м/с², определяется согласно 1.3.3.1 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

$a_{cy}, a_{бy}$ – расчетные ускорения, м/с², определяется согласно 1.3.3.1 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

C_{FA} – комбинационный коэффициент равный:
$C_{FA} = 0{,}7$ для случая «c»;
$C_{FA} = 1$ для случая «d»;

l – длина отсека, измеренная на середине его высоты, м;

y_H, z_H – координаты самой высокой точки цистерны в направлении вектора полного ускорения *H*, определяемой согласно табл. 2.2.4.2.4-2 и рис. 2.2.4.2.4;

z_i – отстояние по вертикали до точки приложения нагрузки, м:
для сухого груза – от уровня свободной поверхности груза;
для жидкого груза, топлива или балласта – от уровня палубы (крыши цистерны), измеренное в диаметральной плоскости

Таблица 2.2.4.2.4-2

Компоненты ускорения (при отрицательном угле качки)		Угол между вектором полного ускорения и вертикалью Θ, рад.
a_{Ty}, м/с^2	a_{Tz}, м/с^2	$\operatorname{arctg}\frac{a_{Ty}}{a_{Tz}}$
$0{,}7C_{FA}\sqrt{{a_{cy}}^2 + (a_{by} + g\sin\theta)^2}$	$-0{,}7C_{FA}a_z - g$	

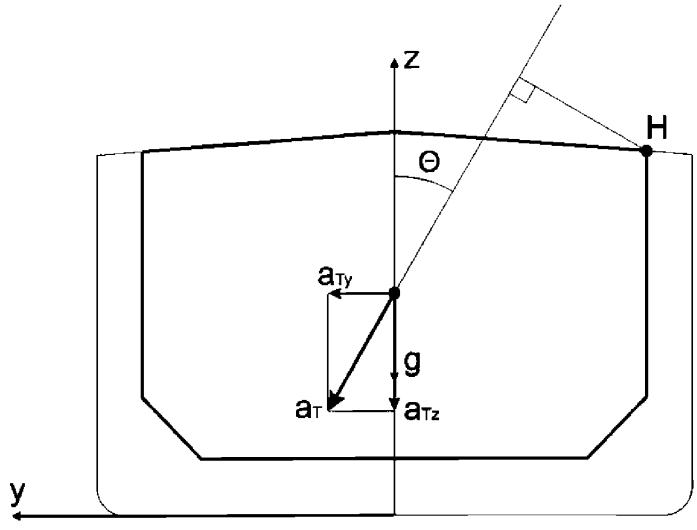


Рис. 2.2.4.2.4

2.2.4.3 *Положение судна относительно профиля волны «c».*

.1 гидростатическое давление со стороны моря определяется согласно 1.3.2.1 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

.2 волновые давления со стороны моря определяются согласно табл. 2.2.4.3.2;

.3 статические давления со стороны груза, топлива и балласта определяются согласно 2.2.3;

.4 инерционные давления со стороны груза определяются согласно табл. 2.2.4.2.4-1.

2.2.4.4 *Положение судна относительно профиля волны «d».*

.1 гидростатическое давление со стороны моря определяется согласно 1.3.2.1 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;

.2 волновые давления со стороны моря определяются согласно табл. 2.2.4.3.2;

.3 статические давления со стороны груза, топлива и балласта определяются согласно 2.2.3;

.4 инерционные давления со стороны груза определяются согласно табл. 2.2.4.2.4-1.

Таблица 2.2.4.3.2

Расположение		Волновое давление p_w, кПа	
		«*c*-max»/«*d*-max»	«*c*-min»/«*d*-min»
Днище и борта ниже расчетной ВЛ $z_1 \le 0$	$y \ge 0$	$C_{F2}\alpha^{1/4}\rho g h_2 \frac{\lvert y\rvert}{B_w}\left(2+\frac{z_1}{d_1}\right)$	$-C_{F2}\alpha^{1/4}\rho g h_2 \frac{\lvert y\rvert}{B_w}\left(2+\frac{z_1}{d_1}\right)$, но не менее $-\frac{\gamma_s}{\gamma_w}\rho g z_1$
	$y < 0$	$-C_{F2}\alpha^{1/4}\rho g h_2 \frac{\lvert y\rvert}{B_w}\left(2+\frac{z_1}{d_1}\right)$, но не менее $-\frac{\gamma_s}{\gamma_w}\rho g z_1$	$C_{F2}\alpha^{1/4}\rho g h_2 \frac{\lvert y\rvert}{B_w}\left(2+\frac{z_1}{d_1}\right)$
Борта выше расчетной ВЛ $z_1 > 0$	$y \ge 0$	$\rho g\left[2C_{F2}\alpha^{1/4}h_2\frac{\lvert y\rvert}{B_w}-z_1\right]$	0
	$y < 0$	0	$\rho g\left[2C_{F2}\alpha^{1/4}h_2\frac{\lvert y\rvert}{B_w}-z_1\right]$

$\alpha = d_1/d$, но не больше чем 1;
$\frac{|y|}{B_w}$ должно приниматься не больше 0,5;
C_{F2} – комбинационный коэффициент равный:
$C_{F2} = 1$ для случая «*c*»;
$C_{F2} = 0{,}5$ для случая «*d*»;
h_2 – относительное перемещение корпуса судна относительно профиля волны в случаях «*c*» и «*d*» определяется по следующей формуле:

$$h_2 = 0{,}5h_1 + \theta\frac{B_w}{2},$$

где θ – угол крена при бортовой качке, рад, определяется согласно формуле (1.3.3.1-5) части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов;
h_1 – относительное перемещение корпуса судна относительно профиля волны в случае «a», определяется согласно табл. 2.2.4.1.2-2,
при этом h_2 принимается не более чем меньшая из двух величин d_1 и $(D - 0{,}9d)$

2.3 НАГРУЗКИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ВСЛЕДСТВИЕ РАБОТЫ СУДНА КАК БАЛКИ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЕЧЕНИЯ

2.3.1 **Вертикальный изгибающий момент на тихой воде M_{sw}, кН·м определяется согласно информации об остойчивости для расчетного случая загрузки.**

2.3.2 **Волновые изгибающие моменты, действующие в вертикальной плоскости и вызывающие прогиб $M_{w,s}$, кН·м и перегиб $M_{w,h}$, кН·м судна, определяются согласно 1.4.4 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов.**

2.3.3 **Волновой изгибающий момент, действующий в горизонтальной плоскости M_h, кН·м рассчитывается по следующей формуле:**

$$M_h = \psi_0\varphi_r h_0 k_0 B L^2 \varphi_{xh}, \qquad (2.3.3\text{-}1)$$

где $k_0 = 0{,}9C_b\left(1-\frac{4d_1}{L}\right)d_1/B;$ (2.3.3-2)

$\varphi_{xh} = \sin^2\left(\pi x/L\right);$ (2.3.3-3)

$\psi_0 = (0{,}895 - 0{,}5L\cdot 10^{-3})(1/2\cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right)+3/2);$ (2.3.3-4)

$h_0 = 0{,}5\left(1+\frac{0{,}15L}{100}\right)h,$ (2.3.3-5)

где h – расчетная высота волны определяется согласно 2.1.5.

3 НАПРЯЖЕНИЯ

3.1 НАПРЯЖЕНИЯ, ВЫЗВАННЫЕ МЕСТНЫМИ ДАВЛЕНИЯМИ

3.1.1 Напряжения, вызванные местными давлениями, определяются для каждого расчетного случая для положения судна относительно профиля волны «*a*-max», «*a*-min», «*b*-max», «*b*-min», «*c*-max», «*c*-min», «*d*-max» и «*d*-min» и каждого случая загрузки *B* и *F* по следующей формуле:

$$\sigma_l = \frac{(p-p_r)al^2 10^3}{12W'}, \qquad (3.1.1)$$

где W' – момент сопротивления рассматриваемой балки с учетом присоединенного пояска и без учета добавки на износ и коррозию, см^3;

a – ширина присоединенного пояска, определяемая согласно 1.6.3.3 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов, м;

l – длина пролета рассматриваемой балки, определяемая согласно 1.6.3.1 части II «Корпус» Правил классификации и постройки морских судов, м.

3.2 НАПРЯЖЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ВСЛЕДСТВИЕ РАБОТЫ СУДНА КАК БАЛКИ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СЕЧЕНИЯ

3.2.1 Напряжения, вызванные действием вертикального изгибающего момента на тихой воде, МПа, определяются по следующей формуле:

$$\sigma_{sw} = \frac{M_{sw}}{I_y} z_1 10^{-3}, \qquad (3.2.1)$$

где M_{sw} – вертикальный изгибающий момент на тихой воде согласно 2.3.1, кН·м.

3.2.2 Суммарные напряжения, возникающие вследствие работы судна как балки эквивалентного сечения для конструктивных элементов, вовлеченных в общий изгиб, определяются по следующей формуле:

$$\sigma_h = \gamma_{s1}\sigma_{sw} + \gamma_{w1}(C_{FV}\sigma_{wv} + C_{FH}\sigma_{wh}), \qquad (3.2.2)$$

где σ_{sw} – напряжения, возникающие вследствие действия вертикального изгибающего момента на тихой воде, определяется согласно 3.2.1;

σ_{wv}, σ_{wh} – напряжения, возникающие вследствие действия волновых изгибающих моментов, действующих в вертикальной и горизонтальной плоскостях соответственно, определяются согласно табл. 3.2.2-1;

C_{FV}, C_{FH} – комбинационные коэффициенты, зависящие от случая положения судна относительно профиля волны, определяются в соответствии с табл. 3.2.2-2.

Для конструктивных элементов, не вовлеченных в общий изгиб судна $\sigma_h = 0$.

Таблица 3.2.2-1

Расчетные случаи	σ_{wv}, мПа	σ_{wh}, мПа
«*a*-max»	$0{,}625\frac{M_{w,h}}{I_y}z_1 10^{-3}$	0
«*a*-min»	$0{,}625\frac{M_{w,s}}{I_y}z_1 10^{-3}$	0
«*b*-max» «*b*-min»	0	0
«*c*-max» «*d*-max»	0	$\frac{M_h}{I_z}y10^{-3}$
«*c*-min» «*d*-min»	0	$\frac{M_h}{I_z}y10^{-3}$

Таблица 3.2.2-2

Случай положения судна относительно профиля волны	C_{FV}	C_{FH}
«*a*»	1	0
«*b*»	1	0
«*c*»	0,4	1
«*d*»	0,4	1

3.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМАХА НАПРЯЖЕНИЙ

3.3.1 Размах напряжений в горячих точках.

3.3.1.1 Размах напряжений в горячих точках для узлов пересечения продольных балок основного набора с поперечными переборками, а также с поперечными рамными связями определяется для каждого из расчетных случаев для положений судна относительно профиля волны «*a*», «*b*», «*c*» и «*d*», размах напряжений в горячих точках $\Delta\sigma_{G,ij}$, мПа, определяется по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{G,ij} = \left|\sigma_{G,i-\max} - \sigma_{G,i-\min}\right| + K_L\Delta\sigma_{DEF,ij}, \qquad (3.3.1.1\text{-}1)$$

где $\sigma_{G,i-\max} = K_N(K_H\sigma_h + K_L K_S\sigma_l)_{i-\max}$; (3.3.1.1-2)

$\sigma_{G,i-\min} = K_N(K_H\sigma_h + K_L K_S\sigma_l)_{i-\min}$; (3.3.1.1-3)

$\Delta\sigma_{DEF,ij}$ – напряжения, мПа, возникающие вследствие перемещений опорных сечений балок основного набора, определяется по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{DEF,ij} = \frac{4(\Delta\delta)EI}{W'l^2}10^{-5}, \qquad (3.3.1.1\text{-}4)$$

где $\Delta\delta$ – диапазон локальных перемещений, мм, определяется с помощью метода конечных элементов по результатам расчета для случаев $i-\max$ и $i-\min$;

σ_h – напряжения, мПа, возникающие вследствие работы судна как балки эквивалентного сечения, определяются согласно 3.2.2;

σ_l – напряжения, вызванные местными давлениями, мПа, определяются согласно 3.1.1;

I – момент инерции, мм^4, определяется относительно оси, параллельной основной плоскости с учетом присоединенного пояска;

K_N – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации в Северной Атлантике, принимается $K_N = 1$;

K_S – коэффициент, учитывающий геометрию профиля, определяется по формуле, но не менее 1;

$$K_S = 1 + \left[\frac{t_f(a^2-b^2)}{2W_B}\right]\left[1 - \frac{b}{a+b}\left(1 + \frac{W_B}{W_A}\right)\right]10^{-3}, \qquad (3.3.1.1\text{-}5)$$

где a, b – эксцентриситеты профиля, мм, определяемые согласно рис. 3.3.1.1, при этом для балок полособульбового сечения принимаются размеры эквивалентного углового профиля как определено ниже с $a = 0{,}75b_f$, $b = 0{,}25b_f$:

при использовании полособульбов европейских стандартов HP (DIN) для определения высоты стенки h_w, толщины стенки t_w ширины свободного пояска b_f и толщины свободного пояска t_f эквивалентного уголка применяются следующие формулы:

$$h_w = h'_w - \frac{h'_w}{9{,}2} + 2;$$
$$b_f = \varphi_1(t'_w + \frac{h'_w}{6{,}7} - 2);$$
$$t_f = \frac{h'_w}{9{,}2} - 2;$$
$$t_w = t'_w,$$

где $\varphi_1 = 1{,}1 + \frac{(120-h'_w)^2}{3000}$ при $h'_w \le 120$;
$\varphi_1 = 1$ при $h'_w > 120$;

при использовании полособульбов отечественного стандарта ГОСТ 21937-76:

$$h_w = h'_w - t_f;$$
$$t_f = \frac{h'_w \alpha_1}{9{,}8} + 3{,}4\beta_1;$$
$$b_f = t'_w + \frac{h'_w \alpha_2}{8{,}1} + 5{,}6\beta_2;$$
$$t_w = t'_w,$$

где коэффициенты $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ принимаются согласно табл. 3.3.1.1;

W_A, W_B – моменты сопротивления сечения без присоединенного пояска, см^3, относительного его нейтральной оси, параллельной оси стенки балки, посчитанные для точек A и B соответственно.

Таблица 3.3.1.1

Профили по ГОСТ 21937-76	α_1	β_1	α_2	β_2
Профили с $h'_w < 120$	1,23	0,66	1,07	0,77
Профили типа «а»	1,00	1,00	1,00	1,00
Профили типа «б»	0,90	1,66	1,04	0,79

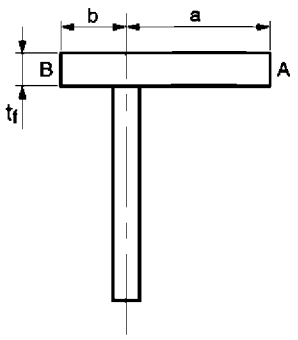


Рис. 3.3.1.1

3.3.1.2 Размах напряжений в горячих точках для узлов, определение напряженного состояния которых осуществляется методом конечных элементов, рассчитывается следующим образом:

.1 размах номинальных напряжений в горячих точках определяется с помощью метода конечных элементов по результатам расчета для случаев $i - \max$ и $i - \min$ для каждого из случаев загрузки *j* отдельно по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{n,ij} = \left|\sigma_{n,ij-\max} - \sigma_{n,ij-\min}\right|, \qquad (3.3.1.2.1)$$

где $\sigma_{n,ij-\max}, \sigma_{n,ij-\min}$ – максимальное и минимальное значение номинальных напряжений, мПа, определенные по результатам расчета методом конечных элементов модели загруженной для случаев $i - \max$ и $i - \min$ соответственно. Направление номинальных напряжений для соответствующих деталей указано в приложении 2;

.2 формулы для определения размаха напряжений в горячих точках приведены в приложении 2 в соответствующих таблицах для каждого конструктивного узла. В случае, если формулы для расчета размаха напряжений в горячих точках в приложении 2 отсутствуют, размах напряжений в горячих точках определяется по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{G,ij} = K_S \Delta\sigma_{n,ij}, \qquad (3.3.1.2.2)$$

где K_S – коэффициент концентрации напряжений, указан для соответствующих деталей в приложении 2;

$\Delta\sigma_{n,ij}$ – размах номинальных напряжений в горячих точках, мПа, определяется согласно 3.3.1.2.1;

.3 размеры конечно-элементной модели, а также граничные условия должны обеспечивать учет нагрузок от работы судна как балки эквивалентного сечения. Размеры конечных элементов и качество сетки должны обеспечивать учет макрогеометрических эффектов и стабильность счета. Допускается получение размахов напряжений в горячих точках непосредственно по результатам расчета модели, позволяющей учесть увеличение напряжений, вызванное нарушением непрерывности конструкции и наличием сварного шва;

.4 в Регистр должен быть предоставлен документ, содержащий информацию о расчете методом конечных элементов. Такой документ должен включать в себя информацию об исходных данных, нагрузках, граничных условиях, методике расчета, а также полученные результаты.

3.3.2 Размах местных напряжений $\Delta\sigma_{N,ij}$, мПа, для каждого из расчетных случаев для положения судна относительно профиля волны «*a*», «*b*», «*c*» и «*d*» определяется по следующей формуле:

$$\Delta\sigma_{N,ij} = K_{C,ij} \Delta\sigma_{N0,ij}, \qquad (3.3.2\text{-}1)$$

где $\Delta\sigma_{N0,ij} = 0{,}7 K_F \Delta\sigma_{G,ij}, \qquad (3.3.2\text{-}2)$

где $\Delta\sigma_{G,ij}$ – размах напряжений в горячих точках, мПа, определяется:
для узлов пересечения продольных балок основного набора с поперечными переборками, а также с флорами и другими поперечными рамными связями согласно 3.3.1.1;
для узлов, определение напряженного состояния которых осуществляется методом конечных элементов согласно 3.3.1.2;

K_F – коэффициент, рассчитываемый по следующей формуле:

$$K_F = \lambda \sqrt{\frac{\theta}{30}}, \qquad (3.3.2\text{-}3)$$

для кромок деталей, полученных газопламенной резкой, K_F может приниматься по табл. 3.3.2-2 в зависимости от качества резки, последующей обработки и контроля качества;

λ – коэффициент, зависящий от типа сварного шва, определяется по табл. 3.3.2-1;

θ – угол катета сварного шва, град, минимум 30°. В случае если не определено иное, принимается:
$\theta = 30°$ – для стыковых соединений;
$\theta = 45°$ – для Т-образных или крестообразных соединений;

$K_{C,ij} = \frac{0{,}4\, R_{eH}}{\Delta\sigma_{N0,ij}} + 0{,}6$ при этом $0{,}8 \le K_{C,ij} \le 1$.

Таблица 3.3.2-1

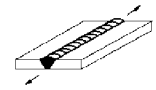
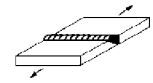
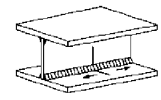
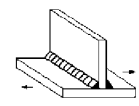
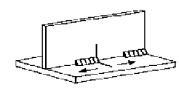
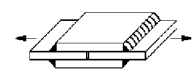
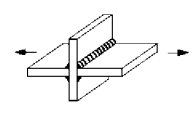
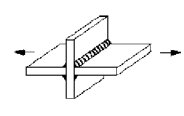
Конфигурация сварного шва				Коэффициент λ	Обработка сварного шва
Тип	Описание	Направление напряжений	Рисунок		
Стыковой шов		Параллельно сварному шву		2,10	Да
		Перпендикулярно сварному шву		2,40	Да
Угловой шов	Непрерывный	Параллельно сварному шву		1,80	Да
		Перпендикулярно сварному шву*		2,15	Да
	С замкнутыми концами	Перпендикулярно сварному шву		2,15	Да
	Прерывистый	Параллельно сварному шву		2,90	Да
	Внахлестку	Перпендикулярно сварному шву		4,50	Нет
Крестовое соединение	Полный провар	Перпендикулярно сварному шву		2,10	Да
	Частичный провар	Перпендикулярно сварному шву		Трещина у подошвы 2,10	Да
				Трещина у корня 4,50	Нет
*коэффициент также применим при расчете усталостной долговечности балок основного набора					

Таблица 3.3.2-2

Описание свойств свариваемых кромок	K_F
Автоматическая резка газом, с последовательной обработкой и шлифовкой	1,4
Автоматическая термическая резка, с удалением углов и проверкой на отсутствие трещин	1,6
Ручная термическая резка, без трещин и крупных неровностей	2,0
Ручная термическая резка, без контроля и с неровностями не глубже чем 0,5 мм	2,5

4 УСТАЛОСТНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

4.1 ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ УСТАЛОСТНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

4.1.1 Элементарные усталостные повреждения определяются по следующей формуле:

$$D_{ij} = \frac{N_t}{K_p}\frac{(\Delta\sigma_{N0,ij})^3}{(-\ln p_R)^{3/\xi}}\mu_{ij}\Gamma_C\left[\frac{3}{\xi}+1\right], \qquad (4.1.1\text{-}1)$$

где $\Delta\sigma_{N0,ij}$ – размах местных напряжений, мПа, определяемый согласно 3.3.2;

$$\mu_{ij} = 1 - \frac{\Gamma_N\left[\frac{3}{\xi}+1,v_{ij}\right]-\Gamma_N\left[\frac{5}{\xi}+1,v_{ij}\right]v_{ij}^{-2/\xi}}{\Gamma_C\left[\frac{3}{\xi}+1\right]}; \qquad (4.1.1\text{-}2)$$

$$\xi = \xi_0\left(1{,}04 - 0{,}14\frac{|z_1|}{D-d_1}\right), \qquad \text{но не менее чем } 0{,}9\xi_0; \qquad (4.1.1\text{-}3)$$

$$\xi_0 = \frac{73-0{,}07L}{60}, \qquad \text{но не менее чем } 0{,}85; \qquad (4.1.1\text{-}4)$$

$$v_{ij} = -\left(\frac{S_q}{\Delta\sigma_{N0,ij}}\right)^{\xi} ln\, p_R; \qquad (4.1.1\text{-}5)$$

$$S_q = (K_p 10^{-7})^{1/3}; \qquad (4.1.1\text{-}6)$$

$$K_p = 5{,}802\left(\frac{22}{t}\right)^{0{,}9} 10^{12}, \qquad (4.1.1\text{-}7)$$

где t – толщина, мм, рассматриваемого конструктивного элемента согласно 1.3.3, но не менее чем 22 мм;
$N_t = \frac{31{,}55\alpha_0}{4\log L}10^6$ – среднегодовое количество циклов;
α_0 – коэффициент мореходности, принимается равным 0,85;
$p_R = 10^{-5}$;
$\Gamma_N[X+1,v_{ij}]$ – неполная гамма-функция, определяется при $X = 3/\xi$ или $X = 5/\xi$, и равна:
$\Gamma_N[X+1,v_{ij}] = \int_0^{v_{ij}} t^X e^{-t}dt$;
$\Gamma_C[X+1]$ – полная гамма-функция, определяется при $X = 3/\xi$ и равна:
$\Gamma_C[X+1] = \int_0^{\infty} t^X e^{-t}dt$.

Допускается определять $\Gamma_N[X+1,v_{ij}]$ по табл. 4.1.1-1. Для промежуточных значений X и v_{ij} определение Γ_N осуществляется линейной интерполяцией.

Допускается определять $\Gamma_C[X+1]$ по табл. 4.1.1-2. Для промежуточных значений X определение Γ_C осуществляется линейной интерполяцией.

4.2 СУММАРНЫЕ УСТАЛОСТНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

4.2.1 **Суммарные усталостные повреждения для судна при загрузке, соответствующей максимальной осадке на миделе *F*, определяются как:**

$$D_F = \frac{1}{6}D_{aF} + \frac{1}{6}D_{bF} + \frac{1}{3}D_{cF} + \frac{1}{3}D_{dF}, \qquad (4.2.1)$$

где $D_{aF}, D_{bF}, D_{cF}, D_{dF}$ – элементарные усталостные повреждения для расчетных случаев для положения судна относительно профиля волны «*a*», «*b*», «*c*» и «*d*» соответственно, в случае загрузки, соответствующем максимальной осадке на миделе согласно 2.1.2.

4.2.2 Суммарные усталостные повреждения для судна при загрузке, соответствующей минимальной осадке на миделе *B*, определяются как:

$$D_B = \frac{1}{3}D_{aB} + \frac{1}{3}D_{bB} + \frac{1}{3}D_{cB}, \qquad (4.2.2)$$

где D_{aB}, D_{bB}, D_{cB} – элементарные усталостные повреждения для расчетных случаев для положения судна относительно профиля волны «*a*», «*b*» и «*c*», соответственно, в случае загрузки, соответствующем минимальной осадке на миделе согласно 2.1.2.

Таблица 4.1.1-1

X	v_{ij}									
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
2,5	0,38	0,73	1,13	1,53	1,90	2,22	2,48	2,70	2,86	2,99
2,6	0,38	0,75	1,19	1,63	2,04	2,41	2,71	2,96	3,16	3,31
2,7	0,39	0,78	1,25	1,73	2,20	2,62	2,97	3,26	3,49	3,67
2,8	0,39	0,80	1,31	1,85	2,38	2,85	3,26	3,60	3,87	4,09
2,9	0,39	0,83	1,38	1,98	2,57	3,11	3,58	3,98	4,30	4,56
3,0	0,39	0,86	1,45	2,12	2,78	3,40	3,95	4,41	4,79	5,09
3,1	0,40	0,89	1,54	2,27	3,01	3,72	4,35	4,89	5,34	5,70
3,2	0,40	0,92	1,62	2,43	3,27	4,08	4,81	5,44	5,97	6,40
3,3	0,41	0,95	1,72	2,61	3,56	4,48	5,32	6,06	6,68	7,20
3,4	0,41	0,99	1,82	2,81	3,87	4,92	5,90	6,76	7,50	8,11
3,5	0,42	1,03	1,93	3,03	4,22	5,42	6,55	7,55	8,42	9,15
3,6	0,42	1,07	2,04	3,26	4,60	5,97	7,27	8,45	9,48	10,34
3,7	0,43	1,12	2,17	3,52	5,03	6,59	8,09	9,47	10,68	11,71
3,8	0,43	1,16	2,31	3,80	5,50	7,28	9,02	10,63	12,06	13,28
3,9	0,44	1,21	2,45	4,10	6,02	8,05	10,06	11,94	13,63	15,09
4,0	0,45	1,26	2,61	4,43	6,59	8,91	11,23	13,43	15,42	17,16
4,1	0,45	1,32	2,78	4,80	7,22	9,87	12,55	15,12	17,47	19,54
4,2	0,46	1,38	2,96	5,20	7,93	10,95	14,05	17,05	19,82	22,29
4,3	0,47	1,44	3,16	5,63	8,70	12,15	15,73	19,24	22,51	25,45
4,4	0,48	1,51	3,37	6,11	9,56	13,50	17,64	21,74	25,60	29,10
4,5	0,49	1,57	3,60	6,63	10,52	15,01	19,79	24,58	29,14	33,31
4,6	0,49	1,65	3,85	7,20	11,57	16,70	22,23	27,82	33,20	38,17
4,7	0,50	1,73	4,12	7,82	12,75	18,59	24,98	31,53	37,88	43,49
4,8	0,52	1,81	4,40	8,50	14,04	20,72	28,11	35,75	43,25	50,29
4,9	0,52	1,90	4,71	9,25	15,49	23,11	31,64	40,57	49,42	57,81
5,0	0,53	1,99	5,04	10,07	17,09	25,78	35,65	46,08	56,53	66,52
5,1	0,55	2,09	5,40	10,97	18,86	28,79	40,19	52,39	64,71	76,61
5,2	0,56	2,19	5,79	11,95	20,84	32,17	45,34	59,60	74,15	88,32
5,3	0,57	2,30	6,21	13,03	21,03	35,96	51,19	67,85	85,02	101,9
5,4	0,58	2,41	6,66	14,21	25,46	40,23	57,83	77,29	97,56	117,7
5,5	0,59	2,54	7,14	15,50	28,17	45,03	65,37	88,11	112,0	136,0
5,6	0,61	2,67	7,67	16,92	31,18	50,42	73,93	100,5	128,8	157,3
5,7	0,62	2,80	8,23	18,48	34,53	56,49	83,66	114,7	148,1	182,0
5,8	0,64	2,95	8,84	20,19	32,25	63,33	94,72	131,0	170,4	210,9
5,9	0,65	3,10	9,50	22,07	42,39	71,02	107,3	149,8	196,2	244,4
6,0	0,67	3,26	10,21	41,13	47,00	79,69	121,6	171,2	226,1	283,5
6,1	0,68	3,44	10,98	26,39	52,14	89,45	138,0	195,9	260,6	329,0
6,2	0,70	3,62	11,82	28,87	57,86	100,5	156,5	224,2	300,6	382,1
6,3	0,72	3,81	12,71	31,60	64,24	112,9	177,7	256,8	347,0	444,0
6,4	0,73	4,02	13,68	34,60	71,34	126,9	210,7	294,3	400,7	516,3
6,5	0,75	4,23	14,73	37,90	79,25	142,6	229,2	337,3	463,0	600,6
6,6	0,77	4,46	15,87	41,52	88,07	160,4	260,5	386,9	535,2	699,2

Таблица 4.1.1-2

X	$\Gamma_C[X+1]$	X	$\Gamma_C[X+1]$
2,5	3,332	3,3	8,855
2,6	3,717	3,4	10,136
2,7	4,171	3,5	11,632
2,8	4,694	3,6	13,381
2,9	5,299	3,7	15,431
3,0	6,000	3,8	17,838
3,1	6,813	3,9	20,667
3,2	7,757	4,0	24,000

5 РАСЧЕТНЫЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1 ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТНОГО ПЕРИОДА ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1.1 Продолжительность расчетного периода эксплуатации определяется по следующей формуле:

$$T_{FL} \leq \frac{1}{\gamma_R K_C(\alpha D_F + (1-\alpha) D_B)}, \qquad (5.1.1)$$

где γ_R – общий коэффициент запаса согласно 1.7;
K_C – коэффициент, учитывающий влияние коррозии, принимается:
$K_C = 1{,}5$ – для грузовых танков, предназначенных для перевозки нефти;
$K_C = 1{,}1$ – для балластных танков, с защитой от коррозии;
$K_C = 1$ – в других случаях;
α – расчетная продолжительность эксплуатации судна при загрузке, соответствующей максимальной осадке, принимается согласно табл. 5.1.1;
D_F – суммарные усталостные повреждения для судна при загрузке, соответствующей максимальной осадке на миделе, определяются согласно 4.2.1;
D_B – суммарные усталостные повреждения для судна при загрузке, соответствующей минимальной осадке на миделе, определяются согласно 4.2.2.

Таблица 5.1.1

Словесные характеристики в символе класса	α
Oil tanker **Gas carrier** **Oil/bulk carrier** **Oil/bulk/ore carrier** **Ore carrier** **Self-unloading bulk carrier** **Tanker** **Bulk carrier** **Chemical tanker**	0,6
Другие	0,75

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПЕРЕЧЕНЬ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Таблица 1

Все суда с продольной системой набора борта

Номер района	Описание района	Описание детали	Ссылка на детали
1	Район борта: вдоль судна между ахтерпиком и таранной переборкой; по вертикали между $0{,}7d_B$ и $1{,}15d_F$	Соединения бортовых балок основного набора с ребрами жесткости поперечных рамных связей	Приложение 2, табл. 1 — 7

Таблица 2

Наливные суда и химовозы

Номер района	Описание района	Описание детали	Ссылка на детали
1	Район борта: вдоль судна между ахтерпиком и таранной переборкой; по вертикали между $0{,}7d_B$ и $1{,}15d_F$	Соединения бортовых балок основного набора с ребрами жесткости поперечных рамных связей	Приложение 2, табл. 1 — 7
2	Часть внутреннего борта и продольной переборки в грузовом районе по вертикали выше половины высоты, где ширина танка превышает $0{,}55B$	Соединения балок основного набора внутреннего борта или продольной переборки с ребрами жесткости поперечных рамных связей	Приложение 2, табл. 8 — 14
3	Двойное дно в направлении поперечных переборок	Соединения балок основного набора днища и второго дна с флорами	Приложение 2, табл. 15 — 17
		Соединения второго дна с поперечными переборками или нижними опорами (стульями)	Приложение 2, табл. 18
4	Двойное дно в направлении скуловой цистерны	Соединения внутреннего дна с наклонными листами скуловой цистерны	Приложение 2, табл. 19 — 22
5	Нижняя часть поперечных переборок с нижними опорами (стульями)	Соединения нижних опор (стульев) с плоскими переборками	Приложение 2, табл. 23 — 29
		Соединения нижних опор (стульев) с гофрированными переборками	Приложение 2, табл. 30 — 35
6	Нижняя часть внутреннего борта	Соединения наклонных листов скуловой цистерны с внутренним бортом	Приложение 2, табл. 36 — 42

Таблица 3

Навалочные суда

Номер района	Описание района	Описание детали	Ссылка на детали
3	Двойное дно в направлении поперечных переборок	Соединения балок основного набора днища и второго дна с флорами	Приложение 2, табл. 15 — 17
		Соединения второго дна с поперечными переборками или нижними опорами (стульями)	Приложение 2, табл. 18

Номер района	Описание района	Описание детали	Ссылка на детали
4	Двойное дно в направлении скуловой цистерны	Соединения внутреннего дна с наклонными листами скуловой цистерны	Приложение 2, табл. 19 — 22
5	Нижняя часть поперечных переборок с нижними опорами (стульями)	Соединения нижних опор (стульев) с плоскими переборками	Приложение 2, табл. 23 — 29
		Соединения нижних опор (стульев) с гофрированными переборками	Приложение 2, табл. 30 — 35
6	Нижняя часть внутреннего борта	Соединения наклонных листов скуловой цистерны с внутренним бортом	Приложение 2, табл. 36 — 42

Таблица 4

Рудовозы и нефтерудовозы

Номер района	Описание района	Описание детали	Ссылка на детали
1	Район борта: вдоль судна между ахтерпиком и таранной переборкой; по вертикали между $0,7d_B$ и $1,15d_F$	Соединения бортовых балок основного набора с ребрами жесткости поперечных рамных связей	Приложение 2, табл. 1 — 7
3	Двойное дно в направлении поперечных переборок	Соединения балок основного набора днища и второго дна с флорами	Приложение 2, табл. 15 — 17
		Соединения второго дна с поперечными переборками или нижними опорами (стульями)	Приложение 2, табл. 18
4	Двойное дно в направлении скуловой цистерны	Соединения внутреннего дна с наклонными листами скуловой цистерны	Приложение 2, табл. 19 — 22
5	Нижняя часть поперечных переборок с нижними опорами (стульями)	Соединения нижних опор (стульев) с плоскими переборками	Приложение 2, табл. 23 — 29
		Соединения нижних опор (стульев) с гофрированными переборками	Приложение 2, табл. 30 — 35
6	Нижняя часть внутреннего борта	Соединения наклонных листов скуловой цистерны с внутренним бортом	Приложение 2, табл. 36 — 42

Таблица 5

Газовозы

Номер района	Описание района	Описание детали	Ссылка на детали
1	Район борта: вдоль судна между ахтерпиком и таранной переборкой; по вертикали между $0,7d_B$ и $1,15d_F$	Соединения бортовых балок основного набора с ребрами жесткости поперечных рамных связей	Приложение 2, табл. 1 — 7
3	Двойное дно в направлении поперечных переборок	Соединения балок основного набора днища и второго дна с флорами	Приложение 2, табл. 15 — 17
		Соединения второго дна с поперечными коффердамными переборками	Приложение 2, табл. 45

Номер района	Описание района	Описание детали	Ссылка на детали
4	Двойное дно в направлении скуловой цистерны	Соединения внутреннего дна с наклонными листами скуловой цистерны	Приложение 2, табл. 19 — 22
6	Нижняя часть внутреннего борта	Соединения наклонных листов скуловой цистерны с внутренним бортом	Приложение 2, табл. 43 — 44

В случае, если конструкция газовоза в определенном районе включает конструктивные узлы, отличные от приведенных в табл. 5, оценка усталостной долговечности таких узлов осуществляется по согласованию с Регистром в зависимости от их конструктивных особенностей.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

Таблица 1

Все суда с продольной системой набора борта

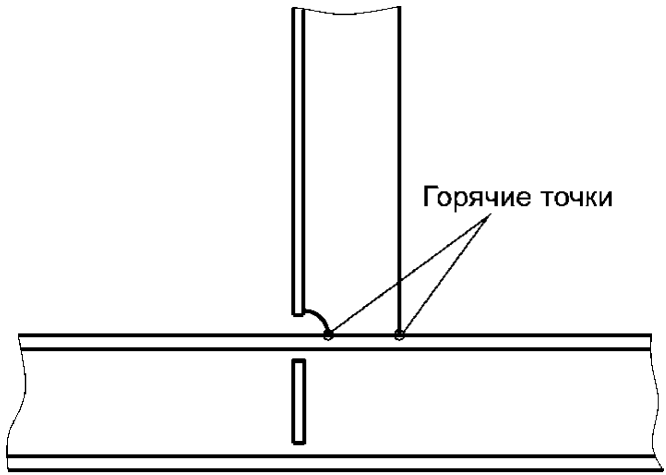
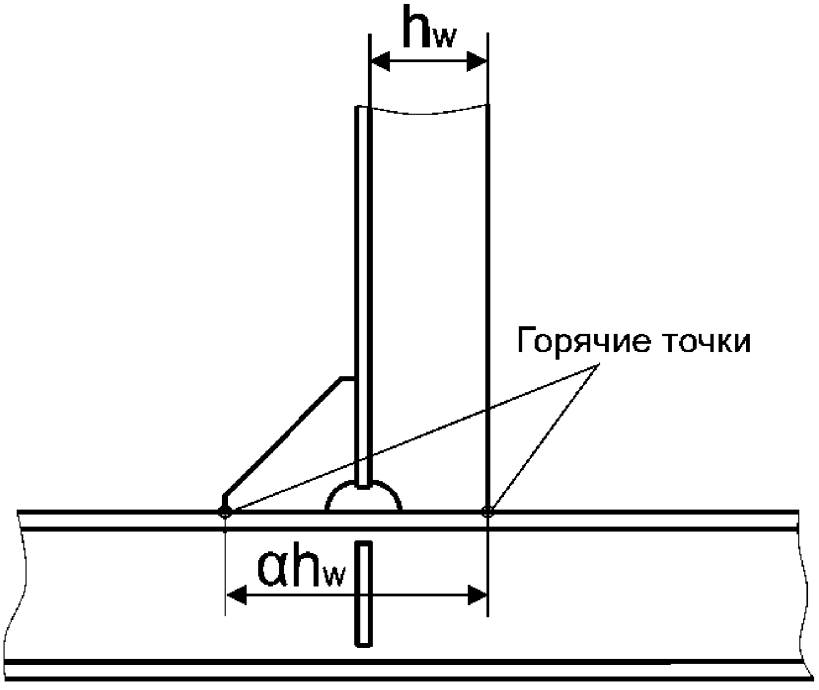
Район борта между $0{,}7d_B$ и $1{,}15d_F$	Безбракетное соединение балок основного набора и ребер жесткости балок рамного набора
	
Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
$K_H = 1{,}30$ $K_L = 1{,}65$	$K_H = 1{,}25$ $K_L = 1{,}50$

Таблица 2

Все суда с продольной системой набора борта

Район борта между $0{,}7d_B$ и $1{,}15d_F$	Соединение балок основного набора и ребер жесткости балок рамного набора с использованием одной бракеты

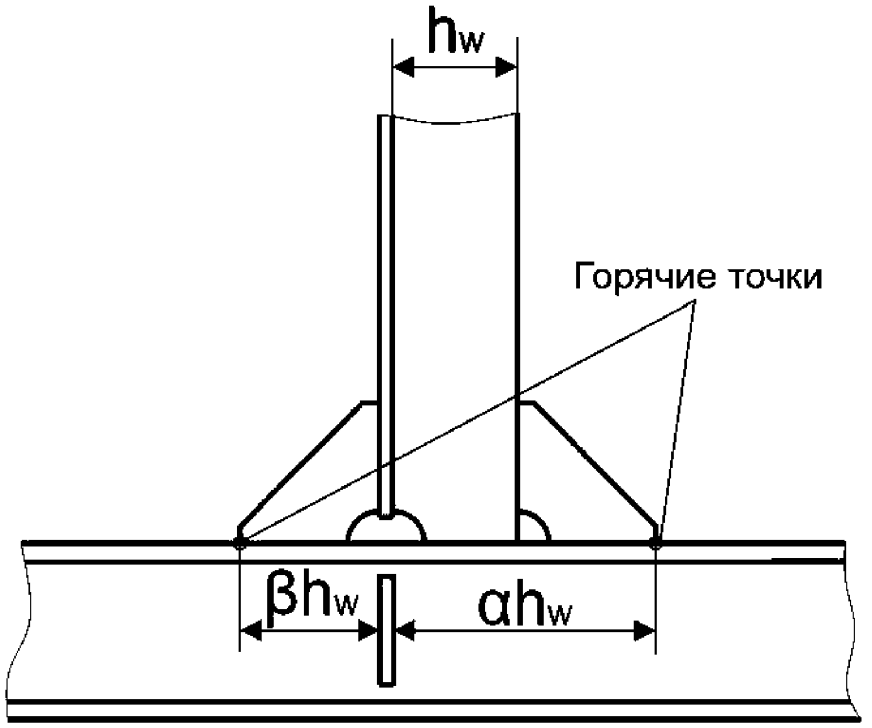


Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}20$ $K_L = 1{,}40$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}15$ $K_L = 1{,}40$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}15$ $K_L = 1{,}32$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}10$ $K_L = 1{,}32$

Таблица 3

Все суда с продольной системой набора борта

Район борта между $0{,}7d_B$ и $1{,}15d_F$	Соединение балок основного набора и ребер жесткости балок рамного набора с использованием двух бракет

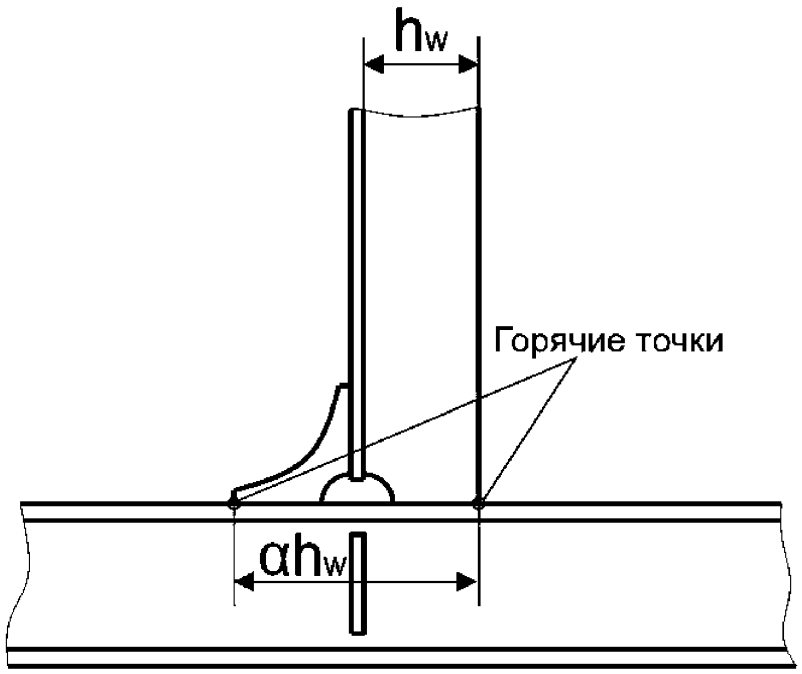


Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ и $1 < \beta < 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}15$ При $\alpha \geq 2{,}5$ и $\beta \geq 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}10$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ и $1 < \beta < 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}10$ При $\alpha \geq 2{,}5$ и $\beta \geq 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}05$

Таблица 4

Все суда с продольной системой набора борта

Район борта между $0{,}7d_B$ и $1{,}15d_F$	Соединение балок основного набора и ребер жесткости балок рамного набора с использованием одной скругленной бракеты

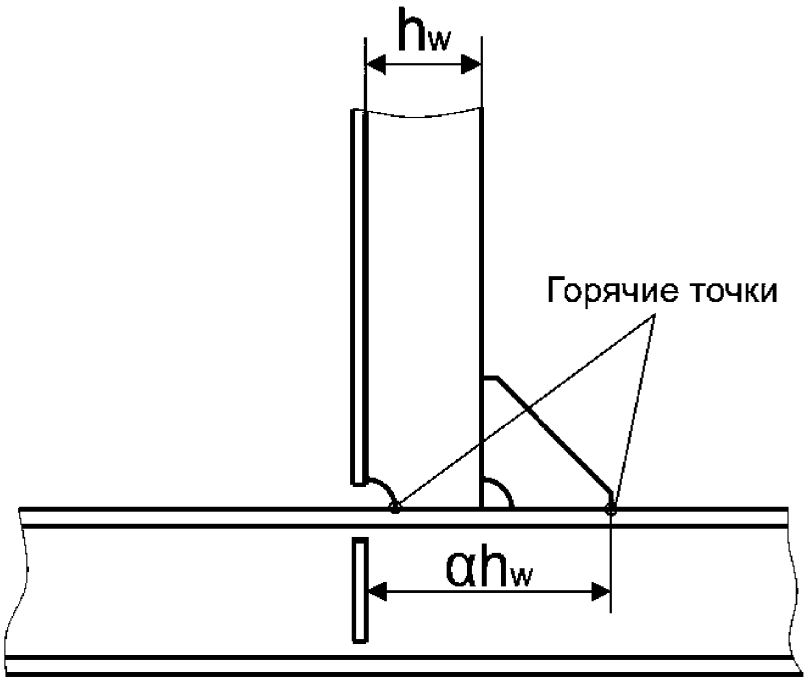


Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}15$ $K_L = 1{,}35$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}10$ $K_L = 1{,}35$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}13$ $K_L = 1{,}30$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}08$ $K_L = 1{,}30$

Таблица 5

Все суда с продольной системой набора борта

Район борта между $0{,}7d_B$ и $1{,}15d_F$	Соединение балок основного набора и ребер жесткости балок рамного набора с использованием одной бракеты

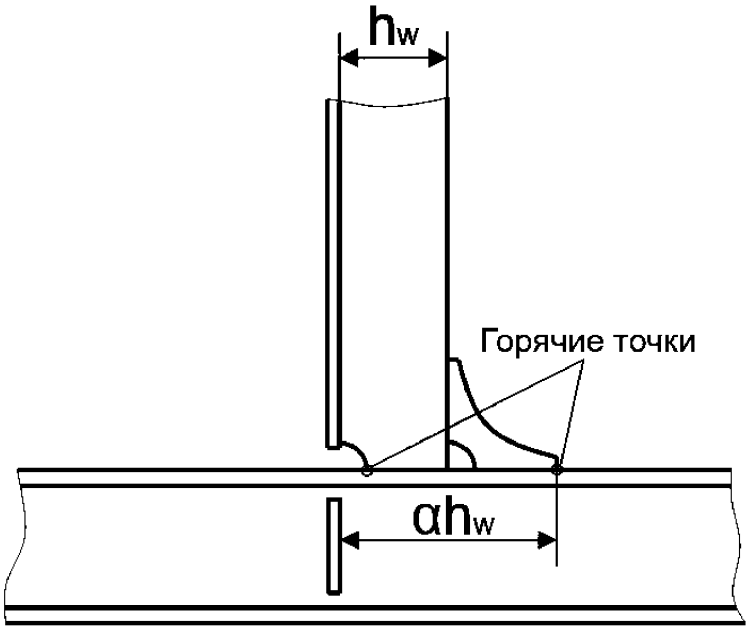


Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}30$ $K_L = 1{,}55$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}25$ $K_L = 1{,}50$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}25$ $K_L = 1{,}46$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}20$ $K_L = 1{,}41$

Таблица 6

Все суда с продольной системой набора борта

Район борта между 0,7d_B и 1,15d_F	Соединение балок основного набора и ребер жесткости балок рамного набора с использованием одной скругленной бракеты

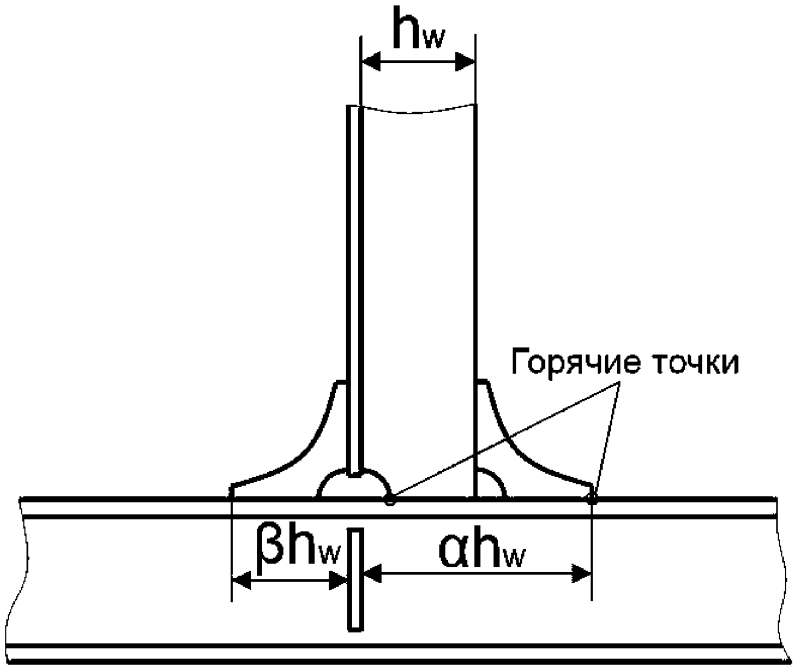


Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}25$ $K_L = 1{,}50$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}20$ $K_L = 1{,}45$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}22$ $K_L = 1{,}44$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}18$ $K_L = 1{,}39$

Таблица 7

Все суда с продольной системой набора борта

Район борта между $0{,}7d_B$ и $1{,}15d_F$	Соединение балок основного набора и ребер жесткости балок рамного набора с использованием двух скругленных бракет



Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ и $1 < \beta < 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}10$ При $\alpha \geq 2{,}5$ и $\beta \geq 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}15$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ и $1 < \beta < 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}10$ При $\alpha \geq 2{,}5$ и $\beta \geq 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}05$

Таблица 8

Наливные суда, химовозы

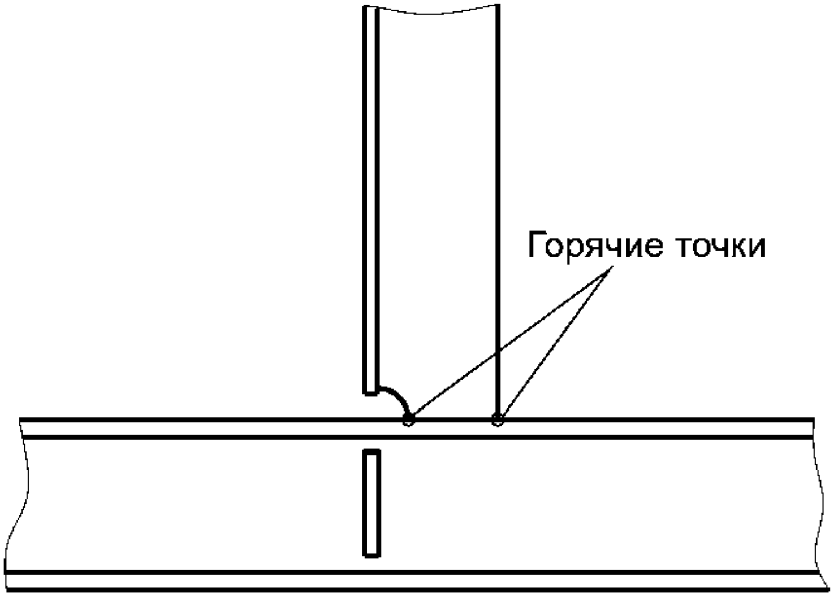
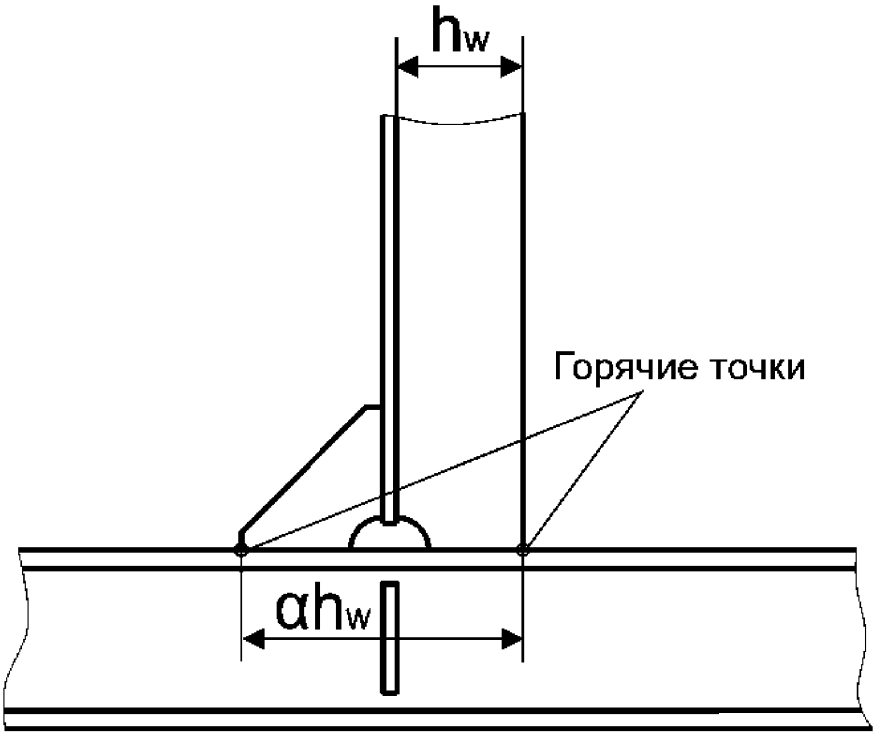
Внутренний борт и продольные переборки выше 0,5*H*	Безбракетное соединение балок основного набора внутреннего борта или продольной переборки с ребрами жесткости балок рамного набора
	
Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
$K_H = 1{,}30$ $K_L = 1{,}65$	$K_H = 1{,}25$ $K_L = 1{,}50$

Таблица 9

Наливные суда, химовозы

Внутренний борт и продольные переборки выше 0,5*H*	Соединение балок основного набора внутреннего борта или продольной переборки с ребрами жесткости балок рамного набора с использованием одной бракеты

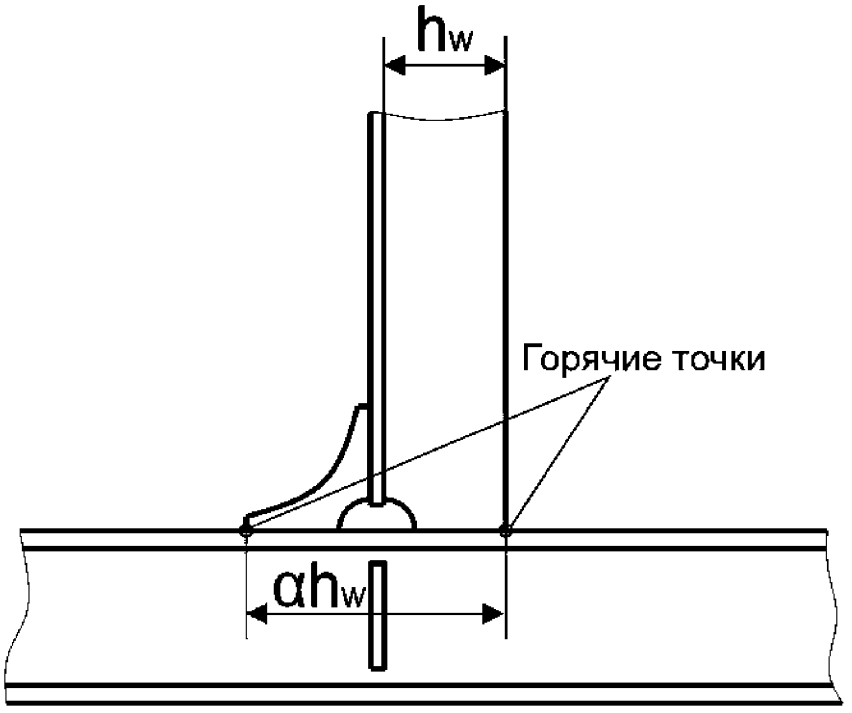


Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}20$ $K_L = 1{,}40$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}15$ $K_L = 1{,}40$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}15$ $K_L = 1{,}32$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}10$ $K_L = 1{,}32$

Таблица 10

Наливные суда, химовозы

Внутренний борт и продольные переборки выше 0,5*H*	Соединение балок основного набора внутреннего борта или продольной переборки с ребрами жесткости балок рамного набора с использованием одной скругленной бракеты

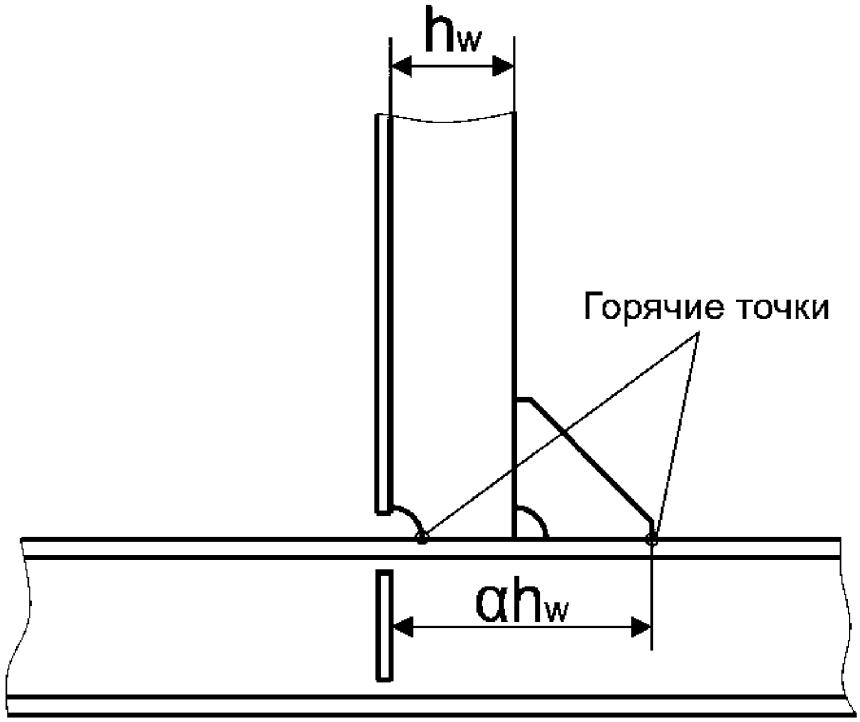


Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}15$ $K_L = 1{,}35$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}10$ $K_L = 1{,}35$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}13$ $K_L = 1{,}30$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}08$ $K_L = 1{,}30$

Таблица 11

Наливные суда, химовозы

Внутренний борт и продольные переборки выше 0,5*H*	Соединение балок основного набора внутреннего борта или продольной переборки с ребрами жесткости балок рамного набора с использованием одной бракеты

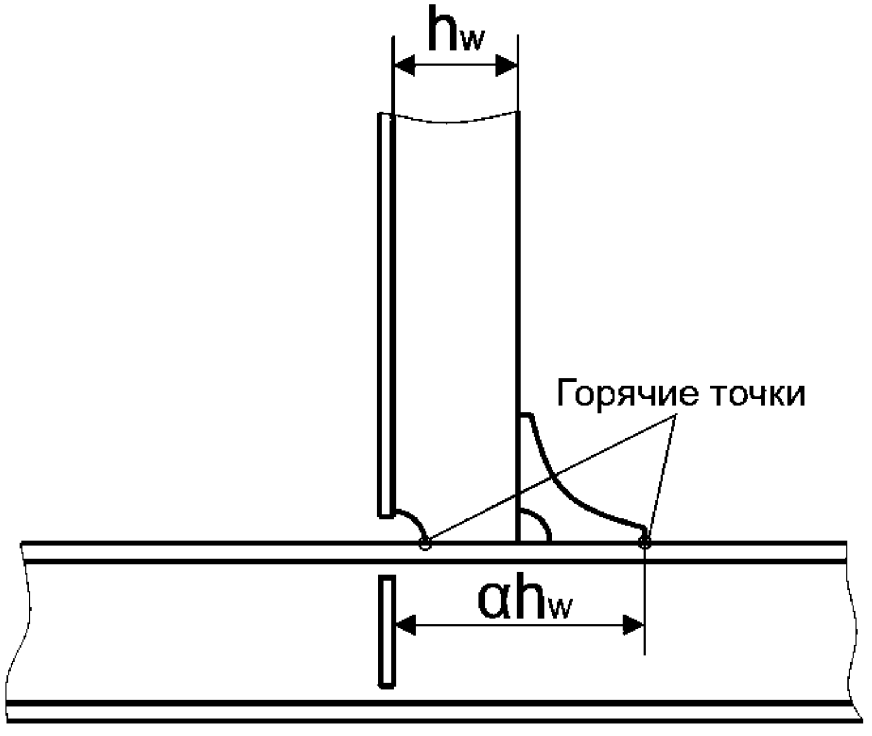


Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}30$ $K_L = 1{,}55$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}25$ $K_L = 1{,}50$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}25$ $K_L = 1{,}46$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}20$ $K_L = 1{,}41$

Таблица 12

Наливные суда, химовозы

Внутренний борт и продольные переборки выше 0,5*H*	Соединение балок основного набора внутреннего борта или продольной переборки с ребрами жесткости балок рамного набора с использованием одной скругленной бракеты

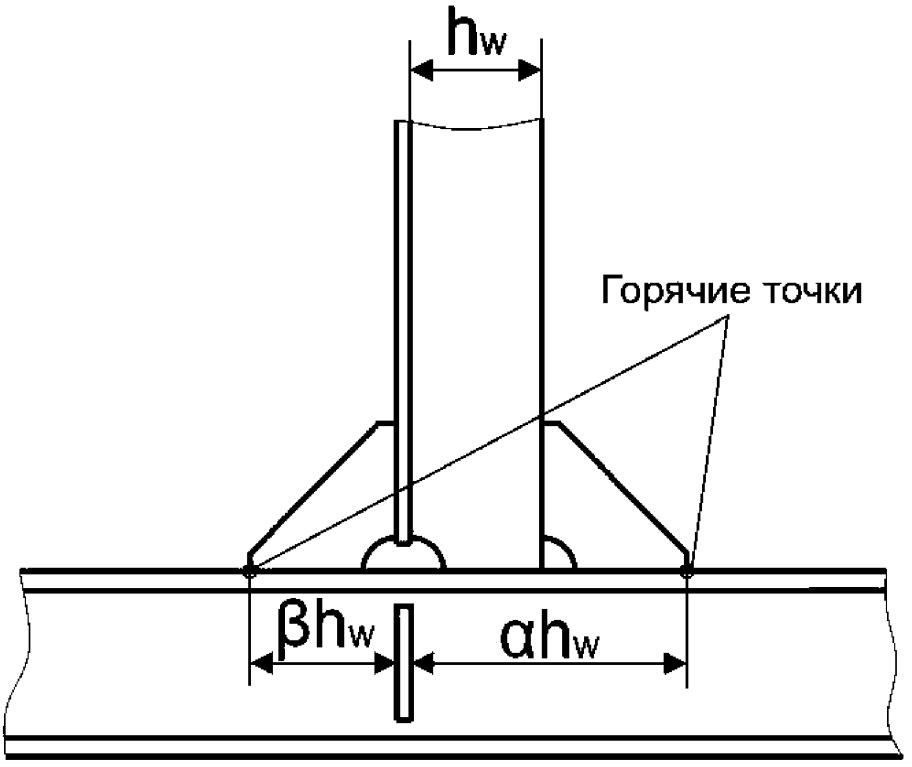


Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}25$ $K_L = 1{,}50$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}20$ $K_L = 1{,}45$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ $K_H = 1{,}22$ $K_L = 1{,}44$ При $\alpha \geq 2{,}5$ $K_H = 1{,}18$ $K_L = 1{,}39$

Таблица 13

Наливные суда, химовозы

Внутренний борт и продольные переборки выше 0,5*H*	Соединение балок основного набора внутреннего борта или продольной переборки с ребрами жесткости балок рамного набора с использованием двух бракет

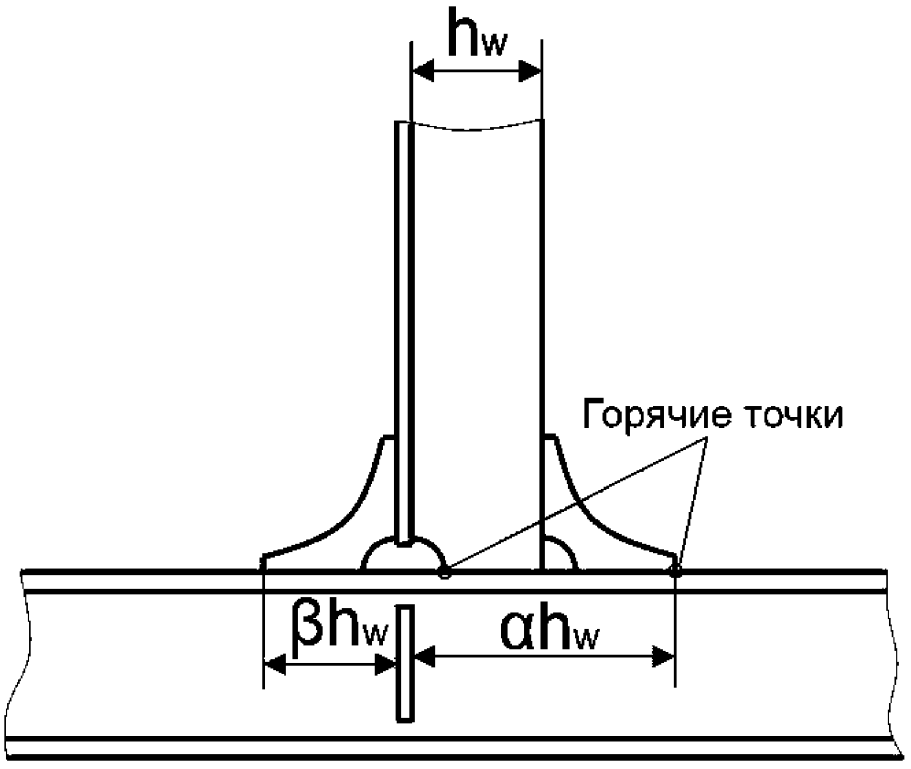


Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ и $1 < \beta < 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}15$ При $\alpha \geq 2{,}5$ и $\beta \geq 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}10$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ и $1 < \beta < 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}10$ При $\alpha \geq 2{,}5$ и $\beta \geq 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}05$

Таблица 14

Наливные суда, химовозы

Внутренний борт и продольные переборки выше 0,5*H*	Соединение балок основного набора внутреннего борта или продольной переборки с ребрами жесткости балок рамного набора с использованием двух скругленных бракет



Коэффициенты концентрации	
Проницаемый шпигат	Непроницаемый шпигат
При $2 < \alpha < 2{,}5$ и $1 < \beta < 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}10$ При $\alpha \geq 2{,}5$ и $\beta \geq 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}05$	При $2 < \alpha < 2{,}5$ и $1 < \beta < 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}10$ При $\alpha \geq 2{,}5$ и $\beta \geq 1{,}5$ $K_H = K_L = 1{,}05$

Таблица 15

Наливные суда, химовозы, газовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

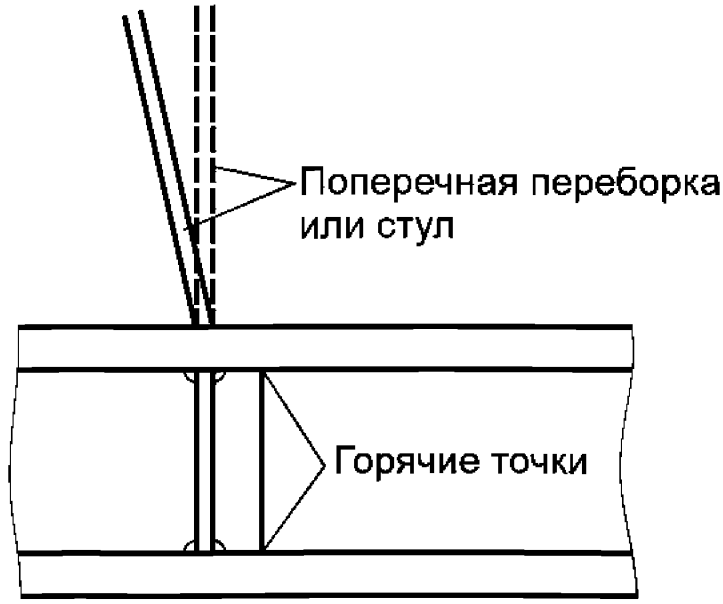
Двойное дно в направлении поперечных переборок	Безбракетное соединение балок основного набора днища и второго дна с флорами
	
Коэффициенты концентрации	
$K_H = 1{,}30$ $K_L = 1{,}65$	

Таблица 16

Наливные суда, химовозы, газовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

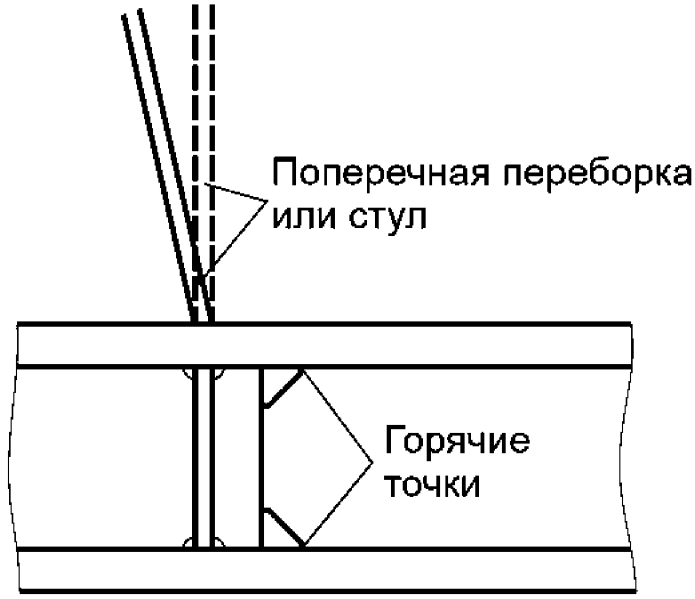
Двойное дно в направлении поперечных переборок	Соединение балок основного набора днища и второго дна с флорами с использованием бракет
	
Коэффициенты концентрации	
$K_H = 1{,}30$ $K_L = 1{,}55$	

Таблица 17

Наливные суда, химовозы, газовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

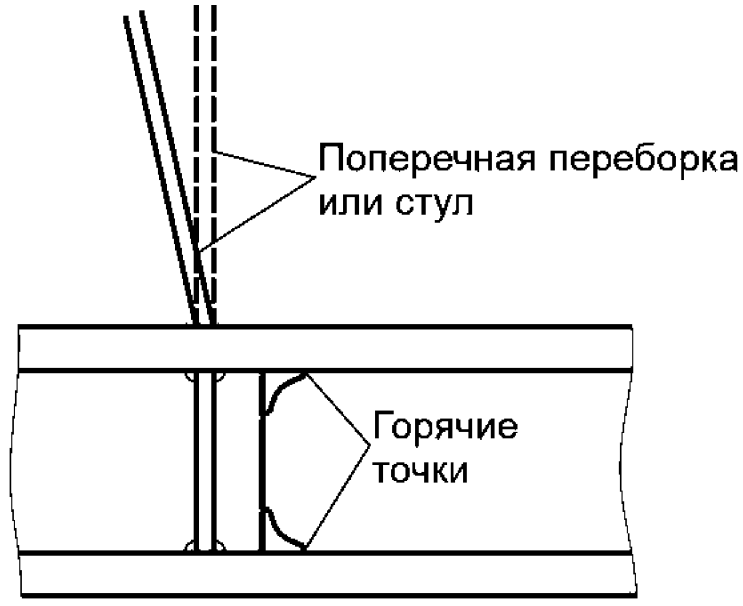
Двойное дно в направлении поперечных переборок	Соединение балок основного набора днища и второго дна с флорами с использованием скругленных бракет
	
Коэффициенты концентрации	
$K_H = 1{,}25$ $K_L = 1{,}50$	

Таблица 18

Наливные суда, химовозы, газовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

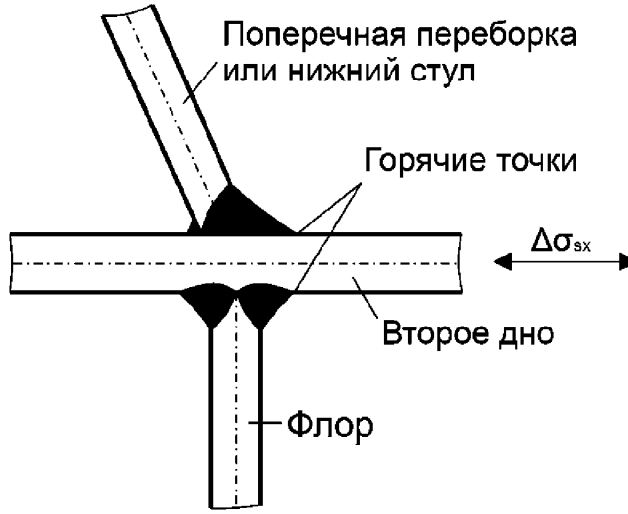
Двойное дно в направлении поперечных переборок	Соединение второго дна с поперечной переборкой или нижним стулом
	
Коэффициент концентрации	
$K_{sx} = 3{,}85$	

Таблица 19

Наливные суда, химовозы, газовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

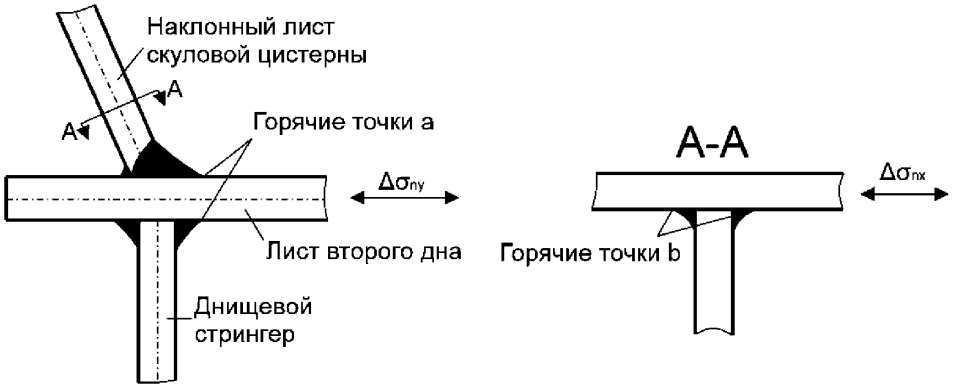
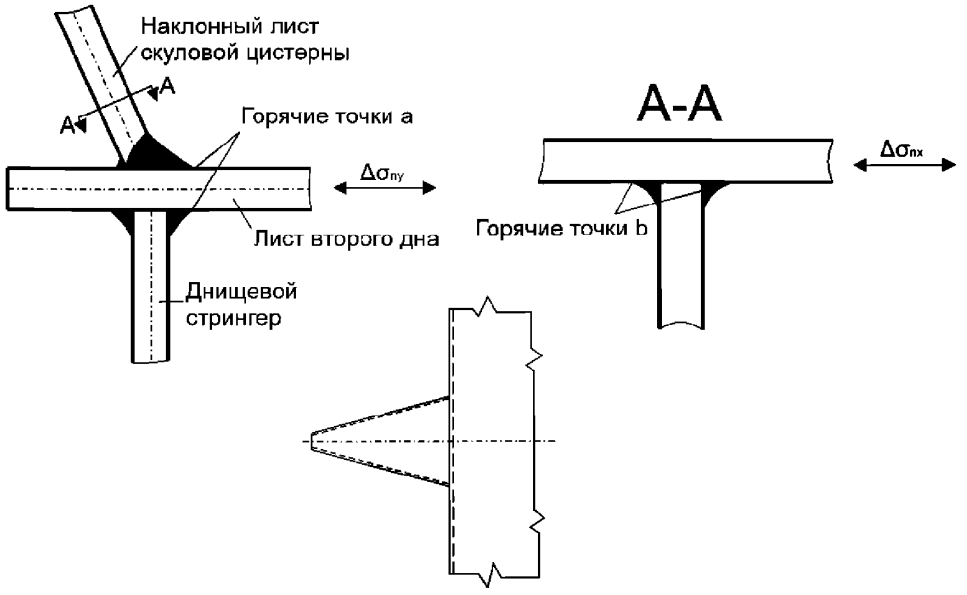
Двойное дно в направлении скуловой цистерны	Соединение второго дна с наклонным листом скуловой цистерны
	
Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}85$ при условии заделки вырезов $K_{SY} = 5{,}40$ при отсутствии заделки вырезов $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 2{,}00$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny}$	$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{ny}$

Таблица 20

Наливные суда, химовозы, газовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Двойное дно в направлении скуловой цистерны	Соединение второго дна с наклонным листом скуловой цистерны с использованием удлиненной бракеты



Коэффициенты концентрации
$K_{SY} = 2{,}40$ при условии заделки вырезов $K_{SY} = 3{,}40$ при отсутствии заделки вырезов $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 1{,}50$

Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny}$	$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{ny}$

Таблица 21

Наливные суда, химовозы, газовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

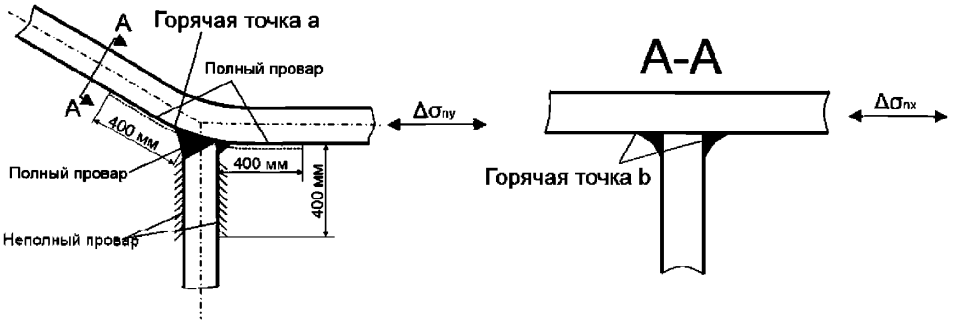
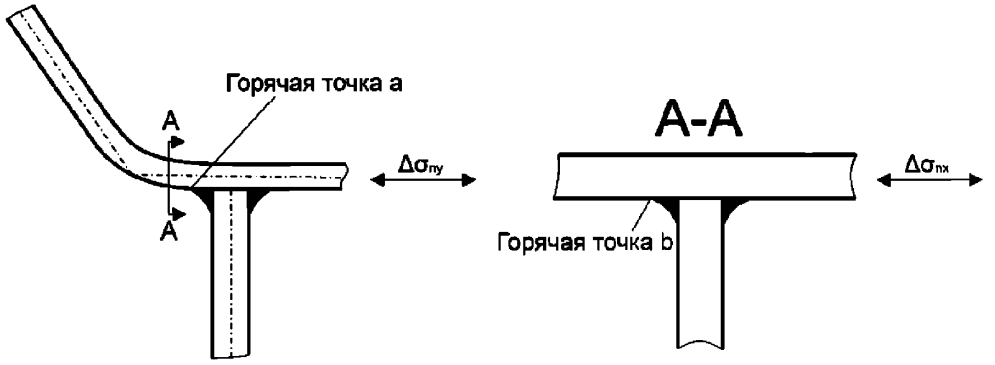
Двойное дно в направлении скуловой цистерны	Скругленное соединение второго дна с наклонным листом скуловой цистерны
	
Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}15$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 2{,}05$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny}$	$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{ny}$

Таблица 22

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Двойное дно в направлении скуловой цистерны	Скругленное соединение второго дна с наклонным листом скуловой цистерны



Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}85$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 4{,}50$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny}$	$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{ny}$

Таблица 23

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

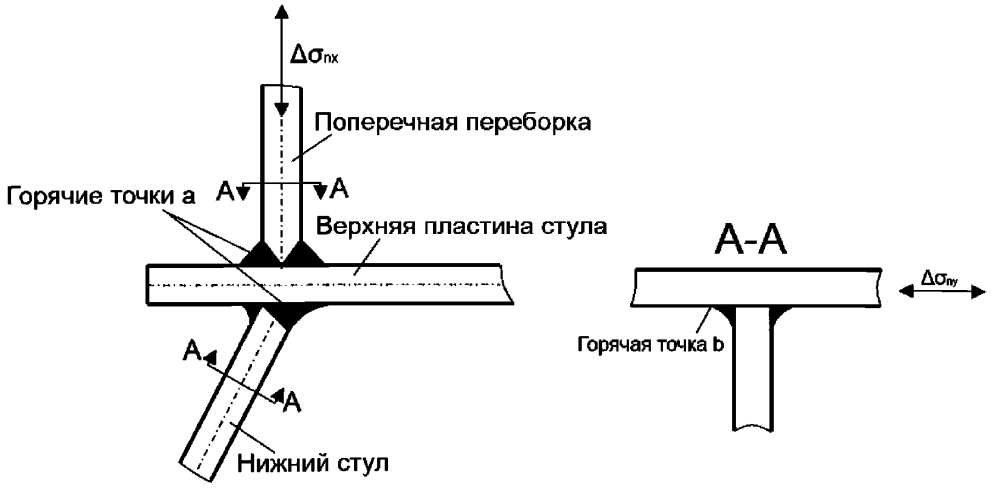
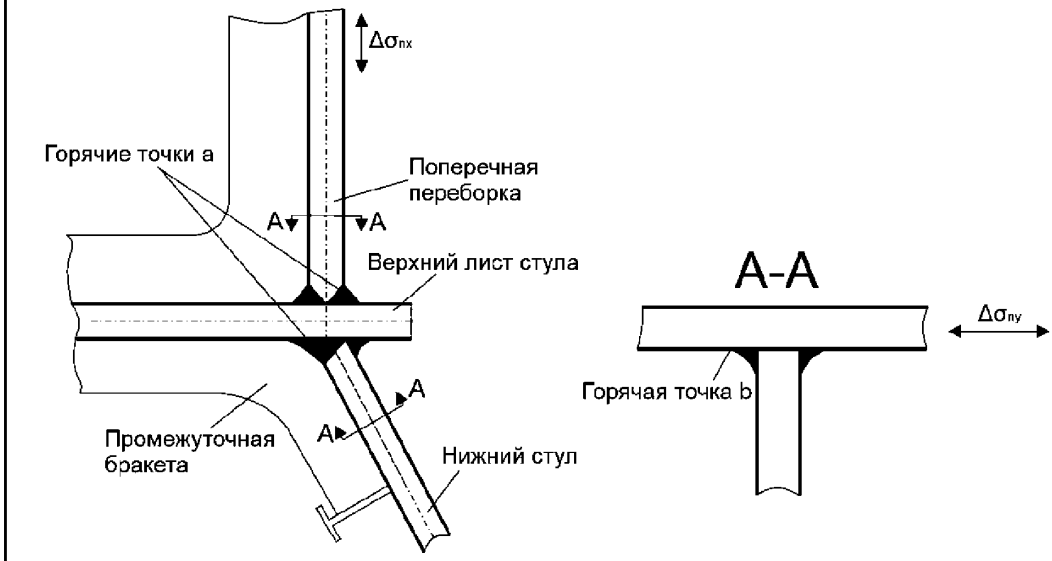
Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Соединение нижнего стула с плоской переборкой
	
Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}85$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 2{,}00$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 24

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Соединение нижнего стула с плоской переборкой с использованием промежуточной бракеты

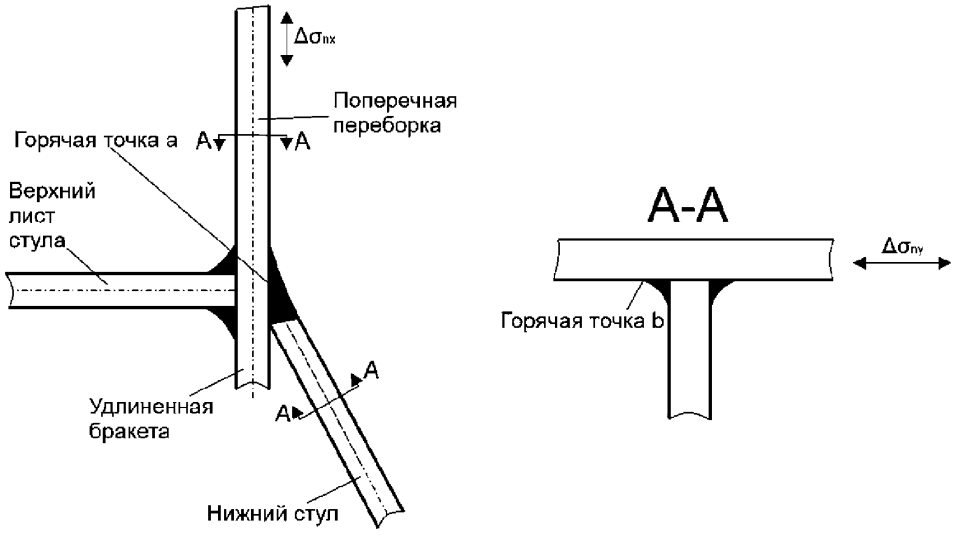


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}55$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 1{,}75$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 25

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Соединение нижнего стула с плоской переборкой с применением удлиненной бракеты

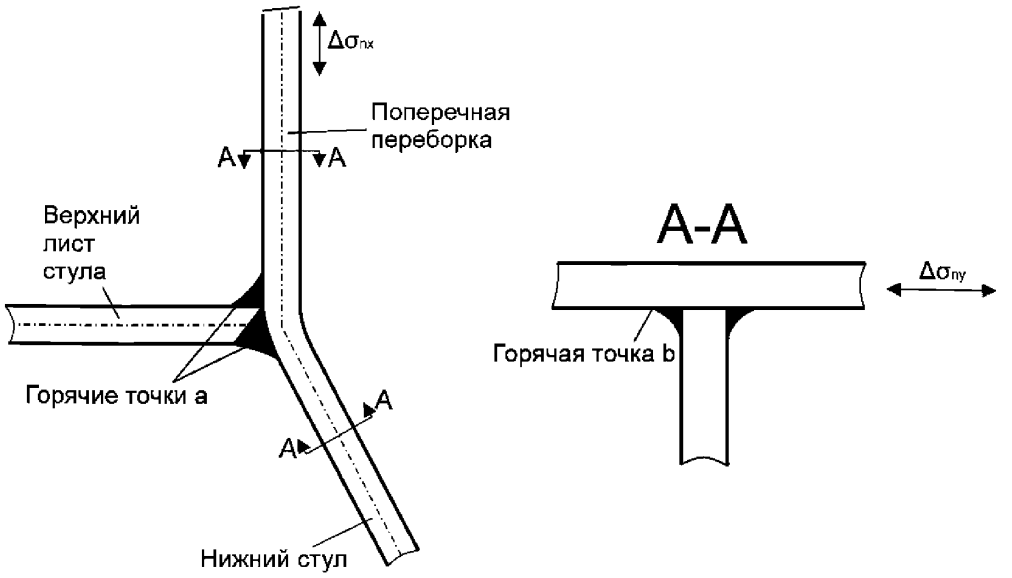


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 2{,}40$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 1{,}50$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 26

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Скругленное соединение нижнего стула с плоской переборкой

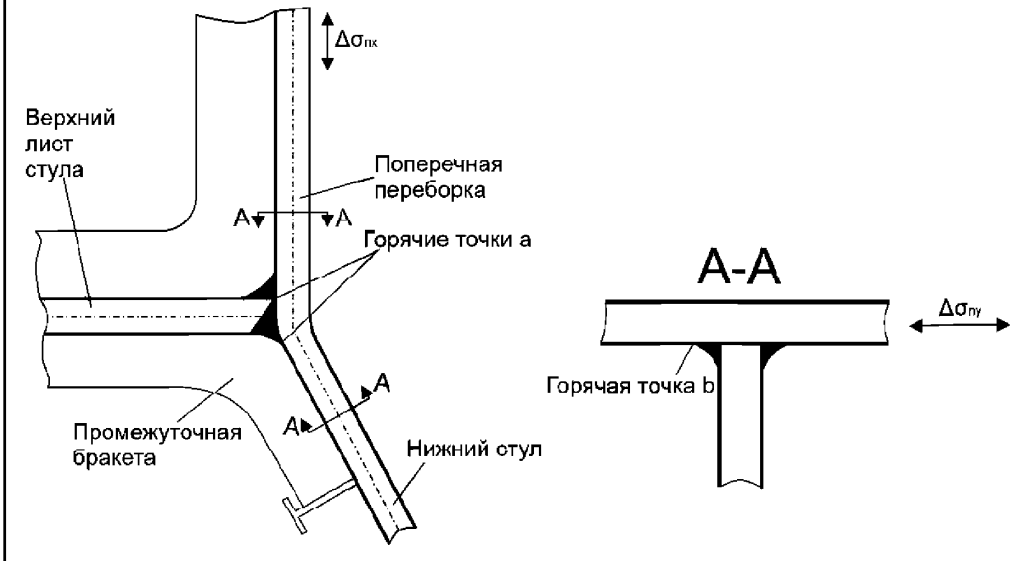


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}30$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 2{,}25$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 27

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Скругленное соединение нижнего стула с плоской переборкой с использованием промежуточной бракеты

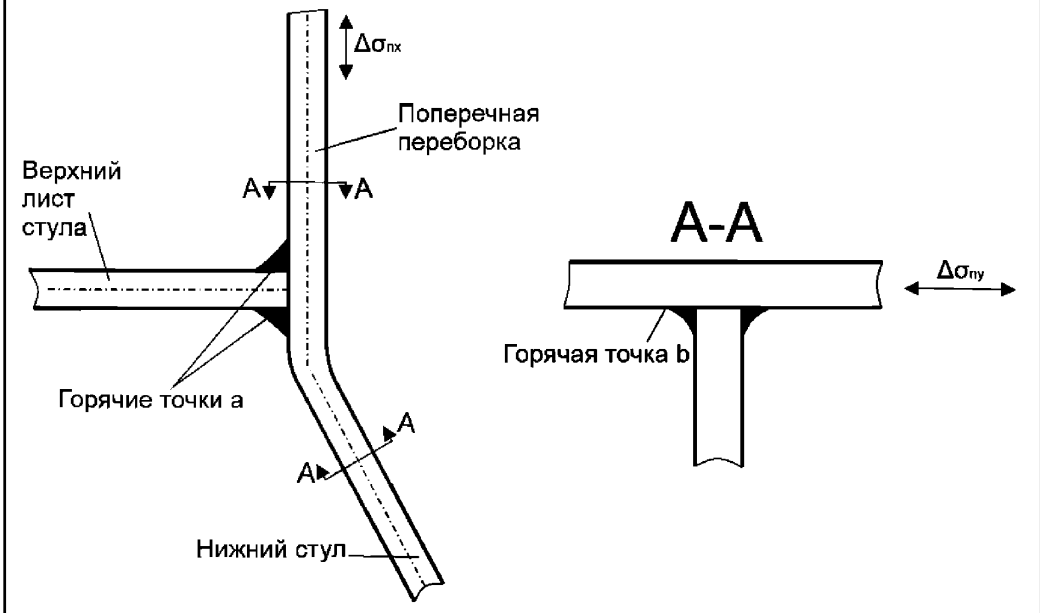


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}15$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 2{,}05$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 28

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Скругленное соединение нижнего стула с плоской переборкой

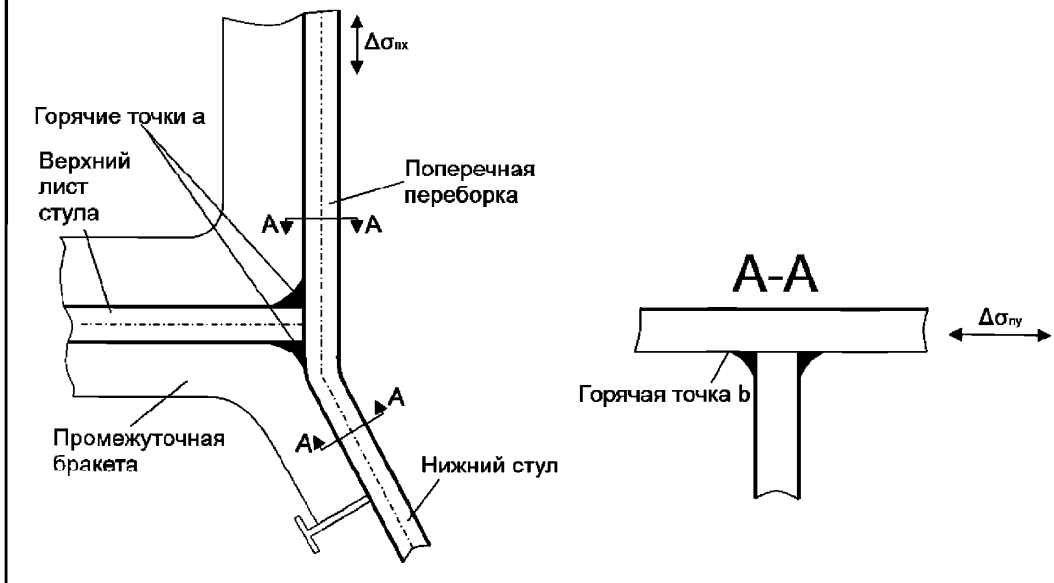


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 4{,}50$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 5{,}60$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 29

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Скругленное соединение нижнего стула с плоской переборкой с использованием промежуточной бракеты

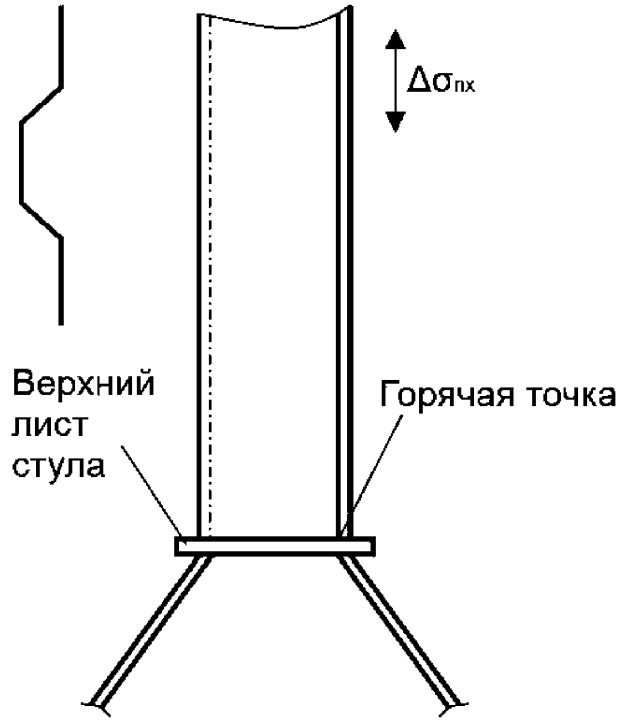


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}85$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 4{,}50$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 30

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Соединение нижнего стула с гофрированной переборкой

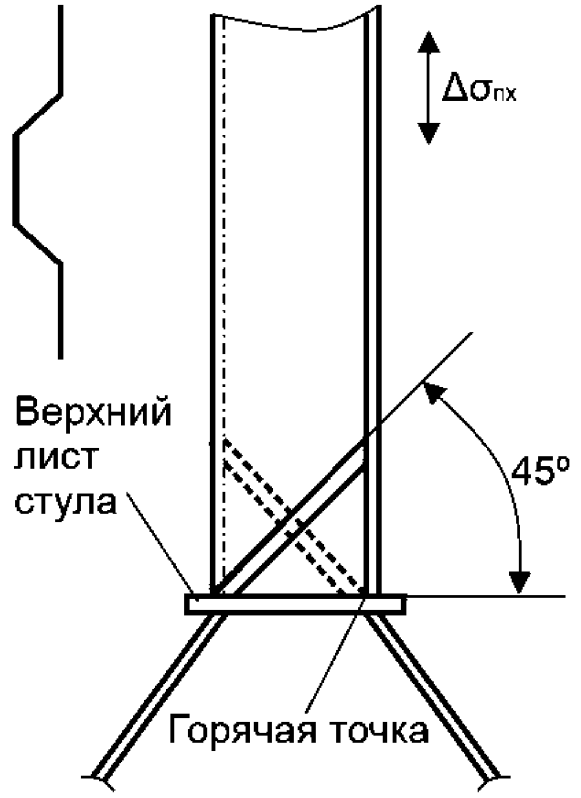


Коэффициенты концентрации
$K_{sx} = 2{,}35$

Таблица 31

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Соединение нижнего стула с гофрированной переборкой с использованием шеддерных листов с углом наклона 45°

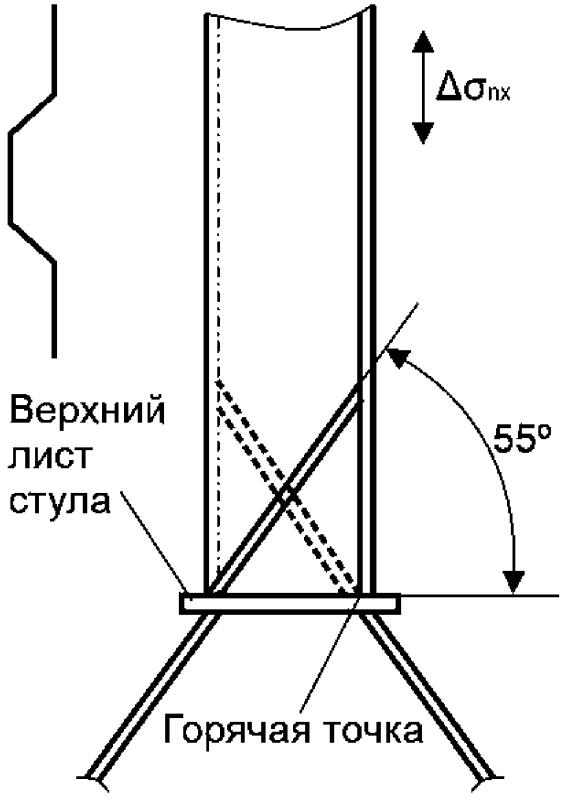


Коэффициенты концентрации
$K_{SX} = 1{,}35$

Таблица 32

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Соединение нижнего стула с гофрированной переборкой с использованием шеддерных листов с углом наклона 55°



Коэффициенты концентрации
$K_{SX} = 1{,}25$

Таблица 33

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

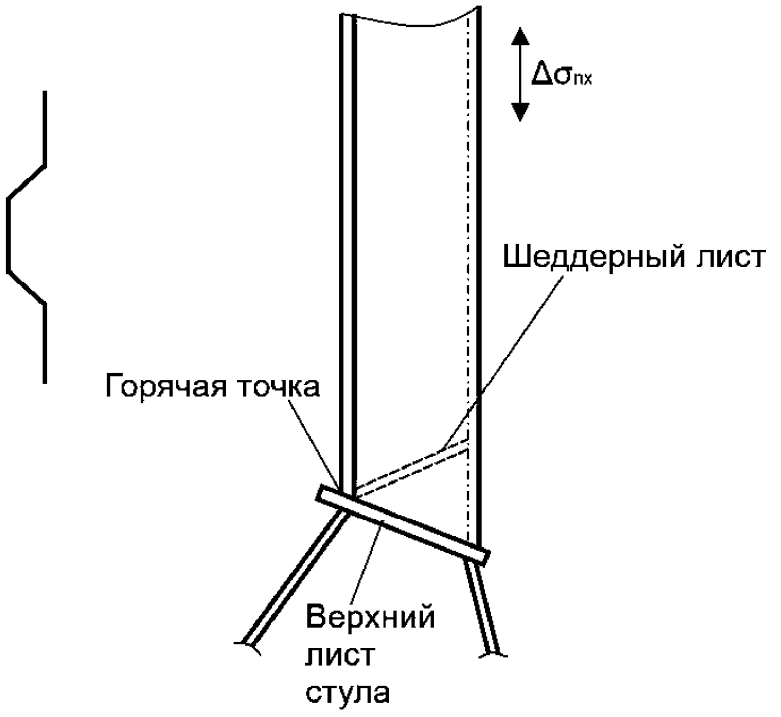
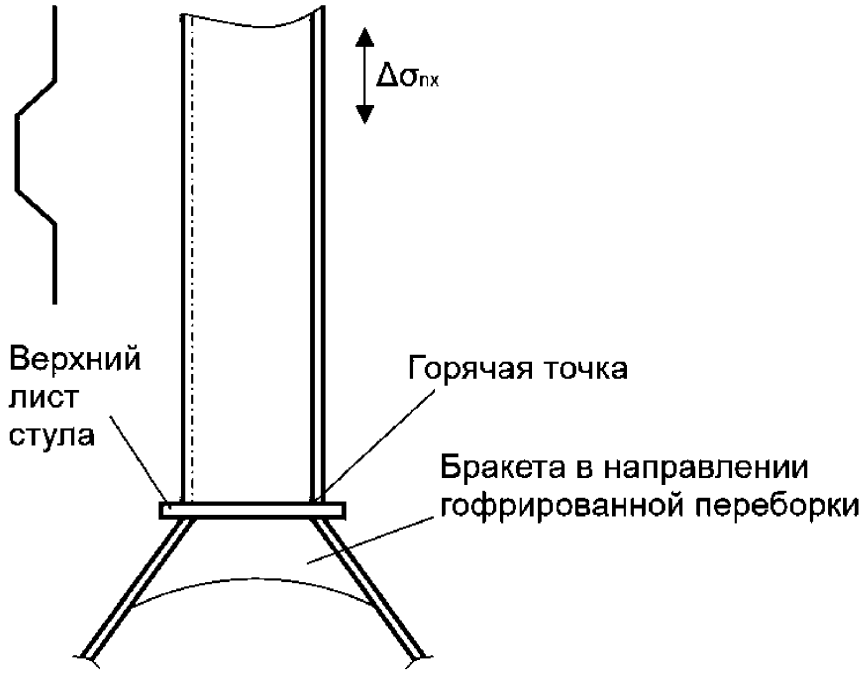
Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Соединение нижнего стула с наклонной крышкой и гофрированной переборкой с использованием шеддерного листа
	
Коэффициенты концентрации	
$K_{SX} = 1{,}90$	

Таблица 34

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Соединение нижнего стула с гофрированной переборкой с использованием бракеты расположенной под верхним листом стула

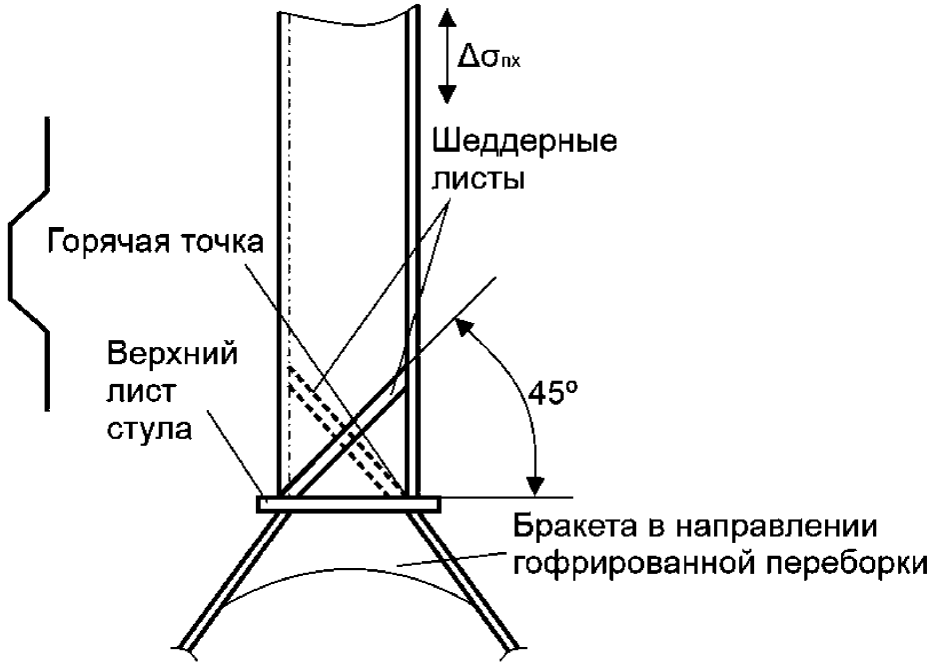


Коэффициенты концентрации
$K_{SX} = 1{,}95$

Таблица 35

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть поперечной переборки с нижним стулом	Соединение нижнего стула с гофрированной переборкой с использованием шеддерных листов при наличии бракеты, расположенной под верхним листом стула

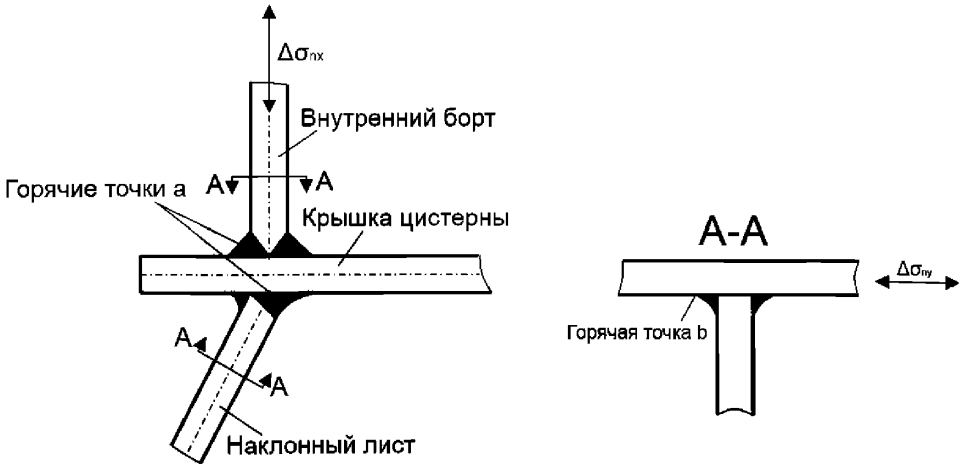


Коэффициенты концентрации
$K_{sx} = 1{,}25$

Таблица 36

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть внутреннего борта	Соединение наклонного листа скуловой цистерны с внутренним бортом

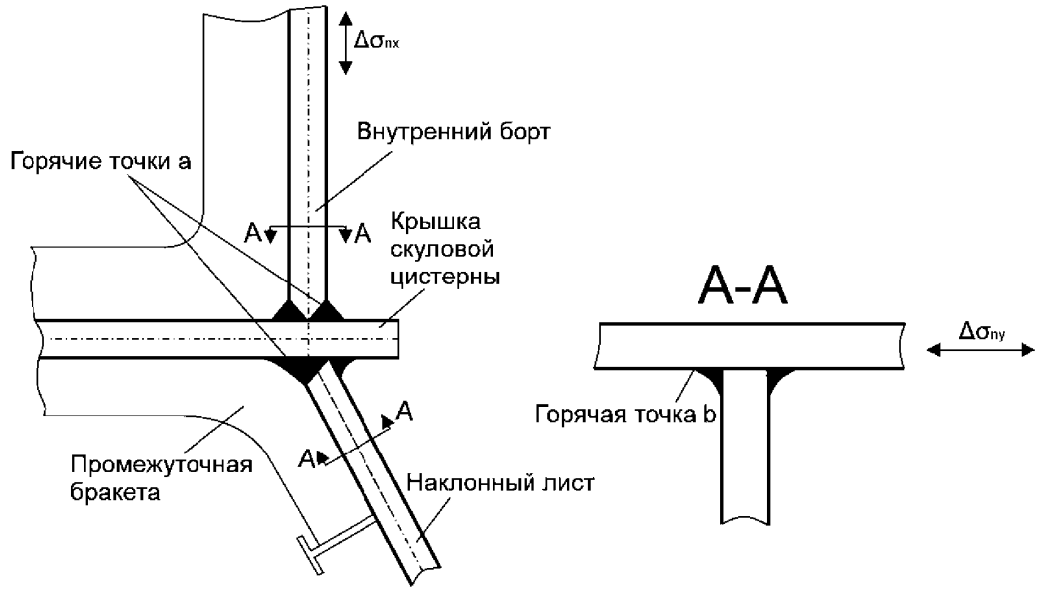


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}85$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 2{,}00$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 37

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть внутреннего борта	Соединение наклонного листа скуловой цистерны с внутренним бортом с использованием промежуточной бракеты

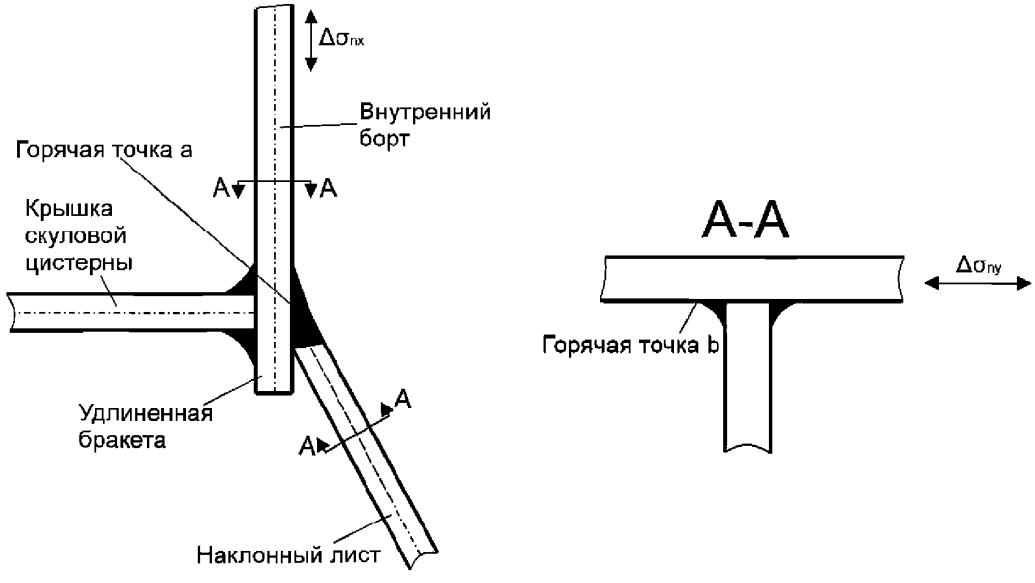


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}55$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 1{,}75$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 38

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть внутреннего борта	Соединение наклонного листа скуловой цистерны с внутренним бортом с применением удлиненной бракеты

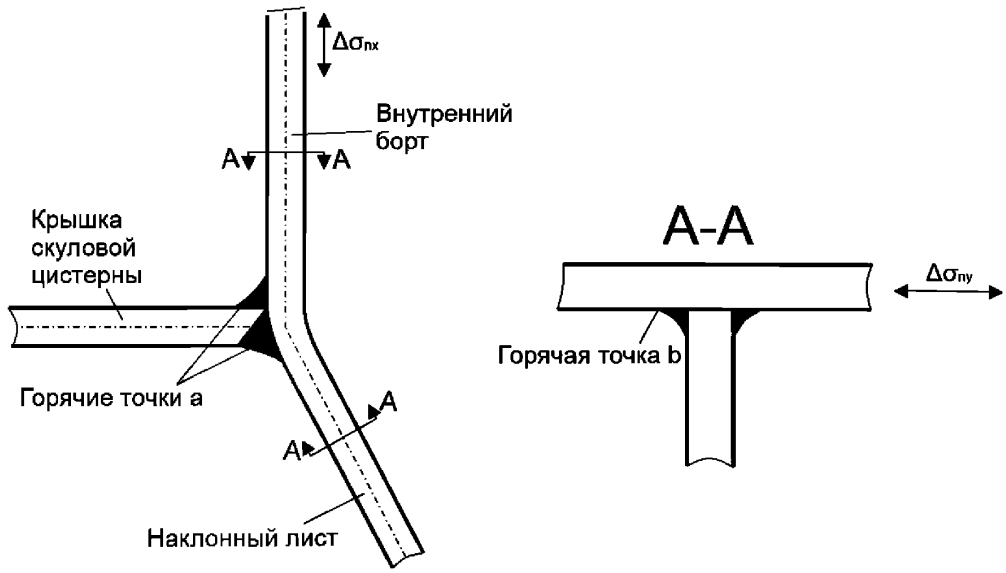


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 2{,}40$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 1{,}50$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 39

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть внутреннего борта	Скругленное соединение наклонного листа скуловой цистерны с внутренним бортом

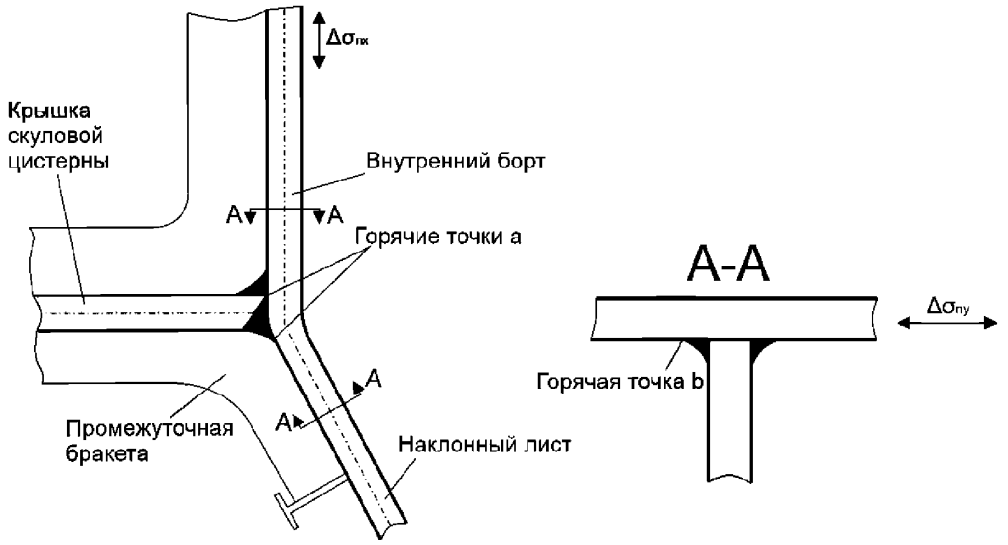


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}30$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 2{,}25$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 40

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть внутреннего борта	Скругленное соединение наклонного листа скуловой цистерны с внутренним бортом с использованием промежуточной бракеты

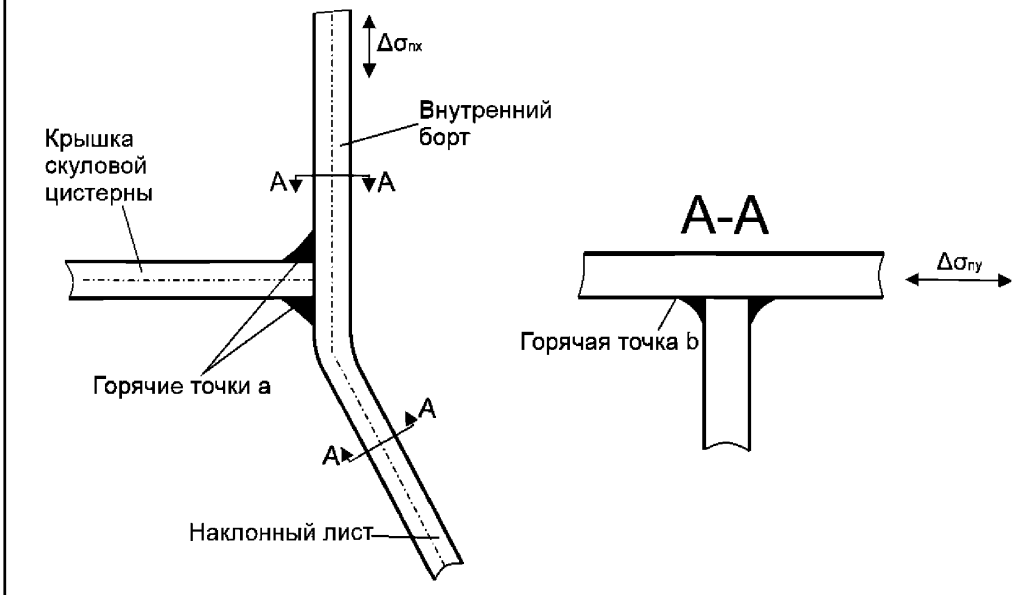


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}15$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 2{,}05$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 41

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть внутреннего борта	Скругленное соединение наклонного листа скуловой цистерны с внутренним бортом

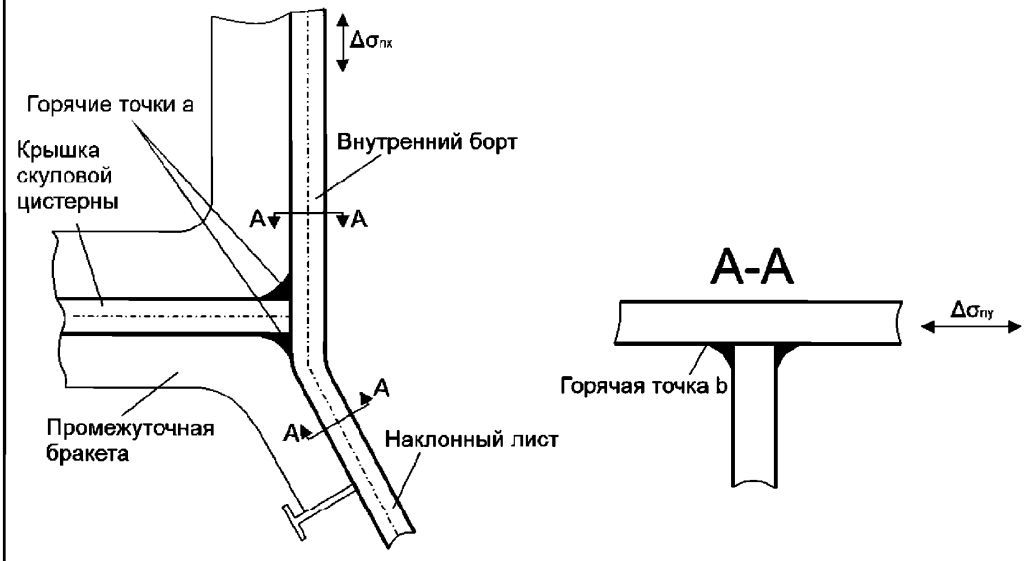


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 4{,}50$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 5{,}60$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 42

Наливные суда, химовозы, навалочные суда, рудовозы, нефтерудовозы

Нижняя часть внутреннего борта	Скругленное соединение наклонного листа скуловой цистерны с внутренним бортом с использованием промежуточной бракеты



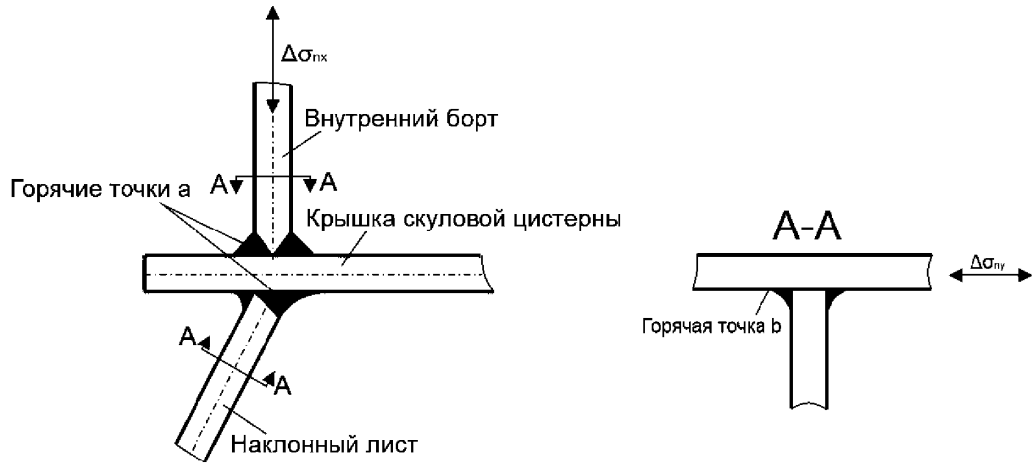
Коэффициенты концентрации
$K_{SY} = 3{,}85$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 4{,}50$

Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 43

Газовозы

Нижняя часть внутреннего борта	Скругленное соединение наклонного листа скуловой цистерны с внутренним бортом

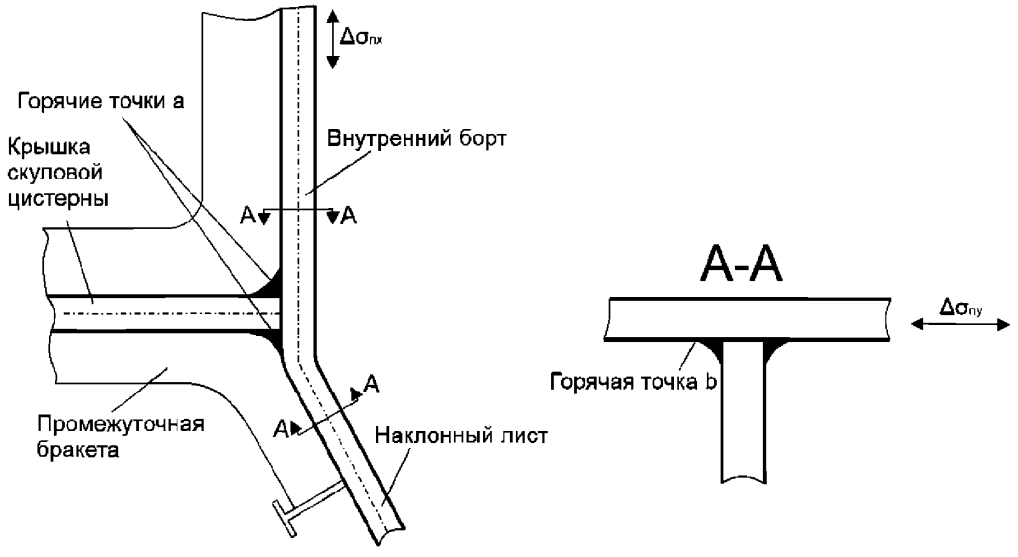


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}85$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 2{,}00$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 44

Газовозы

Нижняя часть внутреннего борта	Соединение наклонного листа хоппер танка с внутренним бортом с использованием промежуточной бракеты

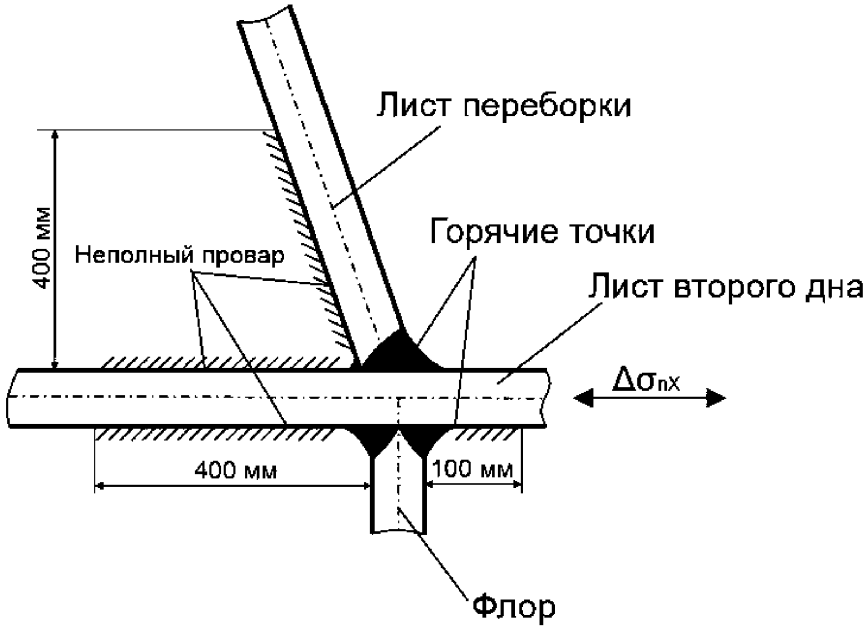


Коэффициенты концентрации	
$K_{SY} = 3{,}55$ $K_{SX} = 1{,}30$ $K_{SYX} = 1{,}75$	
Формулы для определения размаха напряжений в горячих точках	
Горячая точка *a*	Горячая точка *b*
$\Delta\sigma_{SX} = K_{SX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$	$\Delta\sigma_{SY} = K_{SY} \cdot \Delta\sigma_{ny} + K_{SYX} \cdot \Delta\sigma_{nx}$

Таблица 45

Газовозы

Двойное дно в направлении поперечных переборок	Соединение второго дна с поперечной коффердамной переборкой



Коэффициенты концентрации
$K_{SX} = 3{,}85$

gost.e-ecolog.ru