

Тема: «СВАРКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ»

Лекция №12

**"Работа и расчет
сварных соединений"**

Прочность сварных соединений зависит от: прочности основного металла соединяемых элементов, прочности наплавленного металла шва, формы и вида соединения и связанного с этим распределения напряжений в соединении, характера силового воздействия на соединение, технологии сварки.

12.1 Работа и расчет соединений стыковых швов

В стыковом шве при действии на него центрально-приложенной силы N распределение напряжений по длине шва принимается равномерным, рабочая толщина шва принимается равной меньшей из толщин соединяемых элементов. Напряжение в шве, расположенном перпендикулярно оси элемента (рис.12.1,а):

$$\sigma_{\text{ш}} = N/tl_{\text{ш}} \leq R^{\text{CB}} \gamma \quad (12.1)$$

N – расчетное усилие; t - рабочая толщина шва; $l_{\text{ш}}$ – расчетная длина шва, равная его полной длине; R^{CB} – расчетное сопротивление сварного стыкового соединения сжатию или растяжению; γ - коэффициент условий работы.

Для стыковых соединений, в которых невозможно обеспечить полный провар по толщине свариваемых элементов в ф-ле (12.1) вместо t принимают $0,7t$.

Расчетное сопротивление принимается: при сжатии независимо от методов контроля $R^{\text{CB}}=R$; при растяжении соединения, проверенного физическими методами контроля $R^{\text{CB}}=R$; при растяжении соединения, не проверенного физическими методами контроля $R^{\text{CB}}=0,85R$; при сдвиге соединения $R_{\text{ср}}^{\text{CB}}=R_{\text{ср}}$.

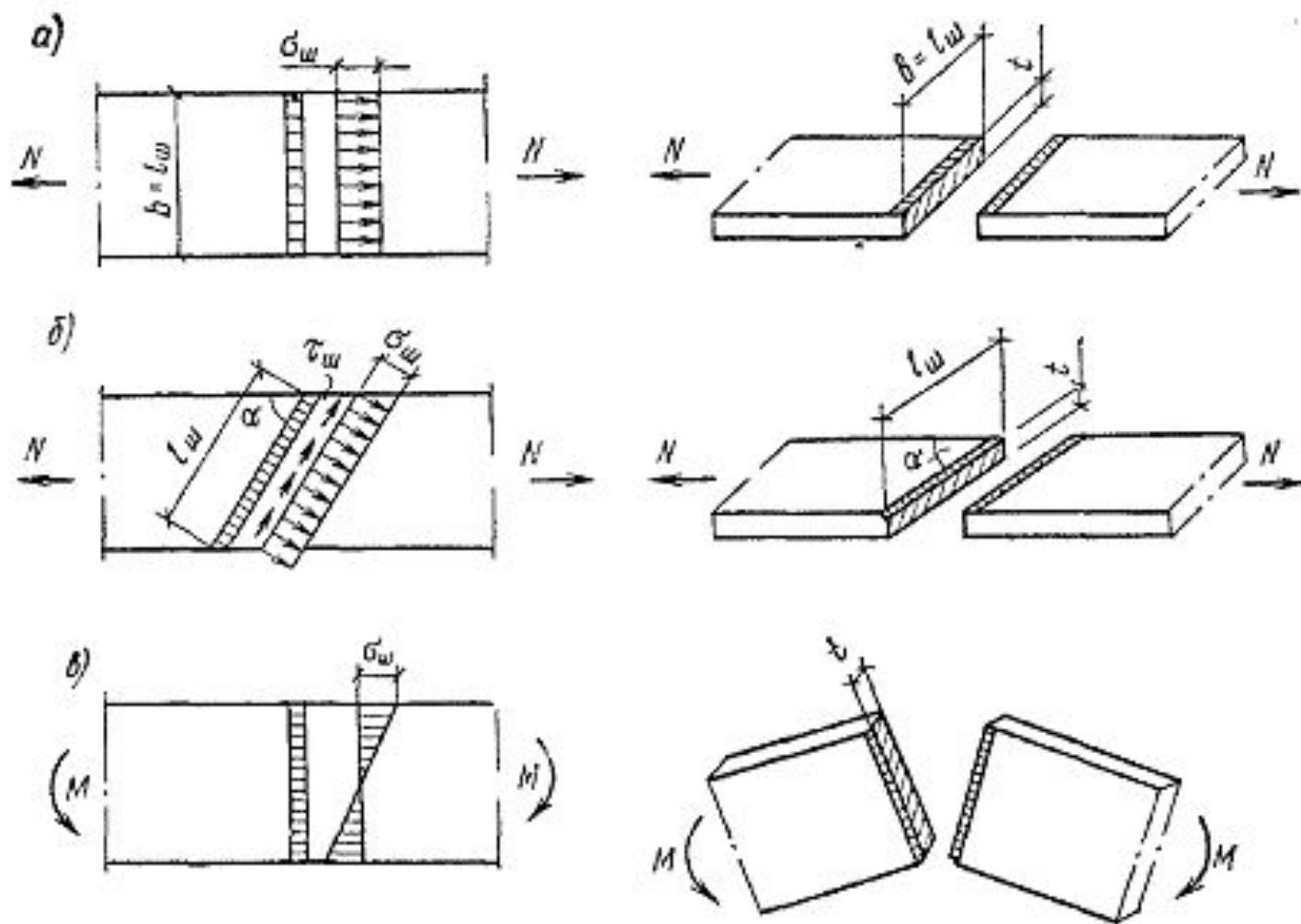


Рисунок 12.1

При вибрационной нагрузке рассчитывают косые швы (рис.12.1,б).
Напряжения: перпендикулярно шву:

$$\sigma_{\text{ш}} = N \sin \alpha / t l_{\text{ш}} \quad (12.2)$$

Вдоль шва:

$$\tau_{\text{ш}} = N \cos \alpha / t l_{\text{ш}} \quad (12.3)$$

где $l_{\text{ш}} = \frac{b}{\sin \alpha} - 2t$ - расчетная длина косого шва.

При действии изгибающего момента на соединение (рис.12,в) напряжения в шве:

$$\sigma_{\text{ш}} = M / W_{\text{ш}} \leq R^{\text{CB}} \gamma \quad (12.4)$$

$W_{\text{ш}} = t l_{\text{ш}}^2 / 6$ - момент сопротивления шва.

Сварные соединения встык, работающие одновременно на нормальные и касательные напряжения проверяют по ф-ле:

$$\sqrt{\sigma_{\text{ш}x}^2 + \sigma_{\text{ш}y}^2 - \sigma_{\text{ш}x} \sigma_{\text{ш}y} + 3\tau_{\text{ш}xy}^2} \leq 1,15 R^{\text{CB}} \gamma \quad (12.5)$$

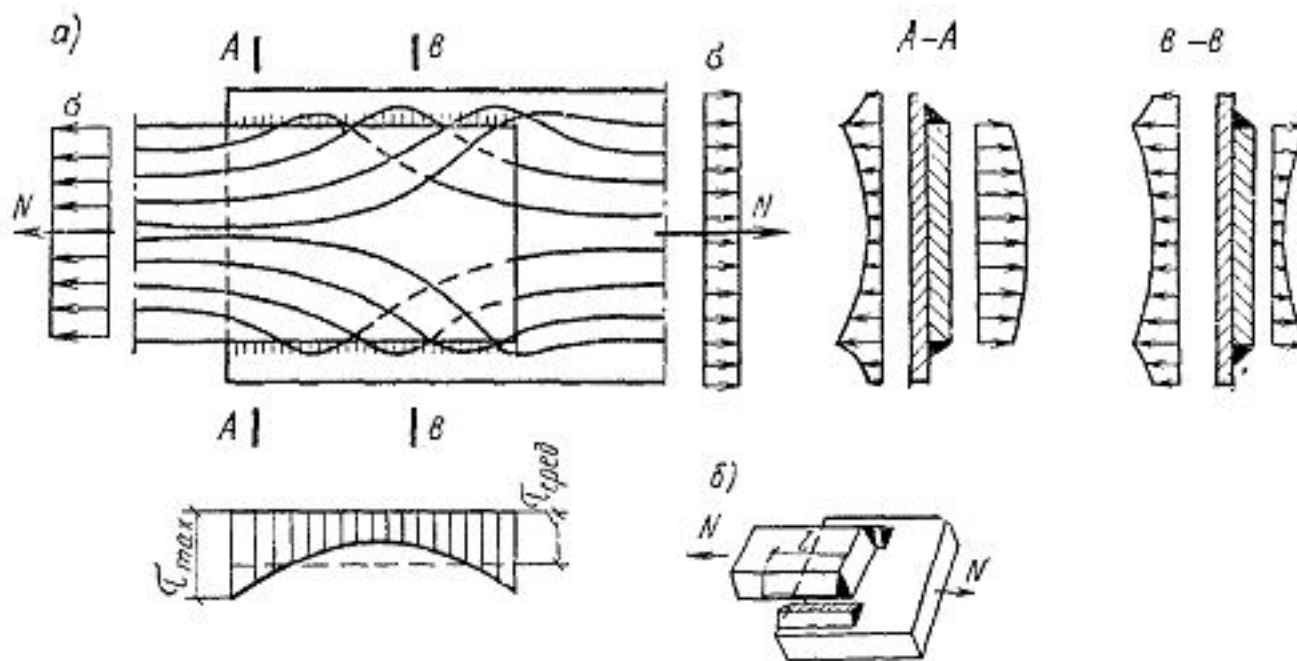
$\sigma_{\text{ш}x} \sigma_{\text{ш}y}$ - нормальные напряжения в сварном соединении по двум взаимно перпендикулярным направлениям,

$\tau_{\text{ш}xy}$ - напряжение в сварном соединении от среза

12.2 Работа и расчет соединений, выполненных угловыми швами

Угловыми швами выполняются соединения внахлестку, и они могут быть **фланговыми** и **лобовыми**.

Фланговый шов вызывает значительную неравномерность распределения напряжений, что заставляет ограничивать расчетную длину шва 40мм. Работают такие швы одновременно на срез и изгиб. Разрушение шва начинается с конца и может происходить как по металлу шва, так и по основному металлу (рис.12.2).



Фланговые швы

а — распределение напряжений у фланговых швов; б — разрушение шва

Рисунок 12.2

Лобовые швы передают усилия равномерно по ширине элемента, но крайне неравномерно по толщине (рис.12.3). Особенно велики напряжения в корне шва.

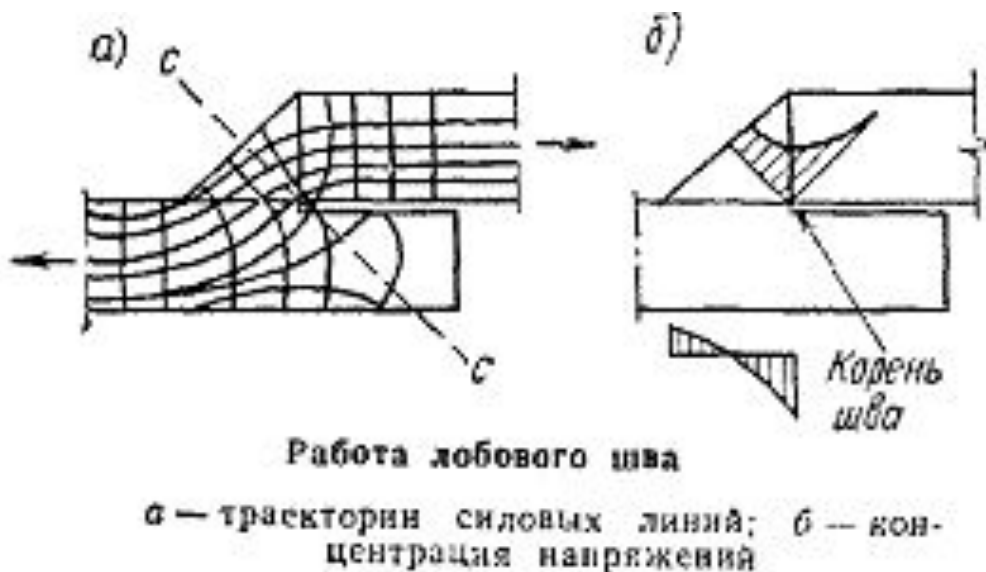


Рисунок 12.3

Уменьшение концентрации напряжений в соединении достигается плавным примыканием привариваемой детали, механической обработкой поверхности шва и конца накладки, применением вогнутого шва и увеличением глубины проплавления (рис.12.4).

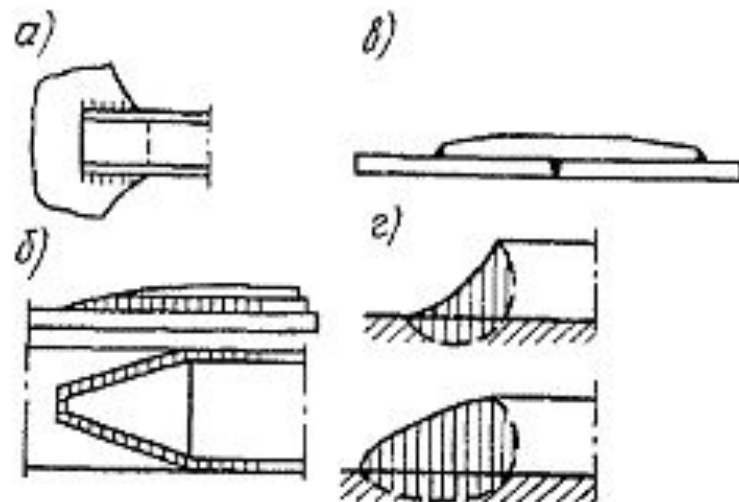


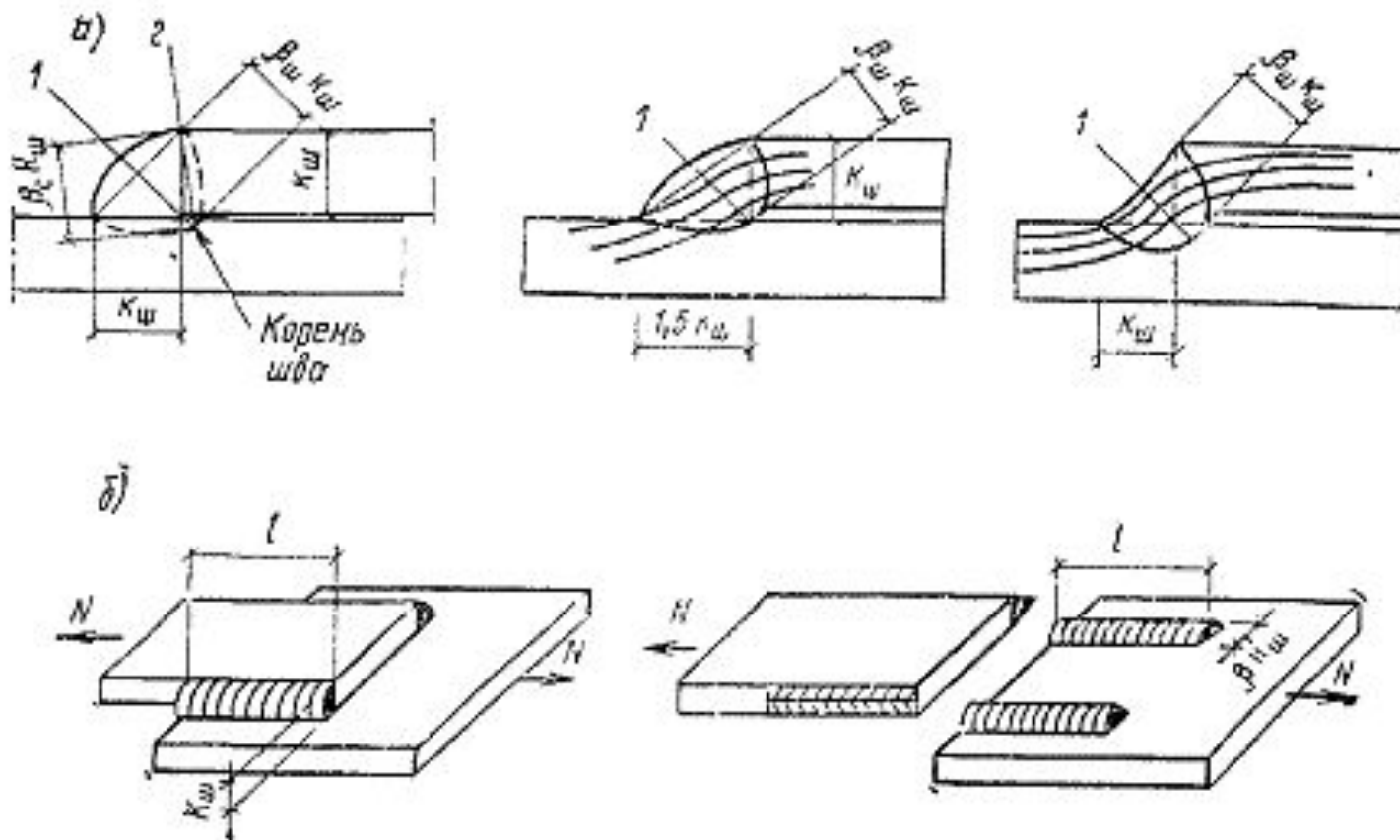
Рисунок 12.4

Разрушение лобовых швов от совместного действия осевых, изгибных напряжений и напряжений среза, возникающих при работе соединения, происходит аналогично фланговым швам по двум сечениям.

При расчете угловых швов (фланговых и лобовых) усилие принимается равномерно распределенным вдоль шва и рассматривается возможность разрушения шва от условного среза по одному из двух сечений (12.5,а).

По металлу шва (сечение 1,рис.12.5,а):

$$N/\beta_{ш} k_{ш} l_{ш} \leq R_{уш}^{CB} \gamma_{уш}^{CB} \gamma \quad (12.6)$$



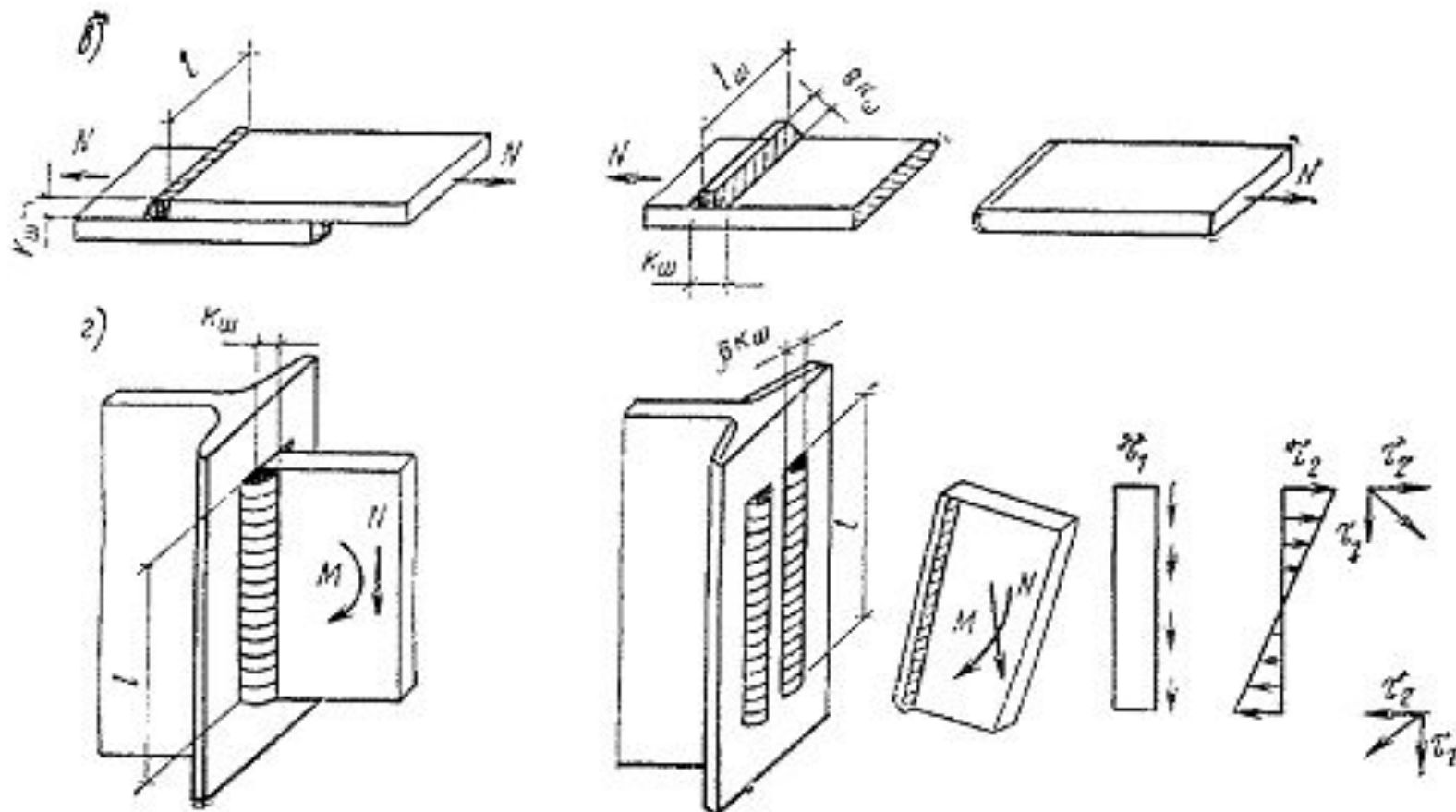
К расчету угловых швов

а — расчетная высота шва; l — по шву; 2 — по границе сплавления; б — фланговые швы; в — лобовые швы; е — угловые швы, работающие на срез и изгиб

Рисунок 12.5

По основному металлу по границе его сплавления с металлом шва (сечение 2, рис.12.5,а):

$$N/\beta_c k_{ш} l_{ш} \leq R_{yc}^{cb} \gamma_{yc}^{cb} \gamma \quad (12.7)$$



К расчету угловых швов

a — расчетная высота шва; l — по шву; 2 — по границе сплавления; б — фланговые швы; в — лобовые швы; e — угловые швы, работающие на срез и изгиб

Рисунок 12.5

$k_{ш}$ - катет шва; $\beta_{ш}, \beta_c$ – коэффициенты глубины проплавления шва, принимаемые в зависимости от вида сварки и положения шва для сталей с пределом текучести меньше 580МПа (таблица 12.1); $l_{ш}$ – расчетная длина шва, принимаемая меньше его фактической длины на 10мм за счет непровара и кратера на концах шва;

$\gamma_{у.ш}^{св}$ и $\gamma_{у.с}^{св}$ - коэффициенты условий работы сварного соединения, равные 1 для соединений, работающих при отрицательной температуре

$R_{уш}^{св}$ - расчетное сопротивление срезу металла шва

$R_{ус}^{св}$ - расчетное сопротивление срезу металла границы сплавления шва, принимаемое равным $0,45 R_B^H$

При расчете следует предварительно определить какая из двух проверок – по металлу шва или по металлу границы сплавления – будет иметь решающее значение, для чего сравнивают произведения:

$$\beta_{ш} \cdot R_{уш}^{св} \text{ и } \beta_c \cdot R_{ус}^{св}$$

Меньшее из них будет иметь решающее значение.

Кроме того можно определять необходимую длину швов, задаваясь их толщиной $k_{ш}$:

$$l_{ш} = N / k_{ш} (\beta R_y^{св})_{\min} \gamma \quad (12.8)$$

Или толщину шва, исходя из его возможной расчетной длины:

$$k_{ш} \geq (1/\beta) \sqrt{N / 85 R_y^{св} \cdot \gamma} \quad (12.9)$$

При действии силы на «фасонку», прикрепленную двумя угловыми швами к элементу (рис.12.5,г), на швы будут действовать сдвигающая сила и изгибающий момент. Напряжения от силы сдвига и момента, действующие на одну площадку, но в перпендикулярных направлениях должны геометрически суммироваться:

По металлу шва:

$$\sqrt{\left(N/2\beta_{ш} k_{ш} l_{ш}\right)^2 + \left(6M/2\beta_{ш} k_{ш} l_{ш}^2\right)^2} \leq R_{уш}^{св} \gamma \quad (12.10)$$

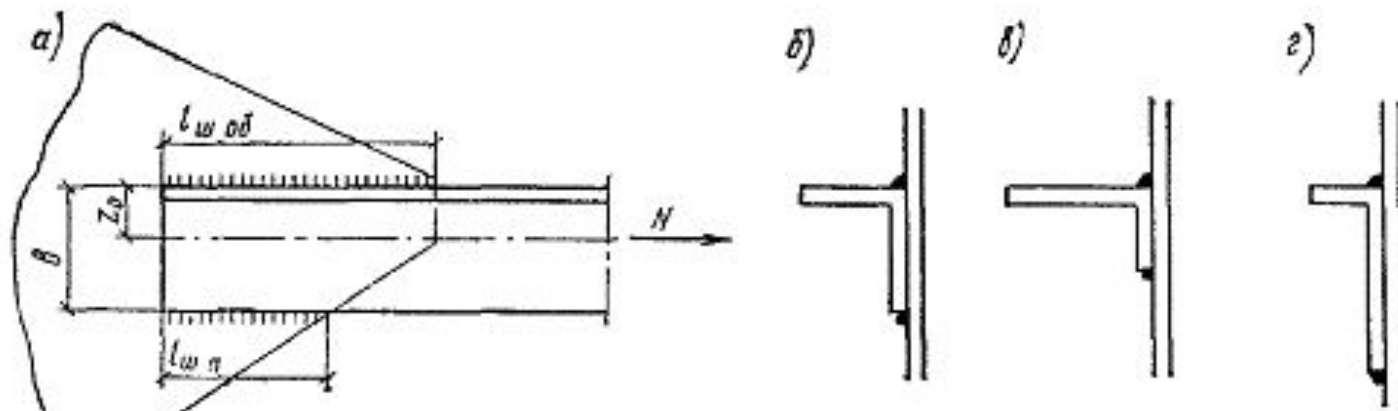
По металлу границы сплавления:

$$\sqrt{\left(N/2\beta_c k_{ш} l_{ш}\right)^2 + \left(6M/2\beta_c k_{ш} l_{ш}^2\right)^2} \leq R_{уc}^{св} \gamma \quad (12.11)$$

Т а б л и ц а 12.1 Коэффициент глубины проплавления угловых швов β

Вид сварки при диаметре сварочной проволоки d , мм	Положение шва	Коэффициент	Значение коэффициентов $\beta_{ш}$ и β_c при катетах швов, мм			
			3—8	9—12	14—16	18 и более
Автоматическая при $d=3-5$ (поясные швы в балках и колоннах)	В лодочку	$\beta_{ш}$	1,1			0,7
		β_c	1,15			1,0
Автоматическая и полуавтоматическая при $d=1,4-2$ (ребра жесткости, стыки балок и колонн, узлы ферм)	Нижнее	$\beta_{ш}$	0,9	0,8	0,7	
		β_c	1,05	1,0		
Ручная, полуавтоматическая сплошной проволокой $d \leq 1,4$ или порошковой проволокой (узлы балок, колонн, ферм)	В лодочку, нижнее, горизонтальное, вертикальное, потолочное	$\beta_{ш}$	0,7			
		β_c	1,0			

При прикреплении угловыми швами несимметричных профилей, например уголков (рис.12.6), желательно, чтобы линия действия усилия проходила через центр тяжести соединения, т.е. площади швов должны быть распределены обратно пропорционально расстояниям от шва до оси элемента.



Прикрепление уголков

а — длины швов; б — равнополочные уголки; в, г — неравнополочные уголки

Рисунок 12.6

При общей требуемой площади швов:

$$A_{ш} = (\beta k_{ш})_{\min} l_{ш} = N / R_y^{cb} \gamma \quad (12.12)$$

Площадь большего шва на «обушке» уголка:

$$A_{ш}^0 = A_{ш} (b - z_0) / b \quad (12.13)$$

Площадь меньшего шва на «пере» уголка:

$$A_{ш}^n = A_{ш} z_0 / b \quad (12.14)$$

Для равнополочных уголков (рис.12.6,б):

$$l_{ш}^0 \approx 0,7 \Sigma l_{ш} \quad (12.15)$$

Для неравнополочных уголков (рис.12.6,в,г):

$$l_{ш}^0 \approx 0,75 \Sigma l_{ш} \text{ и } l_{ш}^0 \approx 0,6 \Sigma l_{ш}. \quad (12.16)$$