



ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ  
МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ  
METAL CONSTRUCTIONS**

2019, ТОМ 25, НОМЕР 2, 43–52  
УДК 621.643.412.00124(031)

(19)-0391-1

## **БОЛТОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НОВОЙ МОДИФИКАЦИИ ДЛЯ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**А. С. Марутян**

*Филиал Северо-Кавказского федерального университета в Пятигорске,  
56а, ул. Украинская, г. Пятигорск, Россия, 357500.*

*E-mail: al\_marut@mail.ru*

*Получена 22 апреля 2019; принята 24 мая 2019.*

**Анотация.** Приведено новое техническое решение монтажных стыков металлических конструкций в виде болтовых соединений стержневых элементов на врезных фасонках с продольными осевыми прорезями. Этими прорезями каждая из фасонки разделена на одинаковые участки с отверстиями под болты, симметрично отогнутые в противоположные стороны на толщину фасонки, что обеспечивает их соединение внахлестку посредством стяжных болтовых креплений без одиночных или парных накладок и без эксцентриситетов. Такое конструктивно-компоновочное решение врезных фасонки оказалось достаточно эффективной первоосновой для их пространственной модификации в виде врезных крестов. Применение подобных крестов в типовых стыках трубчатых стержней позволяет отказаться от двойных комплектов болтовых креплений и сдвоенных пар накладок из равнополочных уголков со снятыми фасками. Сравнение предложенных, известных и типовых решений на одних и тех же базовых объектах показало, что новые болтовые соединения обладают необходимым и достаточным запасом несущей способности, обеспечивают уменьшение расхода конструкционного материала и являются равнопрочными со стыкуемыми стержневыми элементами. Универсальность предложенных технических решений обеспечивает им применимость в болтовых соединениях стержневых элементов из трубчатых и прокатных (незамкнутых) профилей, а также повышает их перспективность, рациональность и эффективность в разработке новых форм монтажных стыков несущих конструкций зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** монтажные стыки металлических конструкций, болтовые крепления, соединения на врезных фасонках, соединения на врезных крестах, оптимизация стыковых соединений.

## **БОЛТОВІ З'ЄДНАННЯ НОВОЇ МОДИФІКАЦІЇ ДЛЯ СТЕРЖНЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

**О. С. Марутян**

*Філія Північно-Кавказького федерального університету в П'ятигорську,  
56а, вул. Українська, м. П'ятигорськ, Росія, 357500.*

*E-mail: al\_marut@mail.ru*

*Отримана 22 квітня 2019; прийнята 24 травня 2019.*

**Анотація.** Наведено нове технічне рішення монтажних стиків металевих конструкцій у вигляді болтових з'єднань стержневих елементів на врізних фасонках з поздовжніми осевими прорізами. Цими прорізами кожна з фасонки розділена на однакові ділянки з отворами під болти, симетрично відігнуті в протилежні сторони на товщину фасонки, що забезпечує їх з'єднання внаклад за допомогою стяжних болтових кріплень без одиночних або парних накладок і без эксцентриситетом. Таке конструктивно-компоновочне рішення врізних фасонки виявилось досить ефективною першоосною для їх просторової

модифікації у вигляді врізних хрестів. Застосування подібних хрестів в типових стиках трубчастих стрижнів дозволяє відмовитися від подвійних комплектів болтових кріплень і здвоєних пар накладок з рівнополичних куточків зі знятими фасками. Порівняння запропонованих, відомих і типових рішень на одних і тих же базових об'єктах показало, що нові болтові з'єднання мають необхідний і достатній запас несучої здатності, забезпечують зменшення витрат конструкційного матеріалу і є рівномірні з істиками стрижневими елементами. Універсальність запропонованих технічних рішень забезпечує їм можливість застосування в болтових з'єднаннях стрижневих елементів з трубчастих і прокатних (незамкнених) профілів, а також підвищує їх перспективність, раціональність і ефективність в розробці нових форм монтажних стиків несучих конструкцій будівель і споруд.

**Ключові слова:** монтажні стики металевих конструкцій, болтові кріплення, з'єднання на врізних фасонках, з'єднання на врізних хрестах, оптимізація стикових з'єднань.

## BOLT CONNECTIONS NEW MODIFICATION FOR ROD ELEMENTS OF METAL CONSTRUCTIONS OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Alexander Marutyan

*Branch of the North Caucasus Federal University in Pyatigors,  
56a, Ukrainskaya Str., Pyatigors, Russia, 357500.  
E-mail: al\_marut@mail.ru*

*Received 27 April 2019; accepted 21 May 2019.*

**Abstract.** A new technical solution for mounting joints of metal structures in the form of bolted joints of rod elements on mortise moldings with longitudinal axial slots is presented. With these slits, each of the gussets is divided into identical sections with bolt holes symmetrically bent in opposite directions to the thickness of the gussets, which ensures their overlap joining by means of tightening bolts without single pads or eccentricities. Such a constructive-layout solution of the mortise gussets turned out to be quite an effective fundamental principle for their spatial modification in the form of mortise crosses. The use of such crosses in typical joints of tubular rods eliminates the need for double sets of bolted fasteners and twin pairs of pads from equal-angle corners with chamfers removed. Comparison of the proposed, well-known and standard solutions on the same basic objects showed that the new bolted joints have the necessary and sufficient bearing capacity, provide a reduction in the consumption of structural material and are equal-strength with joined core elements. The versatility of the proposed technical solutions ensures their applicability in bolted joints of rod elements from tubular and rolled (open) profiles, and also increases their availability, rationality and efficiency in the development of new forms of assembly joints of supporting structures of buildings and structures.

**Keywords:** assembly joints of metal structures, bolted fastenings, joints on mortise gussets, joints on mortise crosses, optimization of butt joints.

### Введение

Предлагаемое техническое решение имеет две модифицированные формы (плоскую и пространственную), относится к области строительства и может быть использовано в решетчатых конструкциях зданий и сооружений, например для монтажных стыков поясных стержней ферм покрытий. Известно стыковое соединение растянутых гнутосварных стержней (принятое в качестве аналога для плоской модификации), включающее осевые продольные прорезы в стенках на торцах стержней, окантованные гнутыми фланцами с образованием

полостей, в которых установлен пластинчатый вкладыш. Фланцы жестко прикреплены к торцам стержней и по примеру двухсторонних накладок соединены с вкладышем стяжными болтами (рис. 1) [1].

Недостаток этого технического решения заключается в материалоемкости соединительных элементов, состоящих из парных фланцев и вкладыша между ними. Кроме того, фасонный профиль гнутых фланцев требует соблюдать соответствующую точность при изготовлении и сборочно-сварочных работах, что сопровождается ростом трудозатрат и стоимости.

Наиболее близкое техническое решение (принятое за прототип для плоской модификации) представляет собой стыковое соединение нижних (растянутых) поясов стропильных и подстропильных ферм из гнутосварных профилей прямоугольного сечения, состоящее из врезных фасонки, торцевых заглушек и двухсторонних накладок. Фасонки размещены в осевых продольных прорезях в стенках, жестко прикреплены к торцам стержней и заглушкам, а также соединены между собой при помощи накладок и стяжных болтов (рис. 2) [2].

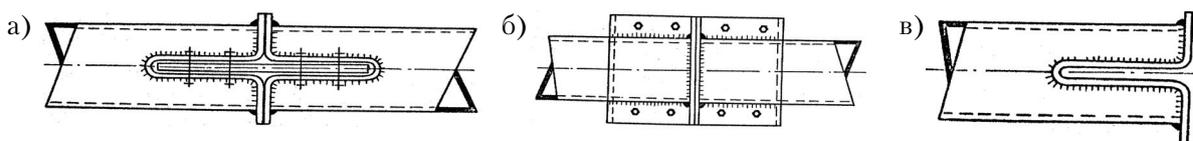
Следует отметить, что применение фасонки в соединении элементов стальных ферм из профильных труб на практике остается востребованным [3], несмотря на то, что бесфасоночные узлы более экономичны. При этом в растянутом элементе закрепление врезной фасонки с торцевыми заглушками равнопрочно этому элементу, если глубина врезки в 1,6 и более раз превышает поперечный размер профильной трубы [4].

Недостатком прототипа является материалоемкость соединительных элементов, включающих двухсторонние накладки. Кроме того, использование двойных комплектов болтовых креплений в аналоге и прототипе также увеличивает материалоемкость, а их установка приводит к дополнительным трудозатратам.

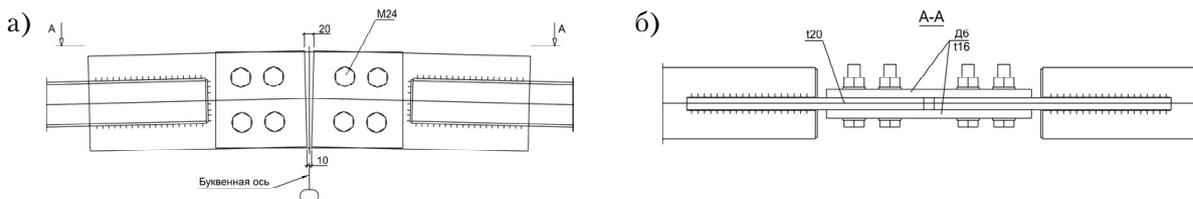
В качестве аналога для пространственной модификации можно принять стыковое соединение, в котором фланцы установлены по отношению к торцам трубчатых стержней с зазором, а ребра оформлены в виде врезного креста (рис. 3, а) [5].

Недостаток этого технического решения заключается в тех ограничениях, которые наложены на фланцевые соединения: растягивающие усилия – не более 2 000 кН, диаметр труб – до 400 мм, разница диаметров – не более 50 мм [6, с. 98]. Для сравнения здесь следует отметить, что в перекрестных фермах трех направлений врезные фасонки воспринимают усилия от поясов и раскосов, значения которых могут достигать 3 000 кН [7].

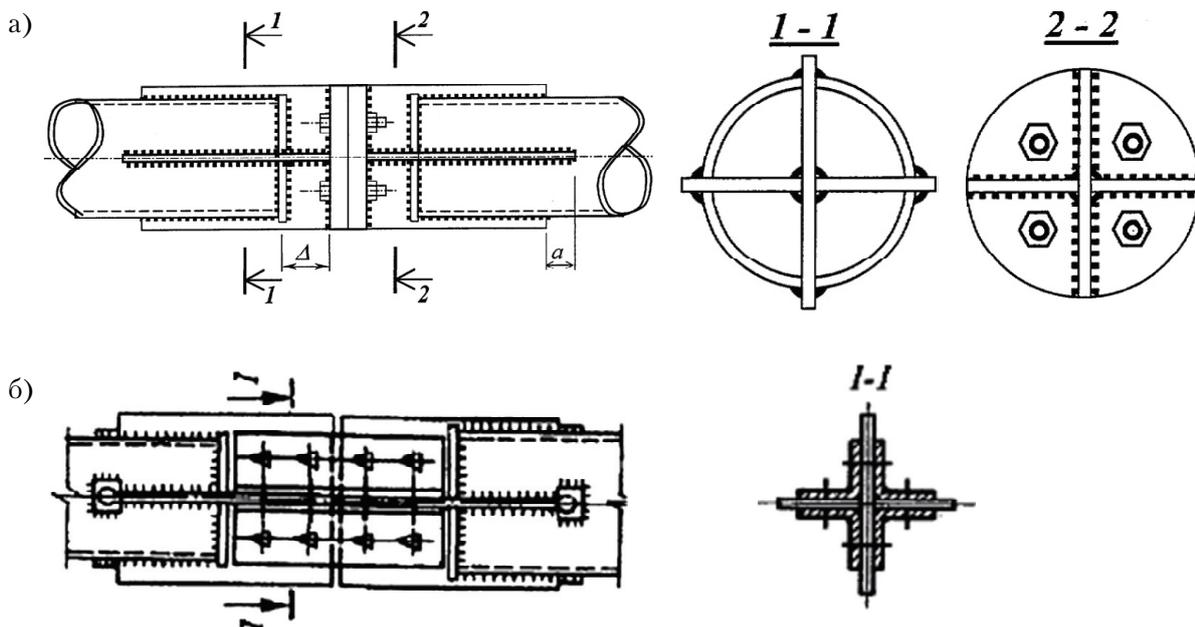
Наиболее близкое техническое решение (принятое за прототип для пространственной модификации) представляет собой монтажное (стыковое) соединение стержневых элементов из труб через врезной крест с помощью уголковых накладок на высокопрочных болтах (рис. 3, б) [6, с. 98, рис. 6.9, в; 8]. Использование для прототипа двойных комплектов болтовых креплений и соединительных элементов с размещением в них соответствующего количества отверстий сопровождается ростом материалоемкости стыкового соединения и дополнительных трудозатрат.



**Рисунок 1.** Схемы стыкового соединения растянутых трубчатых стержней на гнутых фланцах с вкладышем: а) вид сверху; б) вид сбоку; в) вид стержневого элемента до стыкования.



**Рисунок 2.** Схемы стыкового соединения растянутых трубчатых стержней на врезных фасонках с парными накладками: а) вид сбоку; б) вид сверху.



**Рисунок 3.** Схемы монтажных стыков с использованием врезных крестов: а) на фланцах; б) на уголковых накладках.

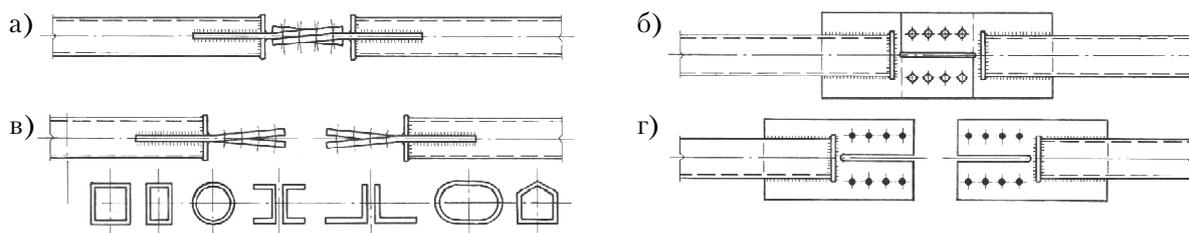
### Плоская модификация нового болтового соединения

Техническим результатом предлагаемого решения является сокращение расхода конструкционного материала и дополнительных трудозатрат. Указанный технический результат достигается тем, что в стыковом соединении растянутых стержней, включающем жестко прикрепленные к стержням торцевые заглушки и врезные фасонки, соединенные между собой стяжными болтами внахлестку, каждая из фасонки осевой продольной прорезью разделена на участки с болтовыми отверстиями, симметрично отогнутые в противоположные стороны на толщину фасонки (рис. 4) [9].

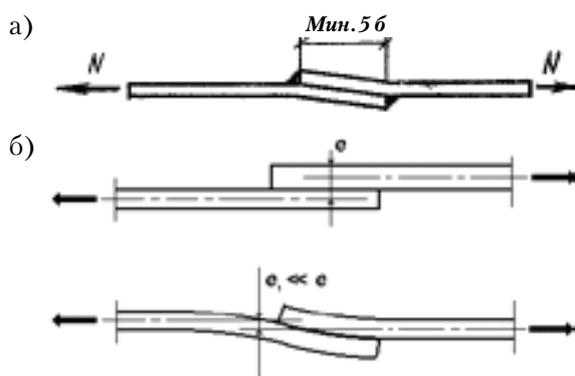
Предлагаемое стыковое соединение растянутых стержней имеет достаточно универсальное техническое решение для применения в монтажных стыках конструкций из профильных труб различных сечений (квадратных, прямоугольных, ромбических, треугольных, пятиугольных, круглых, овальных, плоскоовальных, чечевидных). С не меньшей эффективностью его можно использовать в конструкциях из открытых (незамкнутых) профилей, например парных уголков или парных швеллеров, где фасонки, перестав быть врезными, дополнительно выполняют функции

соединительных прокладок между парными элементами. В стыковом соединении растянутых стержней по предлагаемому решению нет эксцентриситетов, свойственных известным соединениям внахлестку и создающих в них дополнительные моменты. Действие таких моментов характерно проявляется в нахлесточных соединениях гибких (тонких) элементов листовых конструкций с лобовыми швами. Здесь для снижения концентрации напряжений минимальную нахлестку рекомендуется принимать длиной не менее пяти толщин свариваемых элементов (рис. 5) [10, 11]. В предлагаемом стыковом соединении длина двойных нахлесток определяется количеством и диаметром болтов, а их симметричное расположение сохраняет центрирование стыкового соединения без двухсторонних накладок и без двойных комплектов болтовых креплений, что расширяет возможности для реализации нового технического решения.

В область рационального применения стыкового соединения растянутых стержней по предлагаемому решению могут войти такие сложные и ответственные системы несущих конструкций, как двухпоясные оболочки двоякой кривизны с регулярными треугольными ячейками, основой формообразования которых служат перекрестные фермы трех направлений с



**Рисунок 4.** Схемы стыкового соединения растянутых стержней на врезных фасонках с продольными прорезями: а) вид сверху; б) вид сбоку; в) вид сверху до стыкования; г) вид сбоку до стыкования.

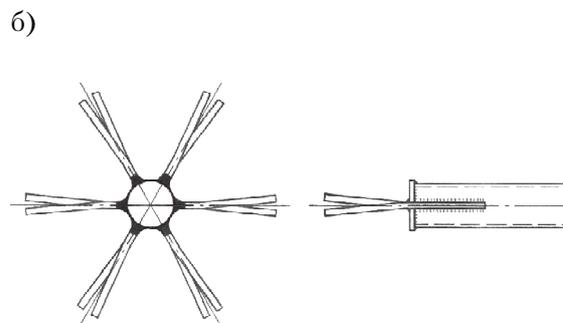


**Рисунок 5.** Схемы нахлесточного соединения растянутых тонкостенных элементов листовых конструкций с лобовыми швами: а) конструктивная; б) расчетные.

параллельными поясами. Для их соединения предусмотрены узлы, имеющие форму 6-лучевых звездочек, с болтовыми креплениями врезных фасонек через двухсторонние накладки (рис. 6) [7].

Если в принятых узлах для монтажа несущих конструкций в наиболее оптимальном режиме

двухсторонние накладки с двойными комплектами болтовых креплений частично заменить нахлесточными соединениями, соответственно с одиночными комплектами болтовых креплений, по предлагаемому решению, то вполне очевидно, что положительный эффект может оказаться более весомым. Предлагаемое решение стыкового соединения растянутых стержней отличается от прототипа отсутствием двухсторонних накладок, что сокращает расход конструкционного материала и трудоемкость изготовления. Кроме того, в предлагаемом стыковом соединении использованы одиночные комплекты болтовых креплений вместо двойных комплектов, необходимых для прототипа, из-за чего дополнительные трудозатраты снижаются. Количественно оценить сокращение конструкционного материала можно на примере прототипа в виде стыкового соединения нижнего (растянутого) пояса стропильной фермы ФС-24-V системы «Трасскон» [2], где масса врезных фасонек толщиной  $t = 20$  мм составляет 37 кг, а масса двух накладок Д6 ( $t = 16$  мм) –  $1,5 \times 2 = 3,0$  кг.



**Рисунок 6.** Снимок конструкции покрытия из перекрестных ферм трех направлений (а) и схема элементов узлового соединения для таких ферм (б).

Тогда за счет отсутствия накладок в предлагаемом решении стыкового соединения расход конструкционного материала может сократиться в  $40/37 = 1,08$  раза (или на 8 %). Здесь очевидно, что с учетом массы болтовых креплений сокращение расхода конструкционного материала будет более существенным.

Практический интерес представляет сравнение предлагаемого решения стыкового соединения растянутых стержней с болтовыми стыками на фланцах, принятыми в качестве типовых узлов для применения в несущих конструкциях покрытий зданий и сооружений. Такое сравнение достаточно корректно на примере монтажного стыка нижнего (растянутого) пояса стропильной фермы ФС-24-3,7 системы «Молодечно» (рис. 7) [12]. Основным результатом сравнения, представленным в табличной форме (табл. 1), стало сокращение расхода конструкционного материала на 3,4 %.

В приведенном сравнении положительный эффект от использования предлагаемого соединения складывается не только из экономии материала монтажного стыка. Новое решение при прочих равных условиях, включая 8 болтов М24 класса прочности 10.9, позволяет отказаться от фланцев,

для изготовления которых необходима дорогостоящая сталь электрошлакового переплава, обеспечивающего ее надежность против расслоения поперек проката. Еще одним слагаемым положительного эффекта является переход от повышенной точности изготовления фланцевых стыков к нормальной и грубой точности нахлесточных соединений с компенсационными возможностями за счет разницы диаметров болтов и отверстий.

Таким образом, представляется, что стыковое соединение растянутых стержней по предлагаемому решению достаточно перспективно для применения в несущих конструкциях зданий и сооружений с повышением их технико-экономических показателей. С другой стороны, приведенное решение является базовым для проработки его пространственной модификации с заменой врезных фасонки на врезные кресты.

#### Пространственная модификация нового болтового соединения

Техническим результатом предлагаемого решения является сокращение расхода конструкционного материала и дополнительных трудозатрат. Указанный технический результат достигается тем,

**Таблица 1.** Расход конструкционного материала (стали С245) на соединительные элементы плоской модификации

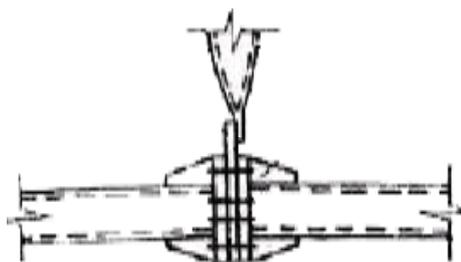
Сечение, мм	Длина, мм	Количество, шт.	Масса, кг				Примечания
			1 м	1 шт.	всех	итого	
– 30Ч300	300	2	70,65	21,20	42,40	48,24*	Фланцы
– 6Ч110	140	8	5,18	0,73	5,84	100%	Ребра
– 20Ч280	490	2	43,96	21,54	43,08	46,60*	Фасонки
– 10Ч70	160	4	5,50	0,88	3,52	96,6%	Заглушки

\*Без учета массы наплавленного металла сварных швов.

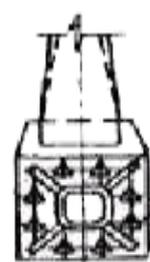
а)



б)



в)



**Рисунок 7.** Монтажный стык нижнего (растянутого) пояса стропильной фермы ФС-24-3,7 системы «Молодечно»: а) снимок монтажного стыка на фланцах; б) ,в) схема из ГОСТ 27579-88 [13].

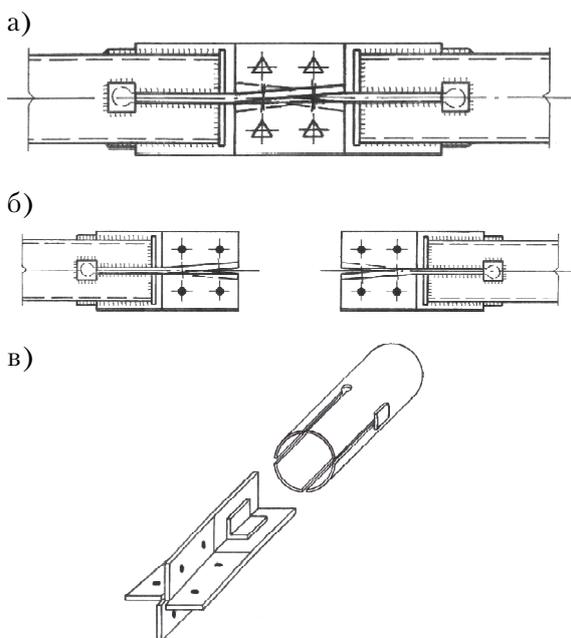
что в стыковом соединении трубчатых стержней, включающем жестко прикрепленные к стержням торцевые заглушки и врезные кресты, соединенные между собой болтами внахлестку, каждый из сболченных лучей врезных крестов симметрично отогнут в противоположные стороны на толщину лучей (рис. 8) [14].

Предлагаемое стыковое соединение трубчатых стержней имеет достаточно универсальное техническое решение для применения в монтажных стыках стержневых конструкций из трубчатых элементов различных сечений (квадратных, прямоугольных, ромбических, треугольных, пятиугольных, круглых, овальных, плоскоовальных, чечевидных). С не меньшей эффективностью его можно использовать в конструкциях из открытых (незамкнутых) профилей, например парных уголков или парных швеллеров, где кресты, перестав быть врезными, дополнительно выполняют функции соединительных прокладок между парными элементами.

В предлагаемом стыковом соединении длина нахлесток определяется минимально необходимым количеством и диаметром болтов, а их симметричное расположение сохраняет центрирование стыкового соединения без двухсторонних

накладок и без двойных комплектов болтовых креплений, что расширяет возможности для реализации нового технического решения. Каждый из врезных крестов имеет по четыре луча, которые симметрично отогнуты в противоположные стороны на толщину лучей. Эти лучи изготовлены из одинаковых листовых заготовок, участки которых с отверстиями под болты отогнуты на толщину лучей. Четыре гнутые заготовки в процессе сборочно-сварочных операций с использованием четырех уголкового коротышней составляют в цельную крестообразную фасонку так, чтобы все четыре участка с отверстиями под болты были отогнуты в одном и том же направлении (по ходу часовой стрелки или против хода часовой стрелки). Такие фасонки после размещения в прорезях трубчатых стержней, по аналогии с прототипом, можно принимать в качестве врезных крестов. Однако предлагаемое решение стыкового соединения трубчатых стержней отличается от прототипа отсутствием двухсторонних накладок из равнополочных уголков, что сокращает расход конструкционного материала и дополнительные трудозатраты.

Количественно оценить сокращение конструкционного материала можно на примере прототипа в виде стыкового соединения стержней из труб диаметром 426 мм и толщиной 10 мм с несущей способностью на растяжение не менее 3 000 кН. Для такого усилия при наличии двух плоскостей трения на одной условной полунакладке необходимо разместить 8 высокопрочных болтов М36 из стали марки 40Х «селект» по примеру 4.8 из основного пособия [15]. В данном случае для стыкования врезных крестов при помощи четырех уголкового накладок необходимо  $8 \times 2 = 16$  болтовых креплений. По предлагаемому (новому) решению для нахлесточного стыкования при наличии одной плоскости трения также необходимо разместить 16 высокопрочных болтов М36 из стали марки 40Х «селект». И в данном случае основным результатом сравнения, представленным в табличной форме (табл. 2), стало сокращение расхода конструкционного материала на 2,8 %. В приведенном сравнении положительный эффект от использования предлагаемого соединения складывается не только из экономии материала монтажного стыка. Новое решение при прочих равных условиях позволяет отказаться от накладок



**Рисунок 8.** Схемы стыкового соединения трубчатых стержней на врезных крестах с отогнутыми лучами: а) вид после стыкования; б) вид до стыкования; в) вид до сборки в аксонометрии.

**Таблица 2.** Расход конструкционного материала (стали С245) на соединительные элементы пространственной модификации

Сечение, мм	Длина, мм	Количество, шт.	Масса, кг				Примечания
			1 м	1 шт.	всех	итого*	
– 16×500	750	2	62,80	47,10	94,20	295,76 100%	Врезные кресты
– 16×240	750	4	30,14	22,61	90,44		Заглушки
– 10×210	210	8	16,49	3,46	27,68		Накладки
└ 160×14	610	4	34,20	20,86	83,44	287,52 97,2%	Врезные кресты
– 16×240	1050	8	30,14	31,65	253,20		Заглушки
└ 90×6	100	8	8,33	0,83	6,64		
– 10×210	210	8	16,49	3,46	27,68		

\*Без учета массы наплавленного металла сварных швов.

из равнополочных уголков со снятыми фасками, что уменьшает дополнительные трудозатраты.

Таким образом, и в данном случае представляется, что стыковое соединение трубчатых стержней по предлагаемому решению достаточно перспективно для применения в несущих конструкциях зданий и сооружений с повышением их технико-экономических характеристик.

### Заключение

В целом, подводя некоторые итоги, можно сформулировать ряд основных выводов.

1. Обзор и анализ стыковых, узловых, нахлесточных, фланцевых, болтовых соединений стержневых конструкций, включая отчетные материалы патентных экспертиз, показывают, что системное использование предлагаемых врезных фасонки с продольными осевыми прорезями, а также их пространственная модификация в виде врезных крестов представляется достаточно актуальным, перспективным и эффективным для разработки и исследования, проектирования и внедрения новых форм соединений на болтах несущих конструкций зданий и сооружений.
2. Врезные фасонки с продольными осевыми прорезями и их пространственная модифика-

ция в виде врезных крестов обладают достаточно универсальным техническим решением для болтовых соединений внахлестку элементов из трубчатых и прокатных (незамкнутых) профилей без одиночных или парных накладок и без эксцентриситетов.

3. Результаты сравнений предлагаемых (новых) технических решений с известными и типовыми решениями на одних и тех же базовых объектах показали, что применение врезных фасонки с прорезями и их пространственной модификации в виде врезных крестов в болтовых соединениях стержневых элементов несущих конструкций сопровождается определенным ростом технико-экономических показателей:
  - снижение расхода конструкционного материала;
  - переход от двойных комплектов болтовых креплений к одиночным комплектам;
  - отказ от дорогостоящих марок сталей, применяемых во фланцевых соединениях;
  - замена повышенной точности изготовления и монтажа фланцевых соединений на грубую и нормальную точность болтовых соединений с компенсационными возможностями за счет разницы диаметров отверстий и болтов.

## Литература

1. Пат. 4935458 СССР. Стыковое соединение растянутых гнутосварных стержней / Еремин К. И.; заявитель и патентообладатель Магнитогорский горно-металлургический институт им. Г. И. Носова. – № 1834957; заявл. 12.05.1990; опубл. 15.08.1993, бюл. № 30. – 3 с.
2. Ферменные конструкции системы Трасскон™ / Обнинск: ООО «Руукки Рус», 2009. – 88 с. – Режим доступа: [http://www.bvz.nn.ru/trasskon/trasskon\\_main.php](http://www.bvz.nn.ru/trasskon/trasskon_main.php).
3. Зернов, В. В. Применение фасонки в соединении элементов стальных ферм из профильных труб / В. В. Зернов, М. Б. Зайцев // Моделирование и механика конструкций. 2019. № 9. Режим доступа: [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) [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no-9-aprel-2019/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/9.10/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no-9-aprel-2019/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/9.10/at_download/file) (дата обращения 16.04.2019).
4. Руководство по проектированию стальных конструкций из гнутосварных замкнутых профилей / ЦНИИпроектстальконструкция, ВНИКТИ-стальконструкция Минмонтажспецстроя СССР. – М.: ЦНИИпроектстальконструкция, 1978. – С. 20.
5. Пат. РФ. Стыковое соединение трубчатых стержней / Кузнецов И. Л., Аксанов А. В.; заявитель и патентообладатель Казанская государственная архитектурно-строительная академия (RU). – № 2272109; заявлен 28.10.2004; опубл. 20.03.2006, бюл. № 8. – 6 с.
6. Специальные конструкции и сооружения / под ред. В. В. Горева // Металлические конструкции: учебник для вузов. – В 3 т. – М.: Высшая школа, 2002. – 544 с.
7. Разработка соединительного узла металлических конструкций сетчатых пространственных конструкций крупных инженерных сооружений / Д. Л. Морягин, И. Л. Ружанский, Л. И. Гладштейн // Промышленное и гражданское строительство, 2010, № 5. – С. 32–35.
8. Рекомендации по проектированию стальных конструкций с применением круглых труб / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М.: ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 1973. – С. 95.
9. Пат. 2016120993 РФ. Стыковое соединение растянутых стержней / Марутян А. С.; заявитель и патентообладатель А. С. Марутян. – № 2620114; заявл. 27.05.2016; опубл. 23.05.2017, бюл. № 15. – 1 с.
10. Муханов, К. К. Металлические конструкции: учебник для вузов / К. К. Муханов. – М.: Стройиздат, 1978. – 572 с.

## Reference

1. Patent 4935458 USSR. Butt joint of stretched bent-welded rods / Eremin K. I.; applicant and patent holder Magnitogorsk Mining and Metallurgical Institute G. I. Nosov. – № 1834957; declare 05.12.1990; publ. 08.15.1993, bul. № 30. – 3 p. (in Russian)
2. Truss constructions of the Trasscon™ system / Obninsk: Ruukki Rus LLC, 2009. – 88 p. Access mode: [http://www.bvz.nn.ru/trasskon/trasskon\\_main.php](http://www.bvz.nn.ru/trasskon/trasskon_main.php). (in Russian)
3. Zernov, V. V.; Zaitsev M. B. Application of gussets in the connection of elements of steel trusses from shaped pipes. In: *Modeling and mechanics of structures*. 2019. № 9. Access mode: [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) [http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no-9-aprel-2019/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/9.10/at\\_download/file](http://mechanicspguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no-9-aprel-2019/stroitelnye-konstrukcii-zdaniya-i-sooruzheniya/9.10/at_download/file) (appeal date 04/16/2019). (in Russian)
4. Guidelines for the design of steel structures of welded closed profiles / TsNIIproektstalkonstruktsiya, VNIKTstalkonstruktsiya Minmontazhspeetsstroy of the USSR. – M.: Central Research Institute of Design, 1978. – P. 20. (in Russian)
5. Patent RU. Butt joint of tubular rods / Kuznetsov I. L., Aksanov A. V.; applicant and patent holder Kazan State Academy of Architecture and Civil Engineering (RU). – № 2272109; 28.10.2004; publ. 20.03.2006, bul. № 8. – 6 p. (in Russian)
6. Special designs and constructions / ed. V. V. Goreva // Metal structures: a textbook for universities. – In 3 t. – Moscow: Higher School, 2002. – 544 p. (in Russian)
7. Mosyagin D. L.; Ruzhansky I. L.; Gladshstein L. I., Development of a connecting site for metal structures of mesh spatial structures of large engineering structures. In: *Industrial and Civil Construction*, 2010, № 5. – Pp. 32–35. (in Russian)
8. Recommendations for the design of steel structures using round pipes / TsNIISK them. V. A. Kucherenko. – M.: CNIISK them. V. A. Kucherenko, 1973. – P. 95. (in Russian)
9. Patent 2016120993 RU. Butt joint of stretched rods / Marutyan A. S.; applicant and patentee A. S. Marutyan. – № 2620114; declare 05.27.2016; publ. 05.23.2017, bul. № 15. – 1 p.
10. Mukhanov, K. K. Metal constructions: a textbook for universities / K. K. Mukhanov. – M.: Stroizdat, 1978. – 572 p. (in Russian)
11. Perelmuter, A. V. Lived-were (memories and reflections) / A. V. Perelmuter. – 3rd ed. revised, supplemented and submitted for free access on the Internet. – K, 2017. – 272 p. Access mode: <https://docplayer.ru/53723393-A-v-perelmuter-zhili-byli-vospominaniya-i-razmyshleniya.html>. (in Russian)

11. Перельмутер, А. В. Жили-были (воспоминания и размышления) / А. В. Перельмутер. – 3-е изд. перераб., доп. и представленное для свободного доступа в Интернете. – К., 2017. – 272 с. – Режим доступа : <https://docplayer.ru/53723393-A-vpereluter-zhili-byli-vozpominaniya-i-razmyshleniya.html>.
12. Стальные конструкции покрытий производственных зданий из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения пролетом 18, 24 и 30 м с уклоном кровли 10 %: типовой проект: серия 1.460.3-23.98. Выпуск I / ОАО ПИ Ленпроектстальконструкция. – Госстрой РФ, 2000. – 78 с.
13. ГОСТ 27579-88. Фермы стальные стропильные из гнутосварных профилей прямоугольного сечения. Технические условия. – Введ. 1988-07-01. – М. : Госстандарт СССР, 1988. – 10 с.
14. Пат. 2016131161 РФ. Стыковое соединение трубчатых стержней / Марутян А. С. ; заявитель и патентообладатель А. С. Марутян. – № 2632990; заявл. 27.07.16 ; опубл. 11.10.2017, бюл. № 29. – 8 с.
15. Металлические конструкции : учебник для вузов / под ред. В. В. Горева. – М. : Высшая школа, 2004. – В 3 т. Т. 1. Элементы конструкций. – С. 189–190.
12. Steel structures for coatings of industrial buildings from closed, welded rectangular sections with a span of 18, 24 and 30 m with a roof slope of 10 %: typical design: 1.460.3-23.98 series. Release I / JSC PI Lenproektsstalkonstruktziya. – Gosstroy of the Russian Federation, 2000. – 78 p. (in Russian)
13. GOST 27579-88. Steel truss trusses of bent-welded rectangular sections. Technical conditions. – Enter 1988-07-01. – M. : USSR State Standard, 1988. – 10 p. (in Russian)
14. Patent 2016131161 RU. Joint connection of tubular rods / Marutyanyan A. S. ; applicant and patentee A. S. Marutyanyan. – № 2632990 ; declare 07.27.16 ; publ. 11.10.2017, bul. № 29. – 8 p. (in Russian)
15. Metal structures: a textbook for universities / ed. V. V. Goreva. – M. : Higher School, 2004. – In 3 vol. Vol. 1. Elements of structures. – P. 189–190. (in Russian)

**Марутян Александр Суменович** – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела организации проектно-грантовой деятельности филиала Северо-Кавказского федерального университета в Пятигорске. Главный конструктор ООО «Модуль-Строй» (Пятигорск). Научные интересы: разработка и исследование, проектирование и внедрение легких металлических конструкций зданий и сооружений.

**Марутян Олександр Суменович** – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник відділу організації проектно-грантової діяльності філії Північно-Кавказького федерального університету в П'ятигорську. Головний конструктор ТОВ «Модуль-Буд» (П'ятигорськ). Наукові інтереси: розробка та дослідження, проектування та впровадження легких металевих конструкцій будівель і споруд.

**Marutyanyan Alexander** – Ph. D (Technical Sciences), Associate Professor, Senior Researcher of the Department for the Organization of Design and Grant Activities of the Branch of the North Caucasus Federal University in Pyatigorsk. Chief Designer of Modul-Build LLC (Pyatigorsk). Research interests: development and research, design and implementation of light metal structures of buildings and structures.