



ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТРУБ

Э. Ф. ГАРФ

Рассмотрены особенности проектирования решетчатых металлических конструкций из цилиндрических труб, определяемые спецификой напряженно-деформированного состояния и прочности сварных узловых соединений. Показано, что условия снижения массы элементов конструкций и обеспечения прочности узловых соединений зачастую прямо противоположны, в связи с чем оптимальные решения могут быть достигнуты путем расчета узловых соединений на действующие статические и периодические нагрузки. Изложены современные методики оценки прочности узлов из труб с непосредственным примыканием элементов при статическом и многоцикловом нагружениях, разработанные в Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины.

The paper deals with the features of design of latticed metal structures of cylindrical pipes, determined by the specifics of the stressed-strained state and strength of welded connections. It is shown that the conditions of lowering the weight of the structural elements and provision of the strength of connections are often quite opposite, so that optimal solutions may be found by designing the connections for acting static and periodical loads. Modern procedures are described of evaluation of the strength of tubular connections with directly abutted elements under static and high-cycle loading, developed at the E.O.Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine.

Известно, что применение цилиндрических труб в стержневых системах имеет ряд преимуществ, реализация которых позволяет при прочих равных условиях на 15...20 % снизить массу металла. Наиболее существенными с точки зрения снижения массы конструкций являются повышенные геометрические характеристики сечений и снижение внешних воздействий на конструкцию при ветровой и волновой нагрузках. В ряде случаев важным преимуществом конструкций из труб является снижение затрат на их эксплуатацию.

Вместе с тем, рациональное использование труб в конструкциях требует учета ряда особенностей при их проектировании. В качестве иллюстрации

на рис. 1 для ряда трубчатых сечений представлена зависимость радиуса инерции сечения от его тонкостенности, выраженной отношением диаметра к толщине стенки (D/t). Из рисунка видно, что эффективность использования в сжатых элементах конструкции трубчатых сечений существенно зависит от тонкостенности и возрастает с ростом последней. Однако рост тонкостенности трубчатого сечения должен быть ограничен критерием местной потери устойчивости. Расчеты показывают, что при равномерном распределении сжимающих напряже-

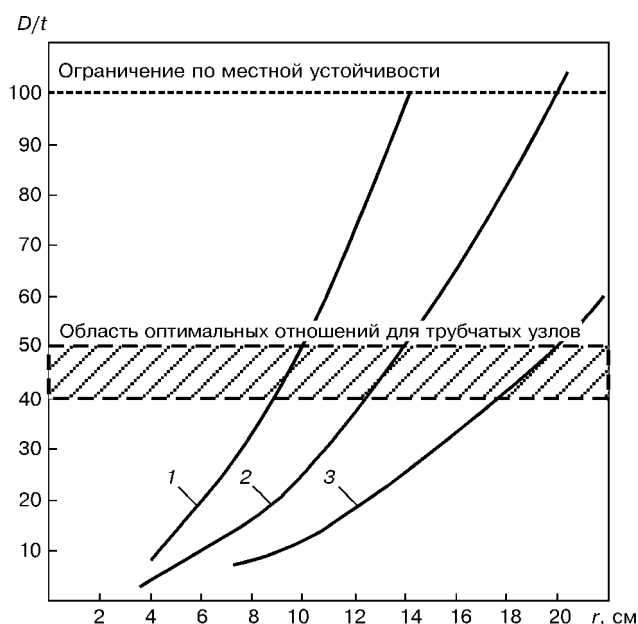


Рис. 1. Зависимость радиуса инерции от отношения D/t для площади поперечного сечения трубы, см²: 1 – 50; 2 – 100; 3 – 200

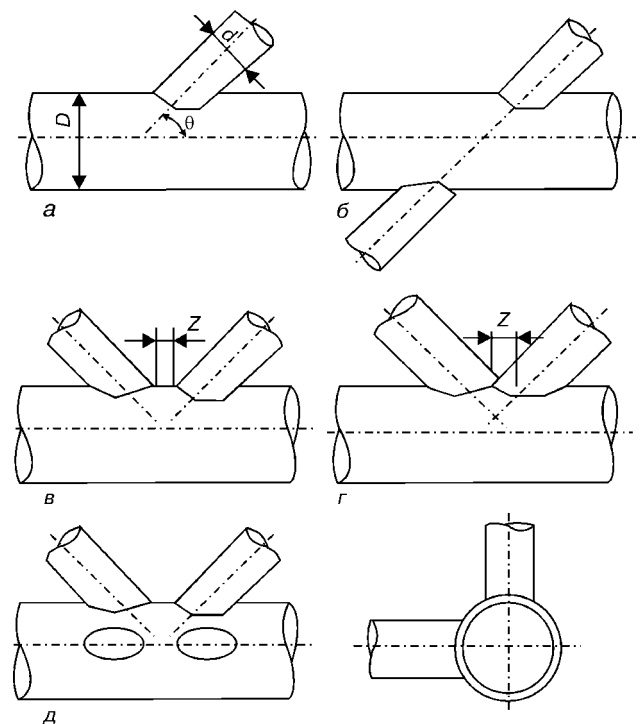


Рис. 2. Конструктивные решения узлов с непосредственным примыканием элементов решетки к поясу: а – Т-узел; б – Х-узел; в, з – К-узлы соответственно с непересекающимися и пересекающимися элементами решетки; д – пространственный узел



ний по сечению опасность местной потери устойчивости отсутствует при значениях $D/T \leq 100$. В случае неравномерного распределения напряжений по сечению местная потеря устойчивости может иметь место при существенно меньших значениях тонкостенности.

В стержневых конструкциях из труб особое внимание следует уделять узловым соединениям. При этом целесообразно рассматривать технологический, конструктивный и прочностной аспекты проектирования узлов. С позиций технологии выполнения соединений несомненное преимущество имеет сварка. Она позволяет выполнить соединение без дополнительных элементов, т. е. с наименьшими затратами металла при минимальной трудоемкости. С позиций конструктивного оформления узловых соединений наибольшими преимуществами обладают узлы с непосредственным примыканием элементов (рис. 2). Такие узлы имеют относительно равномерное распределение напряжений в сечениях элементов, примыкающих к узловому соединению, исключают, как правило, наличие дополнительных конструктивных элементов, и имеют сравнительно высокую прочность [1]. Важно также и то, что прочность узловых соединений с непосредственным примыканием элементов достаточно хорошо изучена как при статическом, так и при циклическом нагружении, и может быть определена расчетным путем. С позиций прочности узловых соединений необходимо рациональное конструктивное оформление узлов, выбор оптимальных геометрических параметров элементов и служебных свойств материалов.

Следует отметить, что узловые соединения в конструкциях из труб являются наиболее ответственными элементами, зачастую определяющими прочность всего сооружения, поэтому их проектированию и расчету необходимо уделять особое внимание [2].

За предельное состояние трубчатого узла при статическом нагружении принимают разрушение или деформирование участка поясного элемента под действием усилия в примыкающем к поясу элементе решетки. Расчет на прочность выполняется последовательно на действие расчетных сочетаний усилий в каждом элементе решетки рассматриваемого узла. Расчетные сочетания усилий в элементах определяются статическим расчетом конструкции. Если условие прочности не выполняется хотя бы для одного из элементов решетки, то прочность узла в целом считается не обеспеченной. На практике в большинстве случаев не представляет труда установить ограниченное количество элементов решетки в узле, для которых выполнение условий прочности обеспечивает прочность узла. Это же касается и выбора наиболее нагруженных узлов в конструкции.

В общем случае в элементе решетки пространственной конструкции у места его примыкания к поясу действуют: продольное усилие (P), изгибающий момент, направленный в плоскости, определяемой рассматриваемым элементом решетки и поясом (M_b) и изгибающий момент, направленный из плоскости узла (M_c).

Вероятностно статистический анализ значительного количества результатов натурных испытаний трубчатых узлов в широком диапазоне изменения их геометрических, конструктивных и прочностных параметров позволил получить выражение для расчета статической прочности узлов решетчатых конструкций из труб:

$$\sigma^D = \frac{(D/T)^{0,8} (d/D)^{0,2}}{K_\gamma d T} \times \left[\frac{|P|}{11,42 K_\phi K_p m K_\theta} + \sqrt{\left(\frac{M_b}{9,31 d K_b} \right)^2 + \left(\frac{M_c}{4,91 d K_c} \right)^2} \right] \leq R_y \gamma_c \quad (1)$$

Здесь D и T — соответственно наружный диаметр и толщина стенки поясной трубы; d — наружный диаметр элемента решетки; σ^D — эффективные напряжения в поясе, вызываемые действием усилий в элементе решетки; K_γ — коэффициент, учитывающий изменение прочности узла в зависимости от отношения наружного диаметра раскоса к наружному диаметру пояса (d/D); K_θ , K_b , K_c — коэффициенты, учитывающие влияние на прочность узла угла наклона раскоса к поясу при нагружении соответственно P , M_b , M_c ; R_y — расчетное сопротивление материала поясной трубы; γ_c — коэффициент условий работы, отражающий влияние на прочность узла пластических свойств стали поясной трубы; K_ϕ — коэффициент, учитывающий влияние на прочность типа и конструктивных особенностей узла, а также характера его нагружения; K_p — коэффициент, учитывающий знак продольной силы в рассматриваемом и рядом расположенном элементах решетки; m — коэффициент, учитывающий влияние на прочность узла знака и уровня напряжений, действующих в поясной трубе со стороны рассматриваемого элемента решетки.

Коэффициенты в формуле (1) определяются из следующих выражений:

$$K_\gamma = \frac{1,56}{d/D(5 - 4d/D)} \text{ при } d/D > 0,625; \quad (2)$$

$$K_\gamma = 1,0 \text{ при } d/D \leq 0,625; \quad (2a)$$

$$m = 1 + 0,4 \sigma_p / R_y, \quad (3)$$

если на участке пояса со стороны рассматриваемого примыкающего элемента действуют напряжения сжатия ($\sigma_p \leq 0$) и $m = 1,0$, если $\sigma_p > 0$;

$$K_\theta = (\sin\theta)^{-1,5}; K_b = (\sin\theta)^{-0,75}; K_c = (\sin\theta)^{-1,5}, \quad (4)$$

где θ — угол между осями пояса и рассматриваемого раскоса, $\theta \leq 90^\circ$;

$$K_p = 1,9 - 0,9d/D, \quad (5)$$

если в рассматриваемом элементе решетки действует растягивающее усилие $P \geq 0$ и $K_p = 1,0$, если $P < 0$;

$\gamma_c = 1,0$, если отношение предела текучести стали поясной трубы к его временному сопротивлению разрыву $\sigma_T / \sigma_b \leq 0,7$. Если $\sigma_T / \sigma_b > 0,7$, то $\gamma_c = 0,9$.



Таблица 1. Значение конструктивного коэффициента K_ϕ для трубчатых узлов.

Тип узла	Эскиз узла	Выражение для определения K_ϕ	Примечание
T-узлы		$K_\phi = 1,0$	—
X-узлы		$K_\phi = 0,8$	—
K-узлы с непересекающимися раскосами		$K_\phi = 1,0 - \frac{P_{см} \sin \theta_{см}}{P \sin \theta} (0,5 - 2Z/D)$	$P_{см}$ и P с учетом знака. При $Z/D > 0,25$ принимать $Z/D = 0,25$
K-узлы с пересекающимися раскосами		$K_\phi = 1,0 - 0,5 \frac{P_{см} \sin \theta_{см}}{P \sin \theta}$	$P_{см}$ и P с учетом знака
		$K_\phi = 1,5$	При проверке по формуле (7)

При разработке выражения для определения значения K_ϕ в качестве критерия принят T-узел, для которого $K_\phi = 1,0$. Статистический анализ результатов испытаний показывает, что для X-узлов $K_\phi = 0,8$. Для K-узлов K_ϕ зависит от расстояния между носками раскосов — Z , точнее от отношения этого расстояния к диаметру пояса и соотношения вертикальных составляющих усилий в рассматриваемом и рядом расположенном раскосе. Выражения для определения K_ϕ в зависимости от конструктивного решения плоских узлов представлены в табл. 1, где приняты следующие обозначения: $P_{см}$ — продольная сила в примыкающем элементе, смежном с рассматриваемым и расположенным в одной с ним плоскости; $\theta_{см}$ — угол между поясом и примыкающим элементом, смежным с рассматриваемым и расположенным в одной с ним плоскости, $\theta_{см} \leq 90^\circ$; Z — минимальное расстояние между рассматриваемым и смежным примыкающим элементом по образующей пояса.

В случае пересекающихся элементов решетки, узел следует выполнять так, чтобы один из элементов (большого диаметра) был приварен к поясу по всему периметру сопряжения. Значение продольной силы в рассматриваемом элементе следует принимать равным $P + \Delta P$, где ΔP — усилие, которое передается на рассматриваемый элемент со смежного через участок взаимного сопряжения и определяется из выражения:

$$\Delta P = P_{см} K_s^d \frac{\sin \theta_{см}}{\sin \theta} \quad (6)$$

При этом должно выполняться условие, согласно которому рассматриваемый элемент решетки способен воспринять усилие ΔP , т.е.

$$|P_{см}| \leq \frac{11,42 d_{см} t K_\phi K_p K_\gamma R_{yd}}{(d/t)^{0,8} (d_{см}/d)^{0,2} K_\theta} \quad (7)$$

Если это условие не выполняется, то значение $P_{см}$ в формуле (6) следует определять по правой части формулы (7).

В выражениях (6) и (7) приняты следующие обозначения: ΔP — дополнительная продольная сила, условно передаваемая со смежного раскоса на рассматриваемый; K_s^d — коэффициент, учитывающий часть сечения смежного раскоса, соответствующую участку его пересечения с рассматриваемым; t и R_{yd} — соответственно толщина стенки и расчетное сопротивление материала рассматриваемого раскоса; $d_{см}$ — диаметр смежного элемента, частично пересекающегося с рассматриваемым. Коэффициенты K_p , K_γ , K_θ в формуле (7) определяются в предположении, что роль пояса выполняет раскос, на который частично опирается смежный элемент.

При расчете прочности узла с пересекающимися элементами решетки на усилие в элементе, частично примыкающем к поясу, частично к смежному элементу, должно выполняться условие:

$$\sigma_D K_s^D + \sigma_d K_s^d \leq K_s^D R_y + K_s^d R_{yd} \quad (8)$$

где σ_D — напряжение, определяемое по формуле (1) в предположении, что рассматриваемый элемент примыкает только к поясу; σ_d — напряжение, определяемое по формуле (1) 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 опирается рассматриваемый элемент.

Коэффициенты K_s^D и K_s^d определяются из выражений:

$$K_s^D = S^D / \pi d, \quad K_s^d = S^d / \pi d, \quad (9)$$



где S^D и S^d — длины дуг окружностей сечения рассматриваемого элемента, соответствующие участкам пересечения его с поясом и со смежным элементом; при этом $K_s^D + K_s^d = 1,0$.

Аналогичная идеология используется при расчете узлов с тремя примыкающими элементами.

Приведенный подход позволяет оценить влияние отдельных параметров на прочность трубчатых узлов. Наиболее существенное влияние оказывает толщина стенки поясного элемента. Прочность узла линейно связана с пределом текучести материала пояса. Прочность узлов возрастает с увеличением соотношения диаметров раскоса и пояса. Для K -образных узлов их прочность возрастает с уменьшением расстояния между носками раскосов ($Z/D \leq 0,25$), но при условии разных знаков усилий в элементах решетки. С увеличением угла примыкания раскоса к поясу вне зависимости от вида нагружения прочность узлов снижается.

Нетрудно видеть, что требования к геометрическим параметрам элементов с позиций прочности узлов и снижения общей массы конструкции в ряде случаев прямо противоположны. В этой связи одним из условий оптимального проектирования конструкций из труб является максимальное снижение массы отдельных элементов при обязательном обеспечении прочности узловых соединений. Поэтому необходимость обеспечения прочности узловых соединений требует, как правило, ограничения тонкостенности трубчатых элементов $D/T = 40...50$ (см. рис. 1).

Ряд решетчатых конструкций в процессе эксплуатации подвергаются циклическому нагружению. К ним в первую очередь относятся морские стационарные платформы, башни, мачты и пр. Сопротивление усталости таких конструкций в большинстве случаев определяется наиболее нагруженными узловыми соединениями. Это объясняется неравномерностью напряженного состояния вдоль линии сварных соединений и по толщине металла в узлах, а также наличием концентрации напряжений в зоне перехода от сварного шва к основному металлу.

Многочисленные исследования [3–5 и др.] свидетельствуют о том, что зарождение усталостного разрушения в трубчатых узлах всегда имеет место по границе перехода от сварного шва к основному металлу в зонах с наиболее высоким уровнем рабочих напряжений в так называемых горячих точках, расположенных на наружной поверхности. В зависимости от геометрических размеров пояса и раскоса трещина усталости может зарождаться либо в элементе пояса, либо в элементе решетки, поэтому расчет на усталость трубчатых узлов должен выполняться раздельно для пояса и для раскоса.

Общепринятые методики оценки сопротивления усталости сварных соединений [6, 7] неприемлемы для трубчатых узлов в силу особенностей их напряженно-деформированного состояния в зоне сварных соединений. Поэтому методики оценки сопротивления усталости трубчатых узлов основаны на обобщении результатов натуральных испытаний

узлов и имеют ряд отличий, связанных с выбором параметра нагруженности узла, характеризующего его сопротивление усталости вне зависимости от геометрических и конструктивных параметров, а в ряде случаев и вида нагружения.

Заметим, что при оценке сопротивления усталости трубчатых узлов в качестве параметра нагруженности используют либо размах напряжений, либо размах нагрузки, исходя тем самым из предположения, что коэффициент асимметрии цикла нагружения не оказывает существенного влияния на сопротивление усталости трубчатых узлов в достаточно широком диапазоне долговечностей. Правомочность такой предположения подтверждается анализом результатов испытаний и объясняется, видимо, тем, что концентрация напряжений в «горячих точках» в сочетании с остаточными напряжениями создает в трубчатых узлах условия, при которых максимальные напряжения цикла в зоне соединения всегда достигают предела текучести стали, из которой изготовлен узел.

Важным является и то, что сопротивление усталости трубчатых узлов практически не зависит от механических свойств стали. Поэтому применение сталей повышенной и высокой прочности в трубчатых конструкциях, работающих на усталость, требует определенной осторожности и обязательной проверки расчетом, так как предполагает соответствующий уровень рабочих напряжений в узлах.

В мировой практике существуют различные подходы к оценке сопротивления усталости трубчатых узлов [8–10]. Остановимся на одном из них, имеющем, по нашему мнению, определенные преимущества в части диапазона геометрических параметров и конструктивных решений узлов. Он основан на подходе к оценке долговечности трубчатых узлов с позиций эффективных напряжений [11]. Значения размахов эффективных напряжений от динамических усилий в элементах узла определяются согласно выражениям, полученным для оценки статической прочности, но с учетом некоторых особенностей, связанных с циклическим нагружением узлов и местами зарождения усталостного разрушения. В частности при определении размаха эффективных напряжений при расчете на усталость трубчатых узлов не учитывается уровень номинальных напряжений в поясе и знак усилия в раскосе. С учетом сказанного размахи эффективных напряжений в поясе от различных силовых воздействий определяются из выражений:

$$2\sigma_a^D = \frac{(D/T)^{0,8}(P_{\max} - P_{\min})}{12,57K_\phi K_\gamma K_\theta d T (D/d)^{0,2}}, \quad (10)$$

$$2\sigma_a^D = \frac{(D/T)^{0,8}(M_{b\max} - M_{b\min})}{10,24K_\gamma K_b d^2 T (D/d)^{0,2}}, \quad (11)$$

$$2\sigma_a^D = \frac{(D/T)^{0,8}(M_{c\max} - M_{c\min})}{5,4K_\gamma K_c d^2 T (D/d)^{0,2}}. \quad (12)$$



Здесь $P_{\max} - P_{\min}$ — размах продольного усилия в рассматриваемом элементе решетки; $M_{b\max} - M_{b\min}$ — размах изгибающего момента, действующего в плоскости узла в рассматриваемом элементе решетки; $M_{c\max} - M_{c\min}$ — размах изгибающего момента, действующего из плоскости узла в рассматриваемом элементе решетки.

Размахи эффективных напряжений $2\sigma_a^d$ в прымающем к поясу элементе решетки рассматриваются как реактивные по отношению к размахам эффективных напряжений в поясе и их значения зависят

от действия продольной силы $P_{\max} - P_{\min}$

$$2\sigma_a^d = \frac{T}{t}(2\sigma_a^D)_P; \tag{13}$$

от действия изгибающего момента $M_{b\max} - M_{b\min}$

$$2\sigma_a^d = \frac{T}{t}(2\sigma_a^D)_{M_b}; \tag{14}$$

от действия изгибающего момента $M_{c\max} - M_{c\min}$

$$2\sigma_a^d = \frac{T}{t}(2\sigma_a^D)_{M_c}. \tag{15}$$

Если сочетание геометрических размеров элементов трубчатого узла таково, что в раскосе размах эффективных напряжений ниже размаха номинальных, то в качестве параметра нагруженности узла следует принимать значения последних. Характерно, что сопротивление усталости для таких узлов соответствует сопротивлению усталости тавровых соединений с угловыми швами.

Анализ испытаний на усталость сварных трубчатых узлов свидетельствует о том, что с позиций эффективных напряжений одной кривой усталости могут быть обобщены данные, охватывающие различные геометрические параметры узлов и конс-

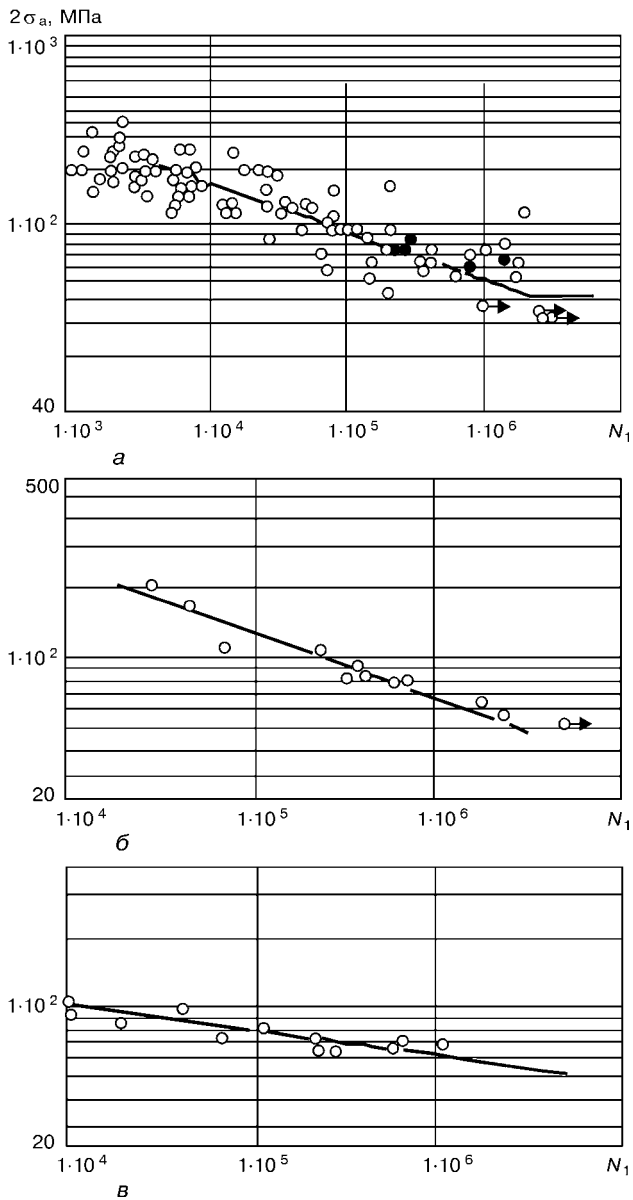


Рис. 3. Результаты испытаний трубчатых узлов и кривые усталости при разрушении по поясу для нагружений: а — продольной силой; б — изгибом в плоскости; в — изгибом из плоскости

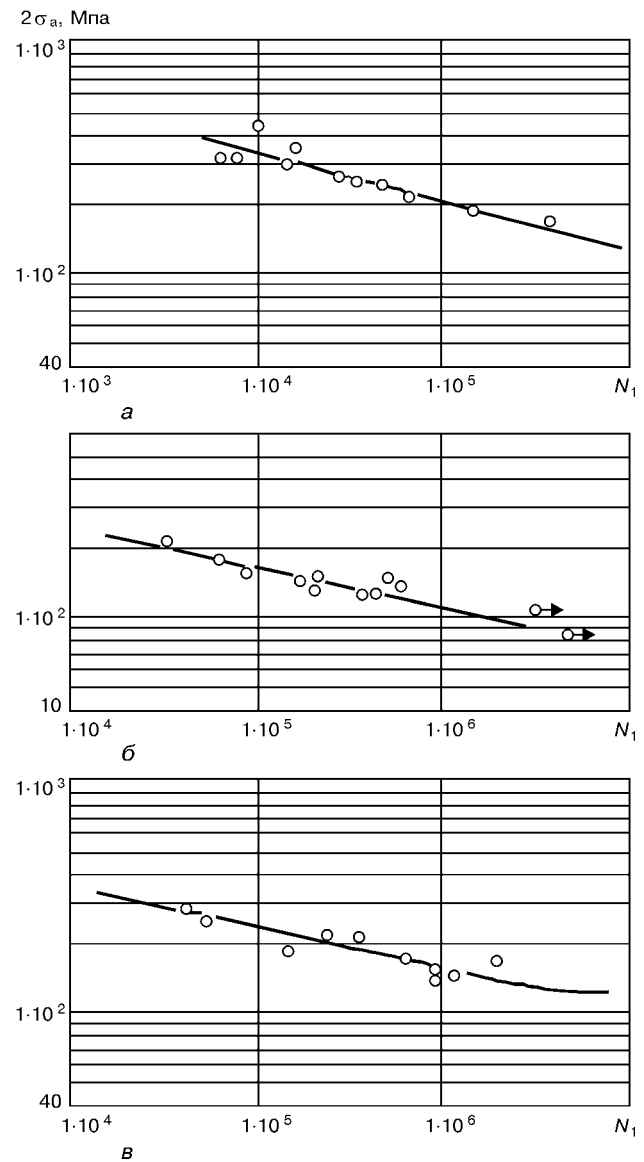


Рис. 4. Результаты испытаний трубчатых узлов и кривые усталости при разрушении по раскосу для нагружений: а — продольной силой; б — изгибом в плоскости; в — изгибом из плоскости

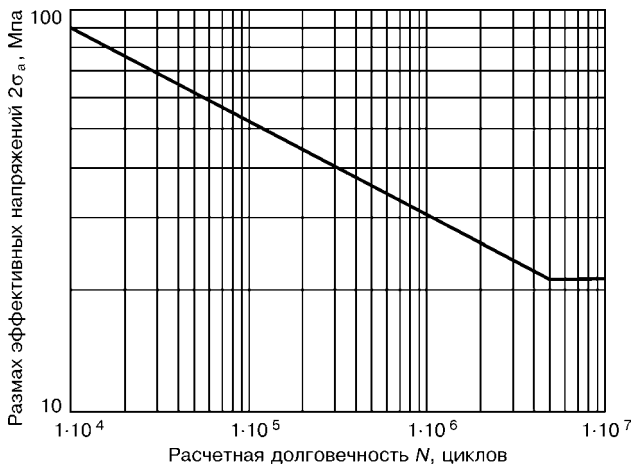


Рис. 5. Расчетная кривая усталости для оценки долговечности трубчатых узлов

структивные решения при условии идентичного характера циклического разрушения и заданного вида нагружения. Следовательно, для получения полной информации о сопротивлении усталости трубчатых узлов необходимы данные для построения кривых усталости от трех видов нагружения — продольной силой, изгибающим моментом в плоскости узла и изгибающим моментом, направленным из плоскости узла, и двух характерных разрушений по зоне сварного соединения — со стороны поясной трубы и со стороны трубы раскоса.

На рис. 3 и 4 приведены кривые усталости, построенные по результатам испытаний крупномасштабных трубчатых узлов, для сочетаний геометрических размеров элементов пояса и раскоса, обеспечивающих соответствующий характер разрушения. Видно, что сопротивление усталости трубчатых узлов при разрушении по элементу решетки заметно выше, чем при разрушении по элементу пояса. Наклон кривых усталости зависит также от вида нагружения.

Исходя из того, что в пространственных конструкциях в элементах решетки могут иметь место одновременно три вида усилий P , M_b и M_c , а узел на каждый вид нагрузки реагирует по-разному, необходимо решать задачу о закономерностях суммирования в узле напряжений, вызванных разными усилиями, и накоплении усталостного повреждения при сложном периодическом нагружении.

Учитывая характер напряженно-деформированного состояния в трубчатых узлах при нагружениях M_b и M_c , расчет на усталость следует выполнять на сумму напряжений от продольной силы и одного из моментов, вносящего большую долю в накопление усталостного повреждения. Вследствие отличия между кривыми усталости при различных нагружениях для определения суммы накопления усталостного повреждения используется прием приведения кривых усталости к одной базовой кривой усталости через соответствующие коэффициенты при параметре напряжений. За базовую принята наиболее обоснованная экспериментально кривая усталости для нагружения продольной силой, вызывающей зарождение усталостной трещины в поясе.

Таблица 2. Значения коэффициентов B и b для разных видов нагружения и характера циклического разрушения

Характер разрушения	Нагружение	Уравнение кривой усталости	B	b
По поясу	P	$N(2\sigma_a)^{D, 284} = 2,631 \times 10^{13}$	1,00	1,00
	M_b	$N(2\sigma_a)^{D, 3,768} = 9,044 \times 10^{12}$	1,283	0,880
	M_c	$N(2\sigma_a)^{D, 9,244} = 2,853 \times 10^{22}$	$7,78 \times 10^{-3}$	2,158
По раскосу	P	$N(2\sigma_a)^{D, 4,712} = 8,519 \times 10^{15}$	1,259	1,10
	M_b	$N(2\sigma_a)^{D, 5,775} = 6,053 \times 10^{17}$	$9,59 \times 10^{-2}$	1,348
	M_c	$N(2\sigma_a)^{D, 6,025} = 1,766 \times 10^{19}$	$4,36 \times 10^{-2}$	1,406

Чтобы для оценки долговечности узла в соответствии с кривой усталости, определяемой уравнением $\sigma_2^{m_2} N_2 = C_2$, воспользоваться кривой усталости согласно уравнению $\sigma_1^{m_1} N_1 = C_1$, необходимо вместо параметра σ_2 использовать параметр $B\sigma_2^b$, в котором

$$B = \left(\frac{C_1}{C_2} \right)^{1/m_1}, \quad b = m_1/m_2. \quad (16)$$

В табл. 2 приведены уравнения кривых усталости для разных видов нагружения и коэффициенты при размахах напряжений, позволяющие привести кривые усталости к базовой.

Расчетная кривая усталости (рис. 5) предполагает 98-мипроцентный уровень обеспеченности неразрушения и определяется уравнением:

$$\lg N + 4,284 \lg 2\sigma_a = 12,366. \quad (17)$$

Обобщенная кривая усталости позволяет по большей из сумм размахов напряжений в поясе или раскосе от действия продольной силы и момента установить расчетное сочетание нагрузок и характер разрушения, в соответствии с которым следует осуществлять расчет на усталость элементов узла.

Выводы

1. В решетчатых конструкциях из труб важными элементами являются узловые соединения, которые в значительной мере предопределяют экономические и прочностные показатели всей конструкции.
2. Методики оценки прочности узловых соединений при статическом и циклическом нагружениях конструкции позволяют выбрать оптимальные конструктивные решения узлов и сочетания геометрических параметров элементов, а также прочностные характеристики материала, обеспечивающие минимальные показатели массы и стоимости конструкции.

1. *Гарф Э. Ф., Таурли З. М.* Исследования и методы расчета статической прочности узловых сварных соединений решетчатых конструкций из цилиндрических труб. — М.: ВНИИОЭНТ, 1991. (Обзорн. информация. Сер. Техника и технология добычи нефти и обустройства нефтяных месторождений). — 68 с.
2. *Marshall P. W.* Connections for Welded Tubular Structures. IAW // Welding of Tubular Structures. — Pergamon Press. — 1984 — С. 1-117.
3. *Maeda T., Uchino K., Sacurai H.* Experimental Study on the Fatigue Strength of Welded Tubular T-X-Joints // IAW. Doc. XV-270-69.



4. De Bark J., Wardenier J. and Kurobane Y. The Fatigue Behavior of Hollow Section Joints // IIW. Welding of Tubular Structures-Pergamon Press. — 1984. — С. 419-430.
5. Гарф Э. Ф., Литвищенко А. Е. Оценка прочности сварных трубчатых узлов при периодическом нагружении элементов продольными силами // Автомат. сварка. — № 5. — 1985. — С. 11-17.
6. Труфяков В. И. Усталость сварных соединений. — Киев, Наук. думка, 1973. — 216 с.
7. СНиП II-23-81. Строительные нормы и правила: Нормы проектирования. — М. 1988. — 98 с.
8. Gibshtein M. B. Stress Connections in Tubular Joints in Definitions. Determination and Application // Intern. Conf. Steel in Metal Structures. (Paris, Jct., 1981)
9. Kurobane Y., Konomi M. The Fatigue Strength of Tubular K-Joints // IIW / . Doc. XV-340-73.
10. Garf E. F., Evdokimov V. V. The Fatigue Design of Welded Tubular Connections // IIW. Doc. XV-637-87.
11. Garf E. F. Evaluation of the Fatigue Life of Welded Connections of Tubular Truss Structures / Ed. B.E.Paton. — Kiev: Electric Welding Inst. 1995. — Vol.4, Part 3. — 91 p.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины,
Киев

Поступила в редакцию
15.09.2003

**УКРАИНСКОЕ ОБЩЕСТВО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
НПФ «ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ»
НПФ «УЛЬТРАКОН»**

в период с **30 апреля** по **9 мая 2004 г.** в районе г. Анталия (Турция) проводят

Научно-практический семинар

**«Современные аспекты организации неразрушающего контроля качества продукции
на промышленном предприятии»**

Для участия в семинаре приглашаются руководители предприятий, связанные с обеспечением качества и сертификацией выпускаемой продукции: технические директора, главные инженеры, зам.директора по качеству, главные механики, руководители подразделений неразрушающего контроля, начальники ЦЗЛ, ОТК, службы металлов и т.д., а также все лица, заинтересованные в усовершенствовании функционирования системы обеспечения качества, в частности, ее составной части — неразрушающего контроля.

Цель семинара — определение наиболее эффективных путей развития служб неразрушающего контроля качества на промышленном предприятии в современных условиях. Выработанные в процессе семинара схемы построения служб неразрушающего контроля качества, позволят по-новому взглянуть на систему качества и ее проблемы, разработать эффективную стратегию ее развития и оптимизировать затраты на функционирование и техническое перевооружение.

Тематика семинара

- ✓ *Общие вопросы неразрушающего контроля качества и сертификации продукции*
- ✓ *Нормативно-техническое обеспечение деятельности служб НК*
- ✓ *Приборное оснащение лабораторий НК*
- ✓ *Вопросы подготовки и аттестации специалистов, аккредитация подразделений НК*

Для принятия решения о включении доклада в программу семинара необходимо выслать тезисы доклада по адресу:

НПФ «Диагностические приборы» 04050, г. Киев, а/я 50 или E-mail: kozin@ndt-ua.com

**По вопросам, касающимся проведения семинара, обращаться к
Козину Александру Николаевичу, зам. директора НПФ «Диагностические приборы»:
тел./факс: (044) 247 67 18 или тел. (044) 495 11 45**