

Расчет фланцевого соединения нижнего пояса металлической фермы

Д. А. Блохин, С. Ю. Лихачева

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Нижний Новгород, Россия

В статье представлены результаты аналитического расчета фланцевого соединения элементов замкнутого профиля, подверженного центральному растяжению.

Ключевые слова: фланцевое соединение, стальные конструкции, стропильная ферма

Calculation of the flange connection of the lower belt of the metal truss

D. A. Blokhin, S. Yu. Likhacheva

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
Nizhniy Novgorod, Russia

The article presents the results of an analytical calculation of the flanged connection of elements of a closed profile subject to central extension.

Keywords: flange connection, steel structures, truss

В соответствии с указаниями п.5.7 «Рекомендаций по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных конструкций» [1] прочность фланцевых соединений элементов замкнутого профиля, подверженных центральному растяжению, считается обеспеченной, если:

$$N \leq n \cdot k \cdot B_p, \quad (1)$$

Где N – внешняя нагрузка на соединение; n – количество болтов в соединении; k – коэффициент, значение которого следует принимать по таблице 5 [1]; B_p - расчетное усилие растяжения болтов, определяемое по формуле:

$$B_p = R_{bh} \cdot A_{bn}, \quad (2)$$

где R_{bh} – расчетное сопротивление растяжению высокопрочных болтов;
 A_{bn} – площадь сечения болта нетто.

В качестве примера рассмотрим фланцевое соединение нижнего пояса стропильной фермы типа «Рыбка» (рис.1). В рамках исследования предполагаем, что поперечная сила и изгибающий момент в узле (рис.2) отсутствуют.

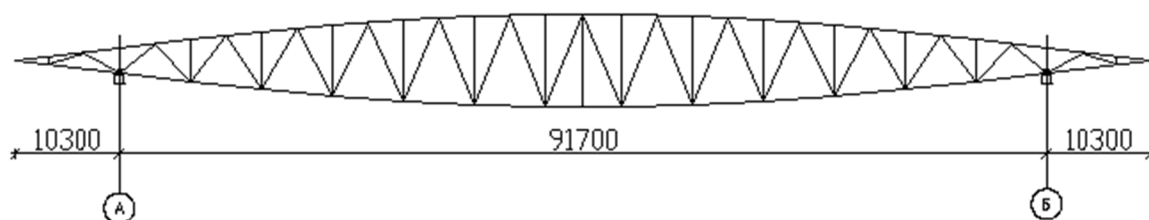


Рисунок 1 – Геометрическая схема стропильной фермы типа «Рыбка»

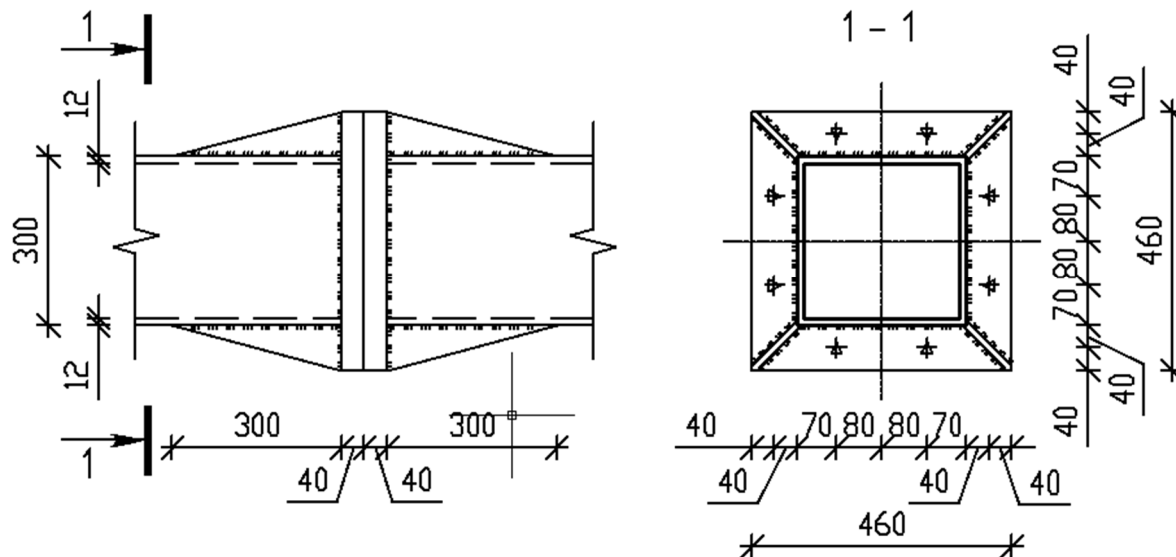


Рисунок 2 – Конструкция фланцевого соединения

Профиль присоединяемых элементов – гнутый замкнутый сварной квадратный профиль 300x12 по ГОСТ 30245-2003 из стали марки С245 с расчетным сопротивлением стали растяжению $R_y = 240$ МПа и временным

сопротивлением стали разрыву $R_{un} = 363$ МПа, площадь сечения трубы $A = 108,1$ см²;

Усилие растяжения, действующее на соединение, $N = 1756,9$ кН;

Материал фланца – сталь марки С345 по ГОСТ 19903-74 с расчетным сопротивлением растяжению $R_y = 280$ МПа и нормативным сопротивлением $R_{yn} = 285$ МПа. Толщина фланца $t = 40$ мм;

Болты высокопрочные М27 по ГОСТ Р 52643 из стали 40Х «Селект». Площадь сечения болта нетто $A_{bn} = 459$ мм², расчетное сопротивление растяжению $R_{bh} = 755$ МПа.

Исходя из формулы (1), определим необходимое количество болтов n в соединении:

$$n = \frac{N}{k \cdot R_{bh} \cdot A_{bn}} = \frac{1756.9}{0.85 \cdot 0.755 \cdot 459} = 5.9 \quad (3)$$

Для симметричного расположения болтов в узле, их количество в соединении принимаем $n = 8$ шт. Выбранная конструкция узла показана на рис. 2.

В соответствии с п.5.10 [1] расчет прочности сварных швов соединения фланца с элементом конструкции следует выполнять с учетом глубины проплавления корня шва на 2 мм по трем сечениям:

- по металлу шва

$$\frac{N}{\beta_f \cdot (k_f + 2) \cdot L_w} \leq R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c; \quad (4)$$

Где β_f – коэффициент, определяемый по таблице 39 «СП 16.13330.2011» [2], принимаем $\beta_f = 0.7$; k_f – катет шва, равный 12 мм; L_w – расчетная длина шва, принимаемая меньше его полной длины на 10 мм, принимаем равным 1190 мм; R_{wf} – расчетное сопротивление металла шва, определяемое по таблице Г.2 [2], принимаем равным 215 МПа; γ_{wf} – коэффициент условий работы шва, принимаем равным 1,

$$\frac{1756.9}{0.7 \cdot (12 + 2) \cdot 1190} \leq 215 \cdot 1 \cdot 1;$$

151 МПа ≤ 215 МПа (условие выполнено)

- по металлу границы сплавления с профилем

$$\frac{N}{\beta_z \cdot k_f \cdot L_w} \leq R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c; \quad (5)$$

$$\frac{1756.9}{1 \cdot 12 \cdot 1190} \leq 163.4 \cdot 1 \cdot 1;$$

123 МПа ≤ 163.4 МПа (условие выполнено)

- по металлу границы сплавления с фланцем в направлении толщины проката

$$\frac{N}{(k_f + 1.4) \cdot L_w} \leq R_{th} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c; \quad (6)$$

$$\frac{1756.9}{(12 + 1.4) \cdot 1190} \leq 202.5 \cdot 1 \cdot 1;$$

110 МПа ≤ 202.5 МПа (условие выполнено)

β_z – коэффициент, определяемый по табл. 39 [2], принимаем равным единице;

γ_{wf} , γ_{wz} – коэффициенты условий работы шва, также принимаем равными 1;

γ_c – коэффициент условий работы сварного соединения, $\gamma_c = 1$;

R_{wz} – расчетное сопротивление угловых швов срезу (условному) по металлу границы сплавления с профилем, определяется по формуле:

$$R_{wz} = 0.45 \cdot R_{un} = 0.45 \cdot 363 = 163.4 \text{ МПа} \quad (7)$$

R_{th} – расчетное сопротивление растяжению стали в направлении толщины фланца, определяется по формуле:

$$R_{th} = 0.45 \cdot R_u = 0.45 \cdot 450 = 202.5 \text{ МПа}, \quad (8)$$

где R_u – расчетное сопротивление стали фланца по временному сопротивлению, для стали С345 $R_u = 450$ МПа.

В соответствии с п.5.8 [1] прочность фланцевых соединений элементов замкнутых профилей на действие местной поперечной силы Q_m следует проверять по формуле:

$$Q_m \leq \mu \cdot n \cdot \sum R_j \quad (9)$$

где R_j – контактные усилия, принимаемые равными $0.1 \cdot B_0$;

μ - коэффициент трения соединяемых поверхностей фланцев, определяемый по табл. 42 [2], принимаем $\mu = 0.58$;

B_0 – расчетное усилие предварительного натяжения болта, определяемое по формуле:

$$B_0 = 0.9 \cdot B_p = 0.9 \cdot R_{bh} \cdot A_{bn} = 0.9 \cdot 755 \cdot 459 = 311.9 \text{ кН} \quad (10)$$

При отсутствии местной поперечной силы в расчет вводится условное значение:

$$Q_m = 0.1 \cdot \mu \cdot N = 0.1 \cdot 0.58 \cdot 1756.9 = 101.9 \text{ кН} \quad (11)$$

Согласно формуле (9) получаем:

$$101.9 \text{ кН} \leq 0.58 \cdot 8 \cdot 0.1 \cdot 311.9;$$

$$101.9 \text{ кН} \leq 144.7 \text{ кН} \text{ (условие выполнено)}$$

Выбранная конструкция узла отвечает всем требованиям действующих рекомендаций по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рекомендации по расчету, проектированию, изготовлению и монтажу фланцевых соединений стальных строительных конструкций/ ЦНИИПроектстальконструкция им. Мельникова, Москва, 1989г.

2. СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*».

3. Волошин А.А., Григорьев Г.Т. Расчет и конструирование фланцевых соединений: Справочник. – 2 – е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. – 125 с.