Министерство газовой промышленности
(Мингазпром)

НИПИ "Гипроморнефтегаз"

БЕСФАСОНОЧНЫЕ УЗЛЫ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТРУБ МОРСКИХ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВЫХ СООРУЖЕНИЙ. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ

ВСН 51.4-85

Издание официальное

Москва 1985

gost.e-ecolog.ru

Ведомственные строительные нормы "Бесфасоночные узлы конструкций из труб морских нефтегазопромысловых сооружений. Методика расчета прочности " (ВСН 51.4-85) разработаны институтом электросварки им. Е.О.Патона АН УССР, Государственным научно-исследовательским и проектным институтом по освоению месторождений нефти и газа "Гипроморнефтегаз" Мингазпрома , Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций им.В.А.Кучеренко Госстроя СССР и Центральным научно-исследовательским и проектным институтом строительных металлоконструкций им.Н.П.Мельникова Госстроя СССР.

ИСПОЛНИТЕЛИ: НИПИ "Гипроморнефтегаз" - Джафаров А.М., к.т.н.;Самедов Ф.С.,к.т.н.;Таирли З.М., инж.;Гаджиев Р.А.,к.т.н.

ИЭС им.Е.О.Патона АН УССР - Новиков В.И. к.т.н.;Гарф Э.Ф.,к.т.н.;Юрко Л.Я.,инж.; Литвиненко А.Е.,инж.

ЦНИИСК им.Кучеренко - Решетников Б.Н.,к.т.н; Цетлин Б.С.,к.т.н.

ЦНИИпроектстальконструкция им.Мельникова- Емельянов Б.Н.,инж.

Внесены Государственным научно-исследовательским и проектным институтом по освоению месторождений нефти и газа "Гипроморнефтегаз"

Директор А.М.Джафаров

Согласованы Госстроем СССР
письмо от "23" мая 1985 г.
№ ДП-2309-01

Утверждены Министерством газовой промышленности
Первый заместитель Министра
В.И.Тимонин

Введены в действие Распоряжением Министерства газовой промышленности от "3" июня 1985г.№ВТ- 45

Министерство газовой промышленности (Мингазпром)	Ведомственные строительные нормы	ВСН 51.4-85
	Бесфасоночные узлы конструкций из труб морских нефтегазопромысловых сооружений. Методика расчета прочности	Впервые

Настоящие ведомственные строительные нормы дополняют ВСН 51.3-85 "Проектирование морских стационарных платформ" и должны соблюдаться при проектировании вновь возводимых и реконструируемых (расширяемых) стальных конструкций морских нефтегазопромысловых сооружений.

Внесены Государственным научно-исследовательским и проектным институтом по освоению месторождений нефти и газа "Гипроморнефтегаз"	Утверждены распоряжением Мингазпрома от "3" июня 1985г. № ВТ-845	Срок введения в действие 01 октября 1985г.

I. Методика расчета распространяется на бесфасоночные узлы конструкций из стальных труб с пределом текучести не более 600 МПа, состоящие из одного не прерывающегося в узле элемента (пояса) и одного или нескольких примыкающих элементов (стоек, раскосов). Каждый из примыкающих элементов может быть соединен либо только с поясом, либо с поясом и одним или двумя другими примыкающими элементами (черт.I). Для элементов узла должны выполняться следующие условия:

$$D/T \le 60; \qquad 0.2 < d/D \le 1.0, \tag{I}$$

где D и T – соответственно наружный диаметр и толщина стенки пояса;

d – наружный диаметр примыкающего элемента.

Примечание. Методика не распространяется на узлы с деформированными (сплющенными) концами трубчатых элементов.

2. Расчет пространственных узлов допускается выполнять путем последовательного расчленения их на плоские. В случае, если в сечение, поперечное к оси пояса пространственного или Х-образного (см.черт.I,к) узла, попадают примыкающие элементы с усилиями разных знаков, расчет такого узла следует выполнять дважды: как плоского – по пунктам 4,5,6 и как пространственного–по пункту I0 настоящих норм.

3.Расчет узлов на прочность следует выполнять последовательной проверкой на возможные расчетные сочетания усилий(продольная сила, изгибающий момент в плоскости узла, изгибающий момент из плоскости узла) в каждом из примыкающих элементов, определяемые статическим расчетом конструкции в целом.

4. Прочность узла проверяется по формуле

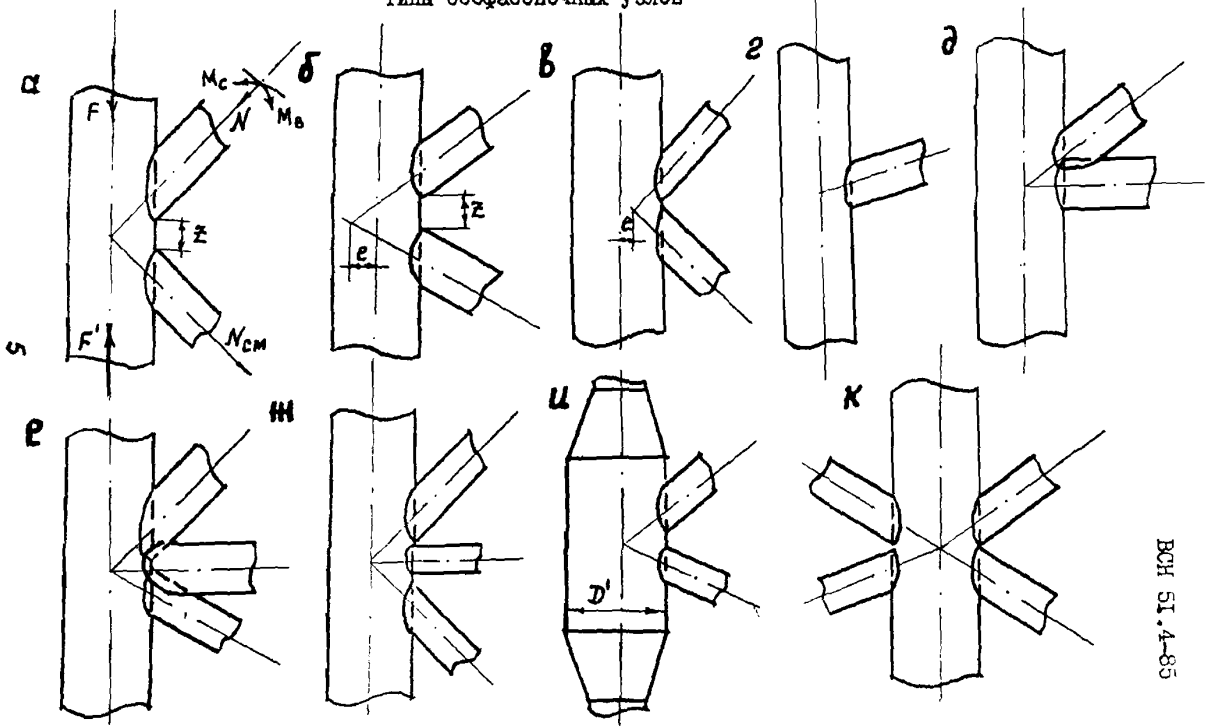
$$\sigma_э = \frac{(D/T)^{0.8}(d/D)^{1.2}}{K_y \cdot d \cdot T}\left(\frac{|M| \cdot K_\varphi}{1.41 \cdot K_\varphi \cdot m \cdot K_y} + \frac{M_b \cdot K_\varphi}{2.34 \cdot d} + \frac{M_c \cdot K_\varphi}{4.91 \cdot d}\right) \le R_y \gamma_c \tag{2}$$

где $\sigma_э$ – условное напряжение в поясе в месте примыкания элемента;

R_y – расчетное сопротивление материала пояса;

N – продольная сила в рассматриваемом примыкающем элементе;

Типы бесфасоночных узлов



Черт. I.

$M_в$ и $M_с$ – изгибающие моменты в рассматриваемом примыкающем элементе, действующие соответственно в плоскости узла (в плоскости, проходящей через оси пояса и примыкающего элемента) и из плоскости узла;

K_y – коэффициент, учитывающий повышение прочности узла:

при $d/D > 0.625$ $$K_y = \frac{1.56}{d/D\,(5-4\,d/D)}; \quad (3)$$

при $d/D \le 0.625$ $$K_y = 1 \quad (4)$$

γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным:

при $\sigma_т/\sigma_в \le 0.7$ $\gamma_c = 1$; при $\sigma_т/\sigma_в > 0.7$ $\gamma_c = 0.9$

$\sigma_т$ – предел текучести стали;

$\sigma_в$ – временное сопротивление стали разрыву;

m – коэффициент, учитывающий влияние продольной силы в поясе:

если на участке пояса со стороны рассматриваемого примыкающего элемента действуют напряжения сжатия ($\sigma_N < 0$),

$$m = 1 + 0.4\frac{\sigma_N}{R_y}. \quad (5)$$

при $\sigma_N \ge 0$ $m = 1$ (5а)

$K_ф$ – коэффициент, учитывающий влияние на прочность типа и конструктивных особенностей узла, а также характера нагружения; значения $K_ф$ приведены в табл.1;

K_θ – коэффициент, учитывающий повышение прочности узла с уменьшением угла θ при воздействии продольной силы или момента из плоскости узла:

$$K_\theta = (\sin\theta)^{1.5} \quad (6)$$

θ – угол между осями пояса и рассматриваемого примыкающего элемента ($\theta \le 90°$);

K_p – коэффициент, учитывающий знак продольной силы в рассматриваемом примыкающем элементе:

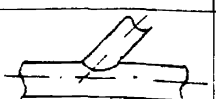
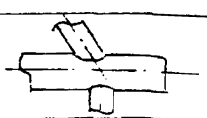
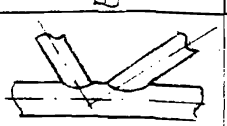
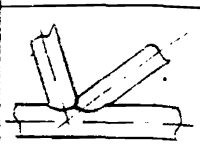
при $N < 0$ $$K_p = 1; \quad (7)$$

при $N \ge 0$ $$K_p = 1.9 - 0.9\,d/D; \quad (8)$$

K_g - коэффициент, учитывающий повышение прочности узла с уменьшением θ при воздействии момента в плоскости узла:

$$K_g = (\sin\theta)^{0.75} \qquad (9)$$

Таблица I

Тип узла	Эскиз узла	Выражение для определения K_ϕ	Примечание
"У"		$K_\phi = 1,0$	-
"Т"		$K_\phi = 0,8$	-
"К" с непересекающимися примыкающими элементами		$K_\phi = 1.0 - \frac{N_{cm}\sin\theta_{cm}}{N\sin\theta} \times (0.5 - 2\frac{z}{D})$	N_{cm} и N - с учетом знака. При $\frac{z}{D} > 0,25$ $= 1,0$
"К" с пересекающимися примыкающими элементами		$K_\phi = 1.0 - 0.5 \times \frac{N_{cm}\sin\theta_{cm}}{N\sin\theta}$	N_{cm} и N - с учетом знака.
		$K_\phi = 1,5$	При проверке по формуле (II).

$N_{см}$ – продольная сила в примыкающем элементе, смежном с рассматриваемым и расположенном в одной с ним плоскости;

x – минимальное расстояние между рассматриваемым и смежным примыкающими элементами по образующей пояса;

$\theta_{см}$ – угол между поясом и примыкающим элементом, смежным с рассматриваемым и расположенным в одной с ним плоскости.

5. В случае, если примыкающие элементы пересекаются между собой, узел следует выполнять так, чтобы один из элементов был приварен к поясу по всему периметру сопряжения (черт.I,д).

Расчет прочности такого узла на усилия в элементе, примыкающем по всему периметру к поясу, выполняется по формуле (2). В этом случае продольную силу в элементе следует принимать равной $N + \Delta N$, где

$$\Delta N = N_{см} \cdot k_s^{d} \frac{\sin\theta_{см}}{\sin\theta} \qquad (10)$$

при этом должно выполняться условие

$$|N_{см}| \le \frac{11{,}42 \cdot d_{см} \cdot t \cdot k_\varphi \cdot k_\rho \cdot k_\gamma \cdot R_y d}{(d/t)^{4,8} (d_{см}/d)^{0,2} \cdot k_\theta} \qquad (11)$$

Если это условие не выполняется, значение $N_{см}$ в формуле (10) следует определять по формуле (11).

В формулах (10) и (11) приняты следующие обозначения:

ΔN – дополнительная продольная сила, условно передаваемая со смежного примыкающего элемента на рассматриваемый;

k_s^{d} – коэффициент, учитывающий часть сечения смежного примыкающего элемента, соответствующую участку его пересечения с рассматриваемым, и определяемый в соответствии с п.7;

t – толщина стенки рассматриваемого примыкающего элемента;

$d_{см}$ – диаметр смежного примыкающего элемента, частично пересекающегося с рассматриваемым;

$R_y d$ – расчетное сопротивление материала рассматриваемого примыкающего элемента.

$k_\gamma, k_\rho, k_\theta$ в формуле (11) следует определять по п.4 с заменой d на $d_{см}$, D на d, θ на угол между рассматриваемым и смежным элементами.

6. При расчете прочности узла на усилие в элементе, примыкающем частично к поясу, частично к смежному элементу, должно выполняться условие

$$\sigma_D \cdot K_s^D + \sigma_d \cdot K_s^d \leq K_s^D \cdot R_y + K_s^d \cdot R_{yd}, \qquad (12)$$

где σ_D – напряжение, определяемое по формуле (2) в предположении, что рассматриваемый элемент примыкает только к поясу;

σ_d – напряжение, определяемое по формуле (2) в предположении, что рассматриваемый элемент примыкает только к смежному элементу, который в данном случае выполняет роль пояса;

R_y и R_{yd} – соответственно расчетное сопротивление материала пояса и примыкающего элемента, на который происходит опирание рассматриваемого элемента;

коэффициенты K_s^D и K_s^d определяются по формулам:

$$K_s^D = \frac{S^D}{\pi d}; \qquad (13)$$

$$K_s^d = \frac{S^d}{\pi d}; \qquad (14)$$

где S^D и S^d – длины дуг окружностей сечения рассматриваемого примыкающего элемента, соответствующие участкам пересечения его с поясом и со смежным элементом;

при этом $$K_s^D + K_s^d = 1 \qquad (15)$$

7. Расчет узлов с тремя примыкающими элементами (черт.1е), когда средний элемент примыкает частично к поясу, а частично к двум смежным элементам, должен выполняться аналогично изложенному в п.п. 5 и 6.

8. Расчет прочности узла с трубчатой вставкой (черт.I,и) выполняется по пунктам 4,5,6, где вместо D и T принимаются диаметр D' и толщина T' трубчатой вставки.

9. Расчет узлов, являющихся комбинацией К-образных и Х-образных (черт.I,к), следует осуществлять по пунктам 4,5,6 с заменой коэффициента K_Φ на произведение $K_\Phi \cdot K'_\Phi$. Коэффициент K'_Φ определяется по формуле

$$K'_\Phi = 1 - 0.2 \frac{\Sigma (N_1 \cdot \sin \theta_1)}{\Sigma (N_2 \cdot \sin \theta_2)} \qquad (16)$$

при этом следует принимать $\Sigma(N_A \cdot \sin\theta_A) \leq \Sigma(N_n \cdot \sin\theta_n)$,

где $\Sigma(N_A \sin\theta_A)$ – сумма проекций усилий одного знака в элементах, расположенных по одну сторону от пояса на ось, перпендикулярную оси пояса;

$\Sigma(N_n \sin\theta_n)$ – сумма проекций усилий того же знака в элементах, расположенных по другую сторону от пояса на ось, перпендикулярную оси пояса.

10. Расчет пространственного узла конструкций из трубчатых элементов, состоящего из одного непрерывающегося в узле элемента (пояса) с тонкостенностью D/T не менее 20 и не более 60 и $n+1$ примыкающих элементов (черт.2), на прочность стенки пояса следует производить для примыкания каждого элемента при всех расчетных сочетаниях усилий в элементах узла по формуле:

$$\left| \frac{N/\gamma_d + (1{,}7M_g + 2{,}5M_c)/d}{\varphi} \sin\theta + \sum_{i=1}^{n} \varepsilon_i \eta_i \frac{N_i \sin\theta_i}{\varphi_i} \right| \leq m \cdot S, \quad (17)$$

где N – продольная сила в рассматриваемом примыкающем элементе, принимая с учетом знака (плюс при растяжении, минус при сжатии);

N_i – то же для каждого примыкающего элемента, смежного с рассматриваемым;

M_g – изгибающий момент в рассматриваемом элементе в плоскости узла в сечении, проходящем через пятку (момент от жесткости узлов допускается не учитывать);

M_c – то же из плоскости узла;

θ – угол между осями пояса и рассматриваемого примыкающего элемента;

S – характеристика несущей способности пояса, определяемая по формуле

$$S = 13(1 + 0{,}02D/T)T^2 R_y \gamma_c \quad (18)$$

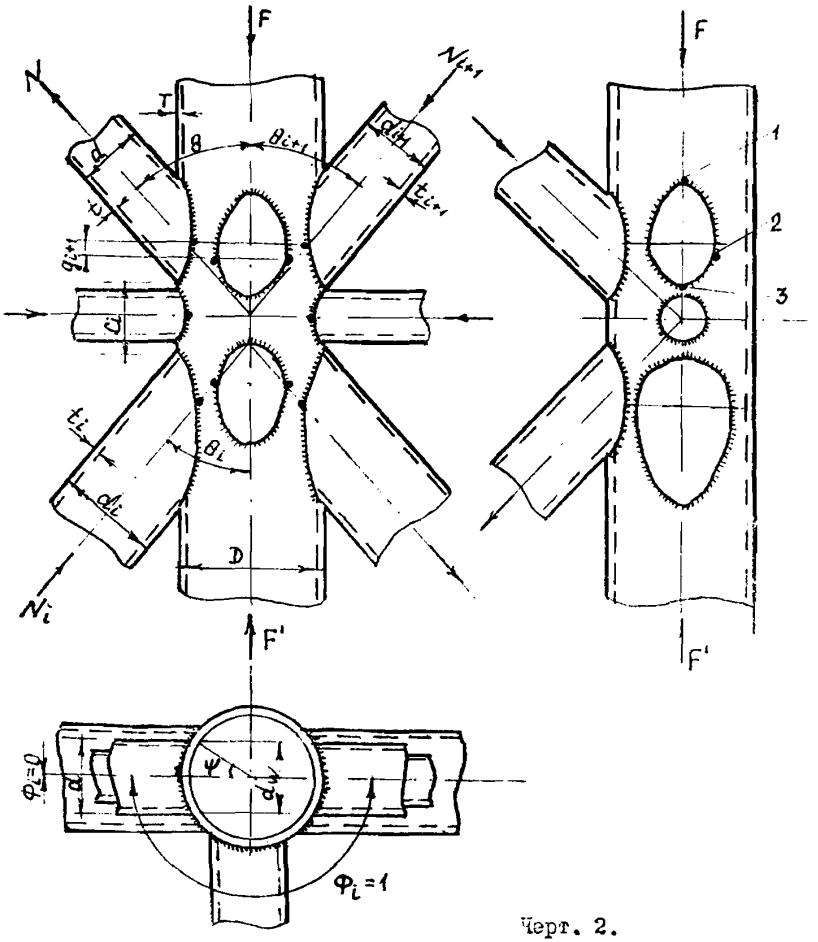
γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый согласно п.4;

ε_i и η_i – коэффициенты влияния расположения каждого из смежных примыкающих элементов по отношению к рассматриваемому, определяемые по табл.2;

m – коэффициент, учитывающий влияние продольной силы в поясе и определяемый согласно п.4;

Пример бесфасоночного пространственного узла

I - пятка, 2 - борт, 3 - носок



Черт. 2.

Таблица 2

Формулы для определения $\mathcal{E}_i$ и η_i

Расположение оси смежного примыкающего элемента относительно оси рассматриваемого	Тип узла	g	$\mathcal{E}_i$	η_i
В той же плоскости и с той же стороны пояса ($\Phi = 0$)	К	-	1	$1 - \frac{13\xi_i(1+0.02\frac{D}{T})}{1+0.04D/T}$
В той же плоскости, но с противоположной стороны пояса ($\Phi = \pi$).	Х	$\frac{0 \le g < D}{g \ge D}$	$\frac{\cos^2 \frac{\pi g}{2D}}{0}$	$\frac{6\Psi(1+0.02\frac{D}{T})}{1+5.4\beta_i+5.6\beta_i^2} - 1$
В плоскости под углом $0 < \Phi \le \pi/2$	L	$\frac{0 \le g < D/2}{g \ge D/2}$	$\frac{\cos^2 \frac{\pi g}{D}}{0}$	$-\frac{1}{4.71/\Phi + 1}$

При $\pi/2 < \Phi < \pi$ следует $\mathcal{E}_i$ и η_i принимать по интерполяции между значениями для $\Phi = \pi/2$ ($\eta_i = -0.25$) и $\Phi = \pi$

Значения Ψ следует принимать:

при $C \le 0$ $\Psi = 0.6$;

при $0 < C < D$ $\Psi = 1 - 0.4(1 - C/D)^4$;

при $C \ge D$ $\Psi = 1$

Обозначения, принятые в табл.2 (черт.2):

Φ - угол между плоскостями примыкания смежного и рассматриваемого примыкающих элементов в радианах (плоскость примыкания проходит через ось примыкающего элемента параллельно оси пояса);

C - наименьшее расстояние вдоль оси пояса между сварными швами, прикрепляющими к поясу рассматриваемый и смежный элементы решетки (продольный просвет);

g - расстояние вдоль пояса между бортами рассматриваемого и смежного примыкающих элементов;

$\beta_i = d_i/D$ - отношение диаметра смежного элемента к диаметру пояса.

γ_d – коэффициент влияния знака усилия в рассматриваемом примыкающем элементе, принимаемый равным I,25 при растяжении и I,0 в остальных случаях;

$$\varphi = \arcsin \beta_w \qquad (I9)$$

при $\beta \leq 0,7$ допускается принимать $\varphi = I,05\beta$, (20)

а при $\beta > 0,7$ $\varphi = I,05\beta\,(I+0,I5\beta^3)$; (2I)

φ_i – то же для каждого из смежных примыкающих элементов;

$$\beta_w = d_w/D; \quad \beta = d/D$$

d_w – ширина охвата пояса рассматриваемым примыкающим элементом между кромками сварного шва (при $\beta \leq 0,7$ допускается принимать $d_w = d$, при $\beta > 0,7$ $d_w = d - t$).

ВЕДОМСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ
Бесфасоночные узлы конструкций из труб морских нефтегазопромысловых сооружений. Методика расчета прочности ВСН

51.4-85 Редактор, отв. за выпуск Л.И.Пахалюк. Сдано в печать 15.04.85. Формат 60 х 84/16. Бумага писчая. Офсетная печать. Заказ №5211. Уч.-изд.л. 0,7. Печ.л.1,0. Тираж бесплатно. Издатель: Мингазпром. 117939, г.Москва, ул.Строителей, 8. Отпечатано в Вентспилсской типографии "Диесма" Госкомиздата Латв.ССР 228600, г.Вентспилс, ул.А.Упита 7.

gost.e-ecolog.ru