

ФЕРМЫ ИЗ КВАДРАТНЫХ ТРУБ НА РЕБРО БЕЗ ФАСОНОК, УСТОЙЧИВЫЕ ПРОТИВ КОРРОЗИИ

А.Ф. Кузнецов, В.А. Кузнецов

RESISTANT TO CORROSION TRUSSES MADE OF SQUARE TUBINGS ON THE EDGE WITHOUT GUSSETS

A.F. Kuznetsov, V.A. Kuznetsov

Разработана конструкция стропильной фермы из стальных квадратных труб на ребро для эксплуатации в среднеагрессивных (до 0,1 мм/год) и сильноагрессивных (более 1 мм/год) коррозионных средах.

Ключевые слова: коррозия, стальные фермы, квадратные трубы на ребро, отсутствие фасонки, замкнутые полости.

A construction of a roof truss of steel square tubings on the edge was developed for exploitation in middle (less than 0.1 mm/year) and high (more than 0.1 mm/year) corrosion environment.

Keywords: corrosion, steel trusses, square tubings on the edge, absence of gussets, closed cavities.

Решение проблемы коррозионного износа стропильных ферм промышленных объектов, эксплуатируемых в средне- и сильноагрессивных средах, актуально. Расходы на ремонт таких конструкций из-за коррозии значительны. Основным фактором коррозионного износа является открытость поверхности профиля стержней ферм, непосредственно подвергаемой коррозии.

К настоящему времени изучена коррозия всех возможных профилей стержней металлических конструкций [1, 2]. Профессор, доктор технических наук А.И. Кикин предложил оценивать профили через относительный коэффициент устойчивости против коррозии, назвав его коэффициентом слитности сечений, вычисляемого по формуле

$$\beta = A/0,383 \cdot \rho,$$

где A – площадь сечения, см²; ρ – наружный периметр, см; 0,383 – коэффициент устойчивости против коррозии сечения из уголков толщиной 8 мм.

По коэффициенту слитности замкнутое трубчатое сечение имеет коэффициент β в два раза выше, чем тавровое из уголков, поэтому стропильные фермы в первом случае долговечнее, чем во втором. Не затрагивая все другие возможные сечения, рассмотрим только квадратные трубы, в том числе и сваренные из равнобоких уголков.

Коррозийная долговечность зависит и от положения поверхности профиля в пространстве. От этого зависит скопление производственной пыли, удобство очистки и окраски фермы при эксплуатации. В этом случае заслуживают внимания фермы, у которых сечение состоит из квадратных труб на ребро. Такая конструкция фермы обстоя-

тельно рассмотрена профессором, доктором технических наук Н.С. Стрелецким в его учебнике [3]. Конструкция узла фермы показана на рис. 1.

Стержни фермы образуют квадратную трубу, равноустойчивую в обеих расчетных плоскостях, что характеризует такую ферму положительно. Но у нее больше отрицательных сторон: наличие недоступных для очистки и окраски полостей, неудобное опирание прогонов, несколько увеличенный размер фасонки по сравнению с фермами из уголков с тавровым сечением. Можно полагать, что из-за этой отрицательной характеристики такие фермы до настоящего времени на практике не применяли.

С учетом современных подходов выбора коррозионно-стойких ферм рассмотренную на рис. 1 конструкцию можно исследовать с позиции технико-экономической эффективности, если ее стержни герметизировать дополнительными деталями и сваркой и учесть стадию эксплуатации. Здесь далее указанная конструкция фермы с фасонками не рассматривается.

Вместе с тем разработана ферма из квадратных труб на ребро без фасонки, макет фрагмента которой показан на рис. 2¹. Белые линии означают сварные швы.

Для этих ферм можно применять сварные трубы по ГОСТ 12336–66, либо сваренные из равнополочных уголков. Разработанная конструкция фермы обеспечивает полную герметизацию всех стержней и вследствие этого повышенную коррозионную стойкость.

¹ Идею применения труб на ребро в фермах также рассматривали архитекторы Н.В. и А.В. Рузановы.

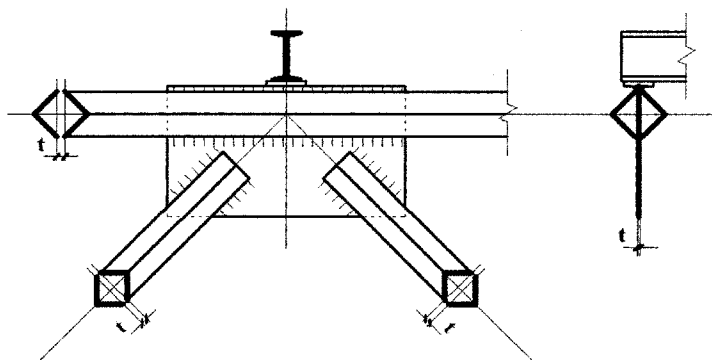


Рис. 1. Стропильная ферма, сваренная из равнополочных уголков, поставленных под углом 45°

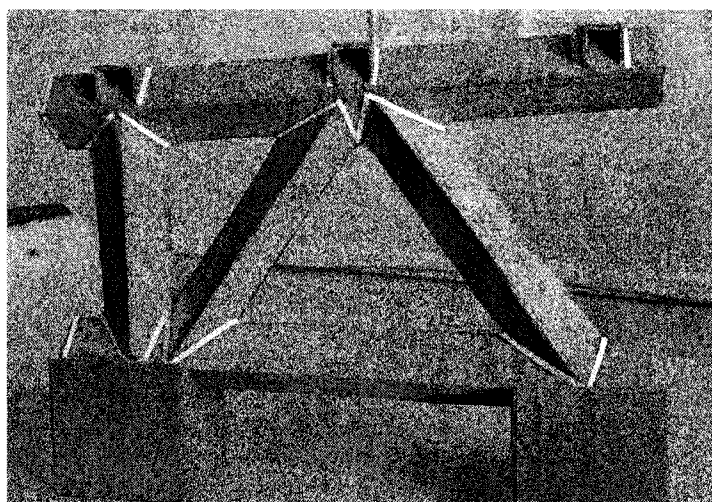


Рис. 2. Макет фрагмента безфасоночной фермы из квадратных труб на ребро

Рассмотрим особенности проектирования узлов на стадиях разработки чертежей КМ и КМД, а также особенности технологии изготовления ферм, показанных на рис. 2. При этом следует учесть опыт применения ферм из круглых и прямоугольных труб без фасонки [2, 4, 5]. Предлагаемые здесь фермы из труб на ребро до настоящего времени не применялись. Конструкция узлов хорошо видна на макете фрагмента фермы (см. рис. 2).

Особенность проектирования состоит в том, что необходимо обеспечить точное присоединение стоек и раскосов к поясам ферм. Указанные присоединения выполняются за счет прямых рез

концов стержней стоек и раскосов и прикрепления их к поясам с помощью сварки.

Особенности проектирования узлов рассмотрим на примере опорной панели, фермы (рис. 3). Верхний пояс состоит из уголков 200×14, сваренных в трубу, раскосы и нижний пояс – трубы из уголков 160×10. Учитывая наружный габарит типовой фермы 3150 мм и сечения поясов, приняты все другие размеры опорной части фермы.

Конструкция узлов фермы зависит от размера сторон труб стоек и раскосов и углов примыкания их к поясам. Углы α и β вычисляются на основе размеров прямоугольных треугольников (см. рис. 3). Если

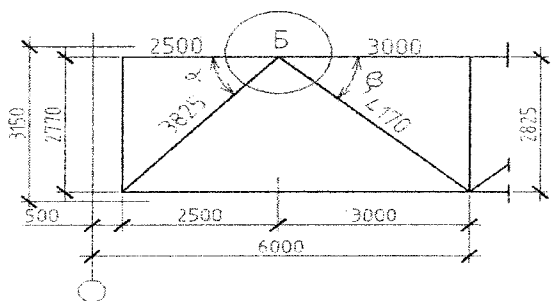


Рис. 3. Геометрическая схема фрагмента опорной части фермы

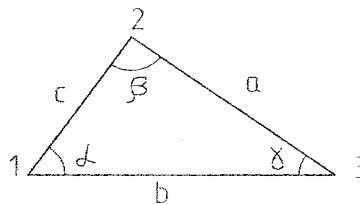


Рис. 4. Геометрия косоугольного треугольника

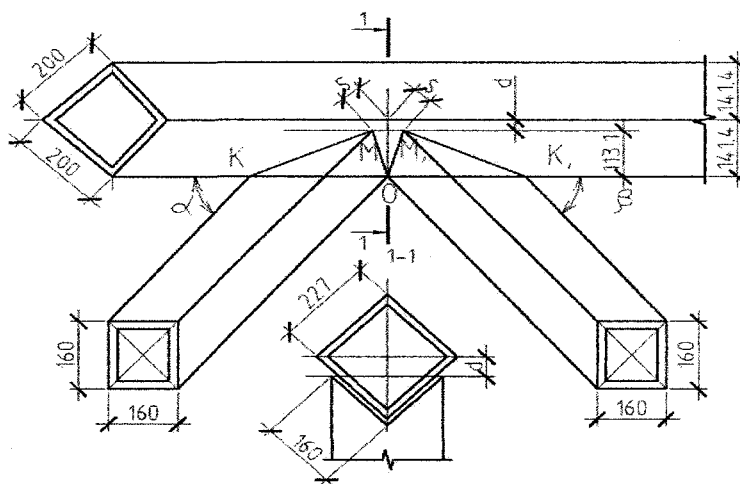


Рис. 5. Конструкция узла «Б»

треугольники косоугольные (рис. 4), то углы вычисляются по формулам тригонометрии:

$$\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}; \quad (1)$$

$$\sin \beta = \frac{b \sin \alpha}{a}; \quad (2)$$

$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta). \quad (3)$$

Конструкция проектируемого узла «Б», отмеченного на рис. 3, изображена на рис. 5.

Основные длины резов и сварных швов показаны линиями МК и МО.

Тригонометрические зависимости представлены формулами²:

$$MK = \frac{a}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{\sin^2 \alpha}{2} + 2 \cos^2 \frac{\alpha}{2}}; \quad (4)$$

$$MO = \frac{a}{\sin \alpha} \sqrt{\frac{\sin^2 \alpha}{2} + 2 \sin^2 \frac{\alpha}{2}} \quad (5)$$

В нашем примере углы α , β и их тригонометрические значения определяем на основе рис. 3.

Угол α :

$$\sin \alpha = \frac{2895}{3825} = 0,757; \quad \alpha = 49^\circ; \quad \frac{\alpha}{2} = 24,5^\circ;$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sin 24,5^\circ = 0,415;$$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \cos 24,5^\circ = 0,910.$$

Угол β :

$$\sin \beta = \frac{2895}{4170} = 0,694; \quad \beta = 44^\circ; \quad \frac{\beta}{2} = 22^\circ;$$

$$\sin \frac{\beta}{2} = \sin 22^\circ = 0,375; \quad \cos \frac{\beta}{2} = \cos 22^\circ = 0,927.$$

Размер стороны примыкающих раскосов $a = 160$ мм.

По формулам (4) и (5) вычисляем длины резов примыкания к поясу левого раскоса при $\alpha = 49^\circ$:

$$MK = \frac{160}{0,757} \sqrt{\frac{0,757^2}{2} + 2 \cdot 0,910^2} = 295 \text{ мм};$$

$$MO = \frac{160}{0,757} \sqrt{\frac{0,757^2}{2} + 2 \cdot 0,415^2} = 168 \text{ мм}.$$

То же при $\beta = 44^\circ$ примыкания правого раскоса к поясу:

$$M_1 K_1 = \frac{160}{0,694} \sqrt{\frac{0,694^2}{2} + 2 \cdot 0,927^2} = 323 \text{ мм};$$

$$M_1 O_1 = \frac{160}{0,694} \sqrt{\frac{0,694^2}{2} + 2 \cdot 0,375^2} = 167 \text{ мм}.$$

Таким образом, можно запроектировать узлы предлагаемой конструкции фермы при выполнении чертежей КМ и КМД. Длина расчетных швов соответствует длине прямых резов присоединения стоек и раскосов к поясам. Толщина швов определяется расчетом по нормам.

Для опирания прогонов необходимо запроектировать столики, имеющие открытые для очистки и окраски полости. Конструкция столиков для примера показана на рис. 2. Макет фрагмента фермы изготовлен из картона. Все присоединения стержней выполнены путем расчета по формулам (4) и (5).

Отметим особенности технологии изготовления ферм. Трубы из уголков по опыту машиностроения [2], изготавливаются с помощью двухсторонней автоматической сварки. Точность расчетов по формулам (4) и (5) и полное соответствие им выполнения узлов и длин резов концов стоек и раскосов обеспечит качество изготовленных ферм.

На рис. 5 размерами s показана разница между фактической наибольшей длиной стоек и раскосов по отношению к геометрической длине (до точки пересечения осей стержней), если сечение поясов больше сечения стоек и раскосов.

² Формулы (4) и (5) обосновал канд. физ.-мат. наук, доц. В.Л. Дильман.

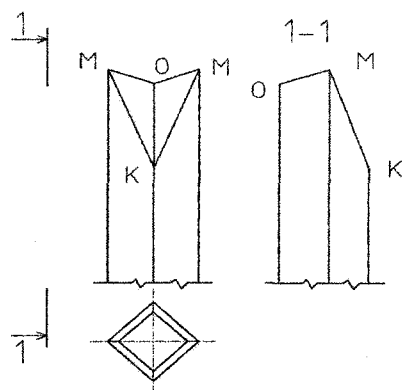


Рис. 6. Геометрия резов элементов решетки

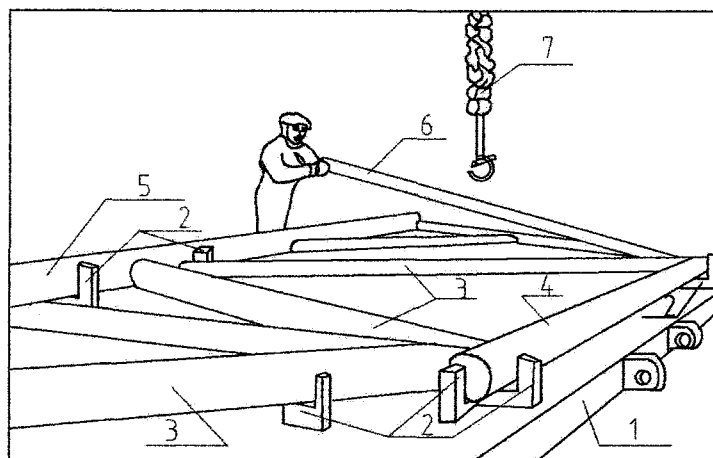


Рис. 7. Сборки фермы из труб на Челябинском заводе металлоконструкций: 1 – плита-ростверк; 2 – упоры; 3 – раскосы; 4 – пояс нижний; 5 – пояс верхний; 6 – устанавливаемый раскос; 7 – строп мостового крана

Геометрия прямых резов труб решетки фермы показана на рис. 6.

Сборки ферм, в том числе и из квадратных труб, на заводах металлических конструкций разработаны [4, 5].

Для этого создается индивидуальный сборочный кондуктор, состоящий из строганной плиты толщиной 100 мм, уложенной строго горизонтально на пол цеха. Путем разметки положения стержней фермы в плане и размеров сечений по отношению к плите, на последней в определенных местах привариваются подкладки, фиксаторы и пр. На кондукторе собирается вся партия ферм. По окончании все подкладки и фиксаторы срезаются кислородом для устройства другого кондуктора.

На рис. 7. показана сборка фермы из круглых труб.

Полуавтоматическую сварку фермы в среде CO_2 , как и обычную ферму из спаренных уголков, можно выполнять в горизонтальном положении, переворачивая ее на сварочном стенде с одной стороны на другую краном.

Выводы

1. Из-за уменьшения открытых поверхностей стержней, подверженных коррозии, предлагаемая ферма имеет повышенную коррозионную стойкость.

2. Положение стержней в пространстве из-за квадратной трубы на ребро уменьшает скопление промышленной пыли на поверхности, ускоряющей коррозию, и обеспечивает легкую очистку и окраску при эксплуатации.

3. Бесфасоночная ферма экономична по затратам металла и трудоемкости изготовления из-за отсутствия деталей оформления (фасонок).

4. Разработаны особенности проектирования узлов ферм из труб на ребро без фасонок.

5. Непосредственное примыкание решетки к поясам через ребро обеспечивает равномерную передачу усилий.

6. Выполнение прямых резов элементов решетки следует механизировать. Для решения этой задачи требуется выполнить специальное исследование.

7. Сборка и сварка ферм из труб на заводах металлоконструкций на сегодня отработана.

Литература

1. Повышение долговечности металлических конструкций промышленных зданий / А.И. Кикин, А.А. Васильев, Б.Н. Кошутин и др. – М.: Стройиздат, 1984. – 301 с.

2. Проектирование металлических конструкций / В.В. Бирюлев, И.И. Кошин, И.И. Крылов, А.В. Сильвестров. – Л.: Стройиздат, 1990. – 432 с.

3. Стрелецкий, Н.С. Курс металлических конструкций. Ч. 1. Основы металлических конструкций / Н.С. Стрелецкий. – М.; Л.: Стройиздат Наркомстроя, 1940. – 844 с.

4. Балдин, В.А. Трубчатые конструкции покрытий из сталей высокой прочности / В.А. Балдин, С.А. Ильяевич, Б.Н. Решетников // Промышленное строительство. – 1970. – № 6. – С. 41.

5. Абаринов, А.А. Особенности работы и расчета ферм из труб / А.А. Абаринов, Н.Б. Козьмин, А.Ф. Кузнецов // Промышленное строительство. – 1970. – № 6. – С. 32.

Поступила в редакцию 22 марта 2011 г.