

УДК 621.771.63

**ПРИМЕНЕНИЕ ФАСОНОК В СОЕДИНЕНИЯХ ЭЛЕМЕНТОВ  
СТАЛЬНЫХ ФЕРМ ИЗ ПРОФИЛЬНЫХ ТРУБ**

***Зернов Владимир Викторович,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».*

***Зайцев Михаил Борисович,***

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика».*

**Аннотация**

В статье представлен вариант использования профильных труб с применением фасонок для соединения элементов в узлах. Показано, что использование стержней из профильных труб взамен уголковых позволяет достичь экономии металла до 20% и снизить трудоемкость изготовления.

**Ключевые слова:** стальные фермы, профильные трубы, несущая способность, потеря устойчивости, относительный радиус инерции, фасоночное соединение, трудоемкость изготовления.

**THE USE OF GUSSETS IN THE COMPOUNDS OF THE ELEMENTS OF  
THE STEEL TRUSSES OF THE PROFILE TUBES**

***Zernov Vladimir Victorovich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.*

***Zaytsev Mihail Borisovich,***

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department “Mechanics”.*

## Abstract

The article presents a variant of using profile pipes with the use of shapes for connecting elements in the nodes. It is shown that the use of rods of shaped tubes instead of angle allows to achieve metal savings of up to 20% and reduce the complexity of manufacturing.

**Keywords:** steel trusses, profile pipe, bearing capacity, buckling, the relative radius of gyration, Faso night connection, the complexity of manufacturing.

В современном строительстве часто требуется принятие быстрых решений по применению экономичных, надёжных, лёгких, долговечных, эстетически выразительных строительных конструкций. Этим требованиям отвечают стальные конструкции, в частности стропильные фермы.

Современный уровень производства прокатных профилей позволяет изготавливать такие поперечные сечения, которые лучше всего отвечают работе элементов ферм на сжатие, растяжение, поперечный изгиб, сжатие или растяжение с изгибом, в результате чего ферма становится легче и дешевле. К таким сечениям относятся гнутосварные (профильные) трубы замкнутого прямоугольного или квадратного сечения, а также трубы круглого сечения.

Стропильные фермы из гнутосварных труб прямоугольного и квадратного сечения и круглых труб имеют ряд преимуществ по сравнению, например, с фермами со стержнями из спаренных уголков:

- в трубах относительно большие радиусы инерции, они хорошо работают на кручение и сжатие, более эффективно используется металл, снижается материалоемкость;

- трубы более стойки к коррозии, их применение очень эффективно при эксплуатации в агрессивной среде, так как внутренняя полость стержней замкнута;

- трубы более доступны для осмотра и окраски.

Известно [1-4], что мерой эффективности профиля для изгибаемых элементов является ядровое расстояние, а для сжатых – удельный (относительный) радиус инерции. Сжатые стержни с одинаковыми длинами и способами закрепления могут иметь разные гибкости в зависимости от их форм поперечного сечения. Вычисляя радиус инерции сечения  $i$  или относительный радиус инерции  $\rho = \frac{i^2}{A}$  (где  $A$  – площадь поперечного сечения), можно провести сравнительную оценку форм поперечных сечений стержней на способность сопротивляться потере устойчивости [5,6]. Чем больше  $\rho$ , тем больше величина критической силы и тем устойчивее стержень.

Относительные радиусы инерции для некоторых форм поперечных сечений приведены ниже в таблице 1.

Таблица 1

Форма сечения	$\rho$
Прямоугольник ( $h/b = 2$ )	0.204
Квадрат	0,289
Круг	0,36
Двутавр	0,27 – 0,36
Швеллер	0,38 – 0,45
Уголок равнобокий	0,4 – 0,6
Кольцо ( $d/D = 0,7...0,9$ )	0,86 – 1,53
Коробчатое ( $d/D = 0,7...0,9$ )	0,9 – 1,6

Как видно из таблицы, наиболее устойчивыми являются стержни с формами поперечными сечениями в виде кольца или коробчатые (прямоугольные и квадратные). Высокие характеристики  $\rho$  и  $i$  в этих сечениях обусловлены максимальным удалением материала от центра тяжести.

Однако при проектировании ферм из гнутосварных труб прямоугольного и квадратного сечения и круглых труб имеются определённые трудности. Они связаны в основном с проектированием и конструированием узлов.

В известных решениях, как правило, применяются бесфасоночные соединения стержней в узлах фермы. В связи с этим при изготовлении ферм возникают сложности с соединением стержней в узлах. Стержни решётки выполняются путём фигурной резки и разделки кромок труб, для чего необходимо наличие специальной газорезательной машины. Центрирование труб должно производиться по геометрическим осям, расцентровка не должна быть более четверти диаметра поясной трубы. Сварной шов, соединяющий трубы решётки с поясом, нагружен неравномерно. Конструктивная форма сварного шва вокруг трубы может изменяться от стыкового при тупом угле, до углового при остром угле.

Кроме того, согласно нормам проектирования, в узлах ферм с непосредственным прикреплением элементов решетки к поясам следует дополнительно проверять:

- несущую способность стенки (полки) пояса, к которой примыкает элемент решётки;
- несущую способность элемента решётки вблизи примыкания к поясу;
- прочность сварных швов.

Имеются особенности и при конструировании этих ферм.

С целью уменьшения трудоемкости изготовления и рационального использования характеристик стержней из профильных труб авторами предлагается вариант соединения стержней стальных ферм при помощи фасонки. Плоские фасонки плавно перераспределяют силовые потоки между элементами фермы, отпадает необходимость в специальном газорезательном оборудовании, дополнительных проверках несущей способности стенки (полки) поясов, к которой примыкает элемент решётки, несущей способности элементов решётки вблизи примыкания к поясу. Использование фасонки позволяет изготавливать фермы на строительных площадках.

Приведем пример конструкции треугольной фермы из профильных труб с фасонными соединениями элементов в узлах, разработанными авторами, и реализованной на одной из строительных площадок г. Пензы.

Для унификации принято три типоразмера поперечных сечений элементов фермы из профильных труб: для верхнего пояса, нижнего пояса и элементов решетки. Элементы фермы в узлах соединяются на сварке с помощью фасонки толщиной 10 мм, врезаемых по средней линии профильных труб. На рис. 1 – 4 приведены геометрическая схема фермы, а также конструкции опорного, промежуточного и конькового узлов.

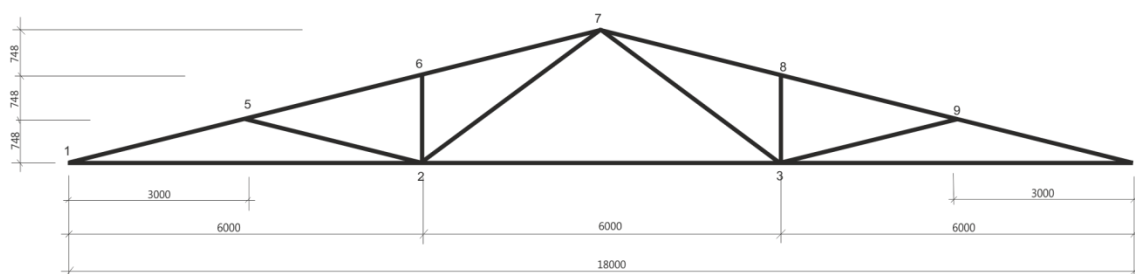


Рисунок 1 - Геометрическая схема фермы

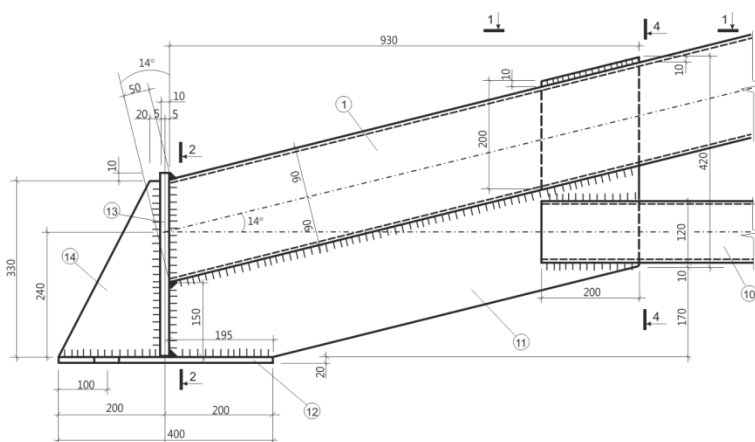


Рисунок 2 - Опорный узел фермы

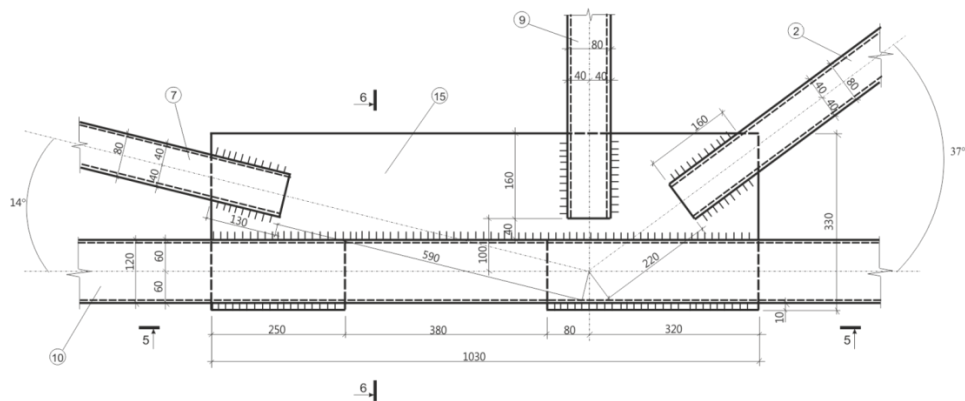


Рисунок 3 - Промежуточный узел нижнего пояса фермы

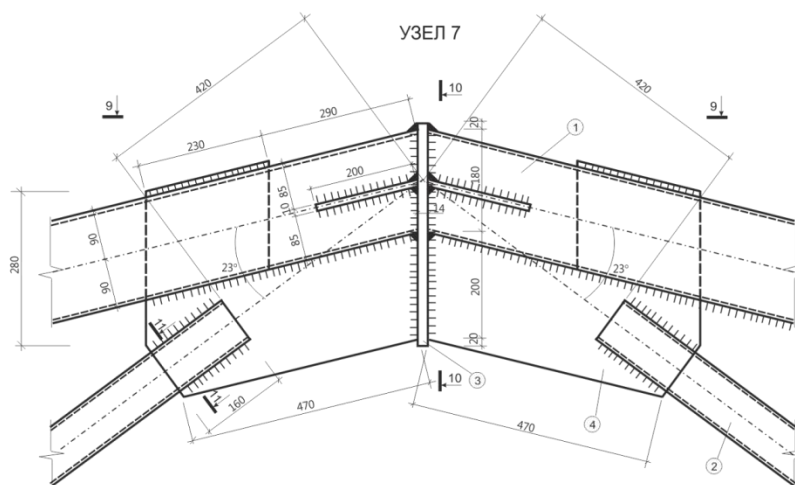


Рисунок 4 - Коньковый узел фермы

Подготовка элементов и укрупнительная сборка фермы проводились непосредственно на строительной площадке. На рис. 5 приведены фермы в проектном положении.



Рисунок 5 - Фермы в проектном положении

## **Выводы**

1. Предлагаемый способ соединения стержней из профильных труб на фасонках снижает трудоемкость изготовления из-за отказа от использования специальных газорезательных машин.

2. За счет использования фасонки уменьшается расчетная длина стержня, что приводит к увеличению несущей способности сжатых стержней.

3. Использование стержней из профильных труб взамен уголковых позволяет снизить расход стали. Например, в стержнях ферм, в которых обычно для поясов и опорных раскосов значения гибкостей  $\lambda = 60 \dots 90$ , а для решётки  $\lambda = 100 \dots 120$  экономия металла при использовании труб квадратного сечения может достигать 20%.

## **Библиографический список:**

1. Монахов В.А., Зайцев М.Б., Бураева Д.А. Методы численного расчета сжатых стержней на устойчивость [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2016. №4. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no4/stroitel'naya-mehanika/4.5/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no4/stroitel'naya-mehanika/4.5/at_download/file)

2. Зернов В.В., Зайцев М.Б., Анурьева Ю.В. Анализ устойчивости стержневых систем в упруго-пластической стадии работы [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2017. №6. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no6/stroitel'naya-mehanika/6.4/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no6/stroitel'naya-mehanika/6.4/at_download/file)

3. Зернов В.В., Зайцев М.Б. Определение предельной нагрузки для сжатого искривленного стержня фермы с учетом развития пластических деформаций сечения и реальных условий закрепления в узлах [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2015. №2. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no2/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/2.17/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no2/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/2.17/at_download/file)

4. Раевский А.Н., Зайцев М.Б. Проверка несущей способности металлических ферм с учетом искривлений отдельных элементов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1999. № 12.

5. Ласьков Н.Н., Зернов В.В., Зайцев М.Б. Определение критической нагрузки для стропильных ферм в упругой и упруго-пластической стадиях работы // Региональная архитектура и строительство. 2014. № 4.

6. Зернов В.В., Зайцев М.Б. Опыт использования запаса несущей способности стропильной фермы при реконструкции производственного цеха [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2018. №7. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no7/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/7.20/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no7/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/7.20/at_download/file)