

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

А. С. Марутян [A. S. Marutyan],
П. С. Чернов [P. S. Chernov]

УДК
621.643.412.00124

ФЛАНЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
КОНСТРУКЦИЙ

FLANGE CONNECTIONS OF METAL STRUCTURES

В статье приведены новые технические решения фланцевых соединений, рациональной областью применения которых являются линейные, плоские и пространственные модификации металлических конструкций. Разработана практическая методика их расчета, подтвержденная результатами контрольной серии испытаний опытных образцов.

The article presents new technical solutions of flanges, rational scope of which is linear, flat and spatial modification of metallic structures. Practical method of calculation of them is confirmed by the test samples results of a control series of studies.

Ключевые слова: монтажные стыки металлических конструкций, болтовые крепления, соединения на фланцах, косые фланцы, опорные столики, методика расчета.

Key words: field joints of metal structures, bolt-on flange connections, oblique flanges, support tables, method of calculation.

В настоящее время фланцевые соединения относятся к числу наиболее распространенных и эффективных типов болтовых креплений металлических конструкций. Механизмы восприятия и передачи внешних усилий таких соединений базируются главным образом на преодолении сопротивления сжатию фланцев от предварительного натяжения высокопрочных болтов. При этом весьма значительная несущая способность высокопрочных болтов используется напрямую и практически полностью. Область рационального применения фланцевых соединений довольно велика. Она охватывает соединения элементов, подверженных растяжению, сжатию, изгибу или совместному их действию (рис. 1). Ее можно расширить и для передачи циклических нагрузок [1].

Известно стыковое соединение растянутых элементов замкнутого профиля, включающее концы стержневых элементов с фланцами, дополнительные ребра и стяжные болты, установленные по периметру замкнутого профиля попарно симметрично относительно ребер [2]. Недостаток соединения состоит в больших габаритах фланца и значительном числе соединительных деталей, что увеличивает расход материала и трудоемкость конструкции. Наиболее близким к предлагаемому техническому решению является монтажное стыковое соединение нижнего (растянутого) пояса ферм из гнутосварных замкнутых профилей, включающее концы стержневых элементов с фланцами, дополнительные ребра, стяжные болты и листовую прокладку между фланцами для прикрепления стержней решетки фермы и связей между фермами (рис. 1, а) [3]. Недостаток соединения, как и в предыдущем случае, состоит в материалоемкости и трудоемкости монтажного стыка на фланцах.

Основной задачей, на решение которой направлено фланцевое соединение растянутых элементов замкнутого профиля, является уменьшение массы (расхода) конструкционного материала. Результат достигается тем, что во фланцевом соединении растянутых элементов замкнутого профиля, включающем концы стержней с фланцами, стяжные болты и листовую прокладку между фланцами, фланцы установлены под углом 30° относительно продольных осей стержневых элементов, а листовую прокладку составляют парные опорные столики, жестко скрепленные с фланцами и в собранном соединении взаимно упертые друг в друга (рис. 2) [4].

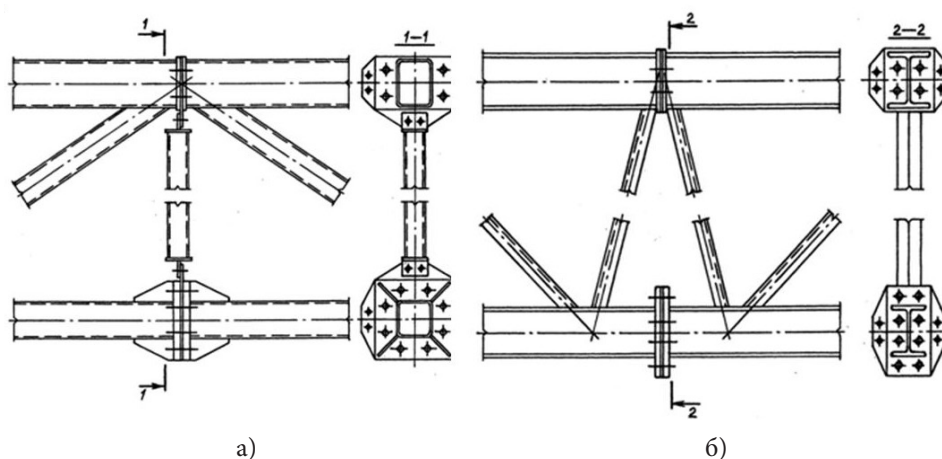


Рис. 1. Схемы монтажных стыков стропильных ферм (ферм покрытий) с использованием фланцевых соединений на болтах: а – из замкнутых профилей; б – из открытых профилей

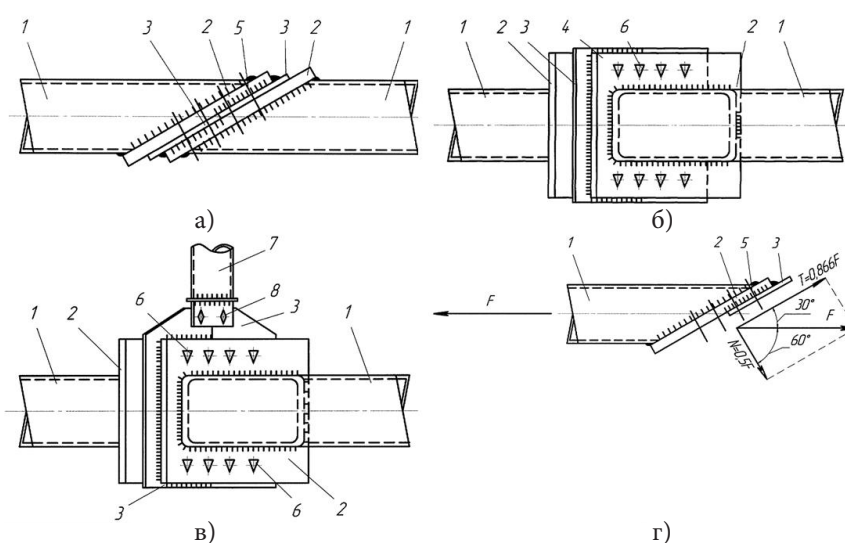


Рис. 2. Предлагаемое фланцевое соединение растянутых элементов замкнутого профиля: а – вид сверху; б – вид сбоку; в – вид сбоку для случая прикрепления элемента решетки; г – расчетная схема; 1 – растянутые элементы замкнутого профиля; 2 – фланцы; 3 – опорные столики; 4 – выступающие части фланцев; 5 – соосные отверстия; 6 – стяжные болты; 7 – стержневой элемент решетки; 8 – дополнительные болты

Предлагаемое фланцевое соединение имеет достаточно универсальное техническое решение. Так, его можно применить в монтажных стыках решетчатых конструкций из труб круглых, овальных, эллиптических, прямоугольных, квадратных, пятиугольных [5, 6] и других замкнутых сечений. В качестве еще одного примера использования предлагаемого соединения можно привести аналогичные стыки на монтаже элементов конструкций из парных и одиночных уголков, швеллеров, двутавров (рис. 3), тавров, Z-, H-, U-, V-, Λ-, X-, C- и П-образных, а также других открытых (незамкнутых) профилей. Предлагаемое фланцевое соединение растянутых элементов замкнутого профиля 1 содержит прикрепленные с помощью сварных швов цельнолистовые фланцы 2, установленные под углом 30° относительно продольных осей растянутых элементов. С фланцами 2 посредством сварных швов жестко скреплены опорные столики 3. В выступающих частях 4 фланцев 2 и опорных столиков 3 размещены соосные отверстия 5, в которых после сборки соединения на монтаже установлены стяжные болты 6. Для прикрепления стержневого элемента решетки 7 в предлагаемом фланцевом соединении опорные столики 3 продолжены за пределы выступающих частей 4 фланцев 2 таким образом, что в них можно разместить дополнительные болты 8, как это сделано в типовом монтажном стыке на фланцах. В случае использования предлагаемого фланцевого соединения для растянутых элементов незамкнутого профиля 9 соосные отверстия 5 во фланцах 2 и опорных столиках 3, а также стяжные болты 6 могут быть расположены не только за пределами сечения (поперечного или косого) незамкнутого (открытого) профиля, но и в его внутренних зонах. При полном отсутствии стяжных болтов 6 в наружных (внешних) зонах открытого профиля 9 предлагаемое фланцевое соединение более компактно.

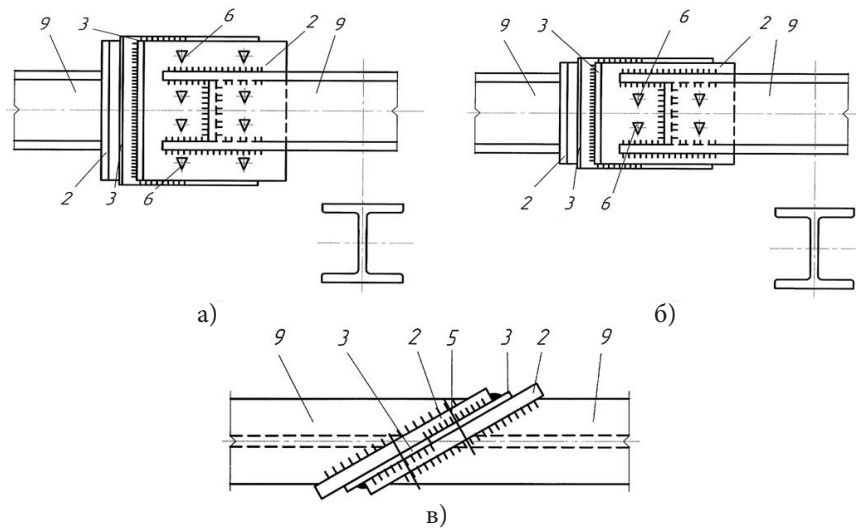


Рис. 3. Предлагаемое фланцевое соединение растянутых элементов незамкнутого (открытого) профиля: а – вид сбоку при наличии стяжных болтов в наружных (внешних) зонах открытого профиля; б – вид сбоку при полном отсутствии стяжных болтов в наружных (внешних) зонах открытого профиля; в – вид сверху; 2 – фланцы; 3 – опорные столики; 5 – соосные отверстия; 6 – стяжные болты; 7 – стержневой элемент решетки; 9 – растянутые элементы незамкнутого (открытого) профиля

В фермах из прямоугольных и квадратных труб (гнуто сварных замкнутых профилей – ГСП) углы примыкания раскосов к поясу должны быть не менее 30° для обеспечения плотности участка сварного шва со стороны острого угла [7]. Поэтому в предлагаемом фланцевом соединении растянутых элементов замкнутого профиля 1 фланцы 2 и скрепленные с ними опорные столики 3 установлены под углом 30° относительно продольных осей.

В таком случае продольная сила, вызывающая растяжение элемента замкнутого профиля 1, раскладывается на две составляющие (рис. 2, г):

- нормальную, воспринимаемую стяжными болтами 6,

$$N = F \cos 60^\circ = 0,5F; \quad (1)$$

- касательную, передающуюся на опорные столики 3,

$$T = F \cos 30^\circ = 0,866F. \quad (2)$$

Уменьшение болтовых усилий в два раза во столько же раз снижает моменты, изгибающие фланцы, а это позволяет применять для них более тонкие листы, сокращая тем самым расход конструкционного материала. Кроме того, на материалоемкость предлагаемого соединения позитивно влияют возможные уменьшения диаметров стяжных болтов 6, снижение их количества или комбинация первого и второго.

Здесь прочность болтов фланцевых соединений стержневых элементов замкнутого (трубчатого) профиля обеспечена, если

$$N_{bt} = N / (0,9n_b N_{bt}) \leq 1, \quad (3)$$

где n_b – общее число болтов; N_{bt} – расчетное усилие, воспринимаемое одним болтом на растяжение, с которым его предварительно необходимо натянуть (фланцевое соединение типа А), и вычисляемое по формуле

$$N_{bt} = R_{bt} A_{bn}, \quad (4)$$

где R_{bt} – расчетное сопротивление болтовых соединений растяжению; A_{bn} – площадь сечения «нетто» болта.

Рассчитываемое болтовое соединение должно располагаться безмоментно (симметрично) относительно центра тяжести сечения поясного элемента, как можно ближе к нему и с учетом минимально допустимых расстояний от профиля до оси болта b_b и от оси болта до края фланца c_b . При этом каждый из болтов должен быть равноудален от профиля. Диаметр отверстий можно принимать на 3 мм больше диаметра болтов.

Прочность фланцев на изгиб обеспечена, если

$$\sigma_{fl} / (\gamma_c R_{y,fl}) = M / (W_{fl} \gamma_c R_{y,fl}) \leq 1, \quad (5)$$

где γ_c – коэффициент условий работы; σ_{fl} , W_{fl} и $R_{y, fl}$ – соответственно нормальное напряжение, расчетное сопротивление стали и момент сопротивления сечения фланца, ($W_{fl} = b_1 t_{fl}^2 / 6$ (b_1 – шаг болтов, t_{fl} – толщина косоугольного фланца); M – наибольшее значение расчетного изгибающего момента.

Во фланцевых соединениях стержневых элементов замкнутого (трубчатого) профиля, а также в наружной зоне соединений элементов открытого (незамкнутого) профиля изгибающие моменты фланцев можно определять по условной расчетной схеме, как в балке, заземленной со стороны пояса, шарнирно опертой по кромке фланца и нагруженной усилием в болте N_b [8, 9]:

$$\begin{aligned} M_1 &= N_b l_1 b_b (l_1 + c_b) / (3l_1^2 - c_b^2), \\ M_2 &= N_b b_b^2 (3l_1 - b_b) / (3l_1^2 - c_b^2), \end{aligned} \quad (6)$$

где $N_b \leq 0,9N_{bt}$; l_1 – пролет балки, $l_1 = b_b + c_b$; b_b и c_b – минимально допустимые расстояния.

Эта же расчетная схема позволяет определять прогибы косоугольного фланца [10]:

– по оси болтового соединения

$$f_{fl} = N_b b_b^3 c_b^2 (3b_b + 4c_b) / (12l_1^3 EI_{fl}); \quad (7)$$

– наибольшее значение

$$f_{fl, \max} = 0,0098 N_b l_1^3 / (EI_{fl}), \quad (8)$$

где E – модуль упругости материала фланца; I_{fl} – момент инерции сечения фланца,

$$I_{fl} = b_1 t_{fl}^3 / 12.$$

Рассчитываемый косоугольный фланец растянутых стыков приваривается к поясному элементу односторонними угловыми швами. Их необходимо проверить расчетом на прочность:

– по металлу шва

$$F / (\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_c) \leq 1; \quad (9)$$

– по металлу границы сплавления с элементом пояса

$$F / (\beta_z k_f l_w R_{wz} \gamma_c) \leq 1; \quad (10)$$

– по металлу границы сплавления с фланцем в направлении толщины проката

$$F / (\beta_z k_f l_w R_{th} \gamma_{wz} \gamma_c) \leq 1, \quad (11)$$

где F – нагрузка на сварные швы; k_f – катет угловых швов, $k_f \leq 1,2t_{\min}$ ($t_{\min}$ – толщина самого тонкого из свариваемых элементов); l_w – расчетная длина шва, принимается меньше его полной длины на 1 см; R_{th} – расчетное сопротивление материала косоугольного фланца поперек проката, $R_{th} = 0,5R_{y, fl}$.

Опорные планки (опорные столики) косоугольных фланцев целесообразно принимать в 1,5...2 раза тоньше фланцев [11]:

$$t_{cr} = t_{fl} / (1,5...2). \quad (12)$$

Опорная планка приваривается к косоугольному фланцу односторонними угловыми швами по трем ее кромкам, а четвертая кромка фрезеруется с целью обеспечения плотного контакта в собранном стыке для передачи и восприятия касательной составляющей T .

Проверка сварных швов имеет вид:

– по металлу шва

$$T / (\beta_f k_f l_w R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c) \leq 1; \quad (13)$$

– по металлу границы сплавления с фланцем

$$T / (\beta_z k_f l_w R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c) \leq 1, \quad (14)$$

где T – нагрузка на сварные швы; k_f – катет угловых швов, $k_f \leq 1,2t_{\min}$; l_w – расчетная длина шва, принимается меньше его полной длины на 1 см.

Опорные планки (опорные столики) косоугольных фланцев необходимо также проверить расчетом из условия прочности на смятие:

$$T / (b_{cr} t_{cr} R_p) \leq 1, \quad (15)$$

где b_{cr} – ширина опорной планки в зоне контакта (смятия); R_p – расчетное сопротивление стали смятию торцевой поверхности.

Поперечная сила Q_{loc} в собранном стыке передается через дополнительное крепление между фасонкой стержневого элемента решетки фермы толщиной t_k и опорными планками косых фланцев на двух болтах, по условиям унификации одинаковых с болтами фланцев. Их можно устанавливать без предварительного натяжения, поэтому дополнительное болтовое соединение должно быть проверено расчетом из условий прочности:

– на срез

$$Q_{loc} / (N_{bs} n_b) \leq 1; \quad (16)$$

– на смятие

$$Q_{loc} / (N_{bp} n_b) \leq 1, \quad (17)$$

где N_{bs} и N_{bp} – расчетные усилия, которые могут быть восприняты одним болтом соответственно на срез и смятие; n_b – число болтов в соединении, $n_b = 2$.

Необходимый и достаточный запас несущей способности болтовых стыков растянутых стержневых элементов с косыми фланцами подтвержден итогами пробной (контрольной) серии исследований опытных образцов (рис. 4).

Разрывные усилия опытных образцов превысили уровень расчетных нагрузок в 1,7...2,5 раза, а экспериментальные и расчетные деформации имели достаточно приемлемую сходимость (табл. 1). Экспериментальные деформации определяли по показаниям механических индикаторов в направлении действия продольных усилий в стержневых элементах (рис. 5). Расчетные деформации вычисляли, как суммарный прогиб двух косых фланцев в проекции на продольную ось опытного образца:

$$\Delta = 2 f_{fl, \max} / \sin 30^\circ = 4 f_{fl, \max}, \quad (18)$$

где $f_{fl, \max}$ – прогиб одного фланца, определенный по формуле (8).

Таблица 1

Результаты пробной серии исследований опытных образцов

Параметры опытных образцов (сталь С235)					
№	Сечение стержневых элементов, мм	Толщина, мм		Болтовые соединения	
		фланцев	столбиков	диаметр, мм	класс
	2	3	4	5	6
1	25×25×1,5 ГОСТ 8369-68	4	2	M4	5.8
2	25×25×1,5 ГОСТ 8369-68	4	2	M4	5.8
3	25×25×1,5 ГОСТ 8369-68	4	2	M5	5.8

Несущая способность, кН							
№	расчетная				экспериментальная		
	стержн. эл-тов	косых фланцев	опор. стол.	болт. соедин.	причина разрывного опытного образца	предел. при разрушении	эксперимент. расчетные
	7	8	9	10	11	12	13
1	32,5	24,7	40,4	23,0	*мощность машины	*40,0	*1,74
2	32,5	24,7	40,4	23,0	разрыв болтов	52,0	2,26
3	32,5	24,7	40,4	40,2	изгиб фланцев	62,0	2,51

Деформации, мм						
№	от расчетных нагрузок			от предельных нагрузок		
	расчетные	эксперимент.	эксперимент. расчетные	расчетные	эксперимент.	эксперимент. расчетные
	14	15	16	17	18	19
1	0,035	0,044; 0,039	1,26; 1,12	0,060	1,14	19,0
2	0,035	0,052; 0,047	1,49; 1,34	0,078	1,61	20,7
3	0,037	0,061; 0,058	1,65; 1,57	0,093	2,07	22,3

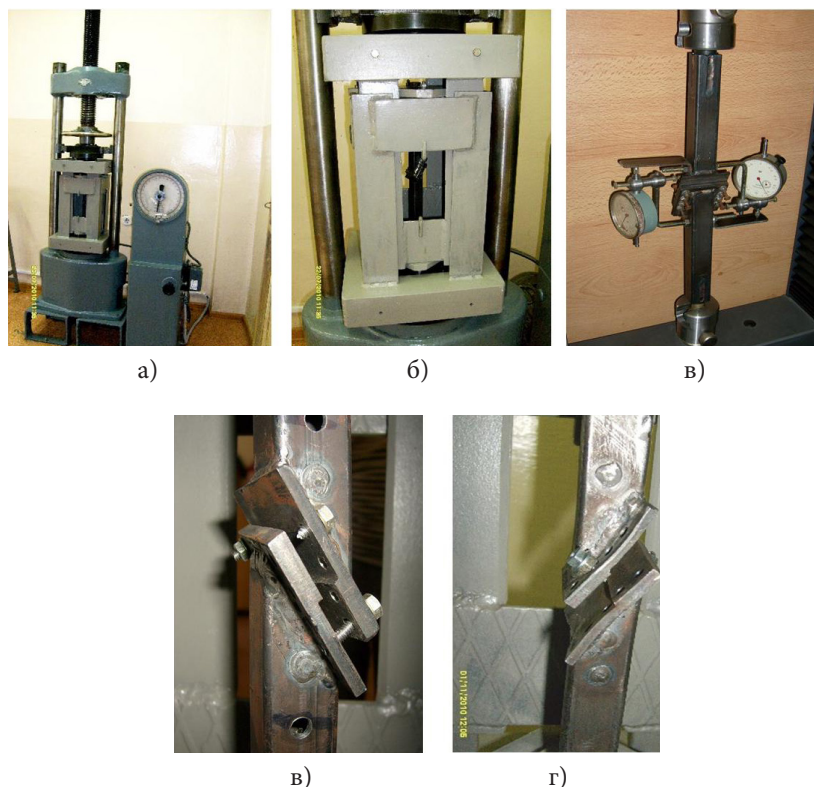


Рис. 4. Снимки общего вида испытательной установки (а), ее реверсивной части (б), опытного образца с механическими индикаторами перемещений (в), опытного образца с болтовыми соединениями после их разрыва (г), опытного образца после разрушения из-за изгиба фланцев (д)

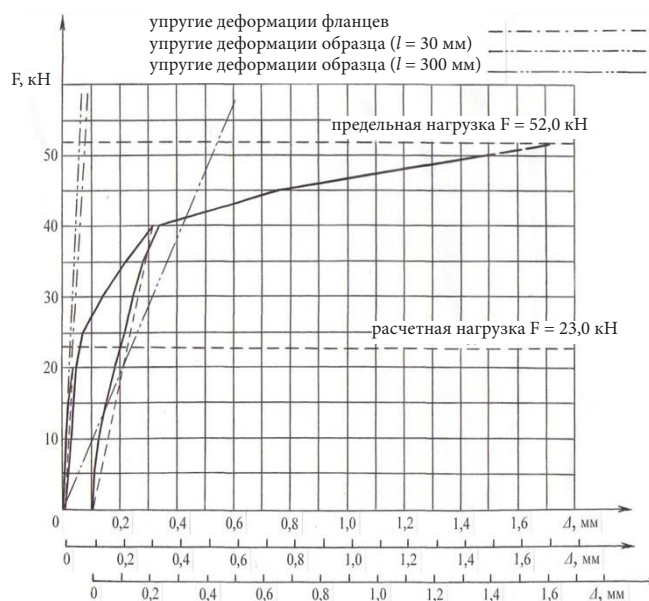


Рис. 5. Диаграмма растяжения одного из опытных образцов стыковых болтовых соединений стержневых элементов с косыми фланцами, построенная по осредненным показаниям двух механических индикаторов перемещений

Обобщая результаты первой серии испытаний, можно прийти к выводу, что стыковые соединения на косых фланцах не только равнопрочны со стержневыми элементами, но и вполне пригодны для применения в несущих конструкциях зданий и сооружений.

Для сравнения предлагаемого (нового) технического решения с известным в качестве базового объекта принято типовое монтажное соединение на фланцах ферм покрытий из гнutosварных замкнутых профилей системы «Молодечно» (рис. 6) [12, 13]. Расход материала сравниваемых вариантов приведен в табл. 2, из которой видно, что в новом решении он уменьшился в $54,7 / 26,8 = 2,04$ раза. Кроме того, здесь необходимо учесть расход материала на стяжные болты. В известном и предлага-

гаемом фланцевых соединениях количество стяжных болтов одинаково и составляет 8 шт. Если в первом из них использованы болты М24, то во втором – М18 того же класса прочности. Тогда очевидно, что в новом решении расход материала снижен пропорционально уменьшению площади сечения «нетто» болта, то есть в $3,52 / 1,92 = 1,83$ раза.

Таблица 2

Расход конструкционного материала (стали)

Наименование	Размеры, мм	Кол-ство, шт.	Масса, кг			Примечания
			1 шт.	всех	стыка	
Фланец прямой	300×300×30	2	21,2	42,4	54,7	Известное решение
Ребро жесткости	140×110×8	8	0,5*	4,0		
Прокладка соединительная	400×300×8	1	7,5	7,5		
Сварные швы (1,5 %)				0,8		
Фланец косой	300×250×18	2	10,6	21,2	26,8	Новое решение
Столик опорный	270×150×8	2	2,6	5,2		
Сварные швы (1,5 %)				0,4		

* Учтена треугольная форма



а)

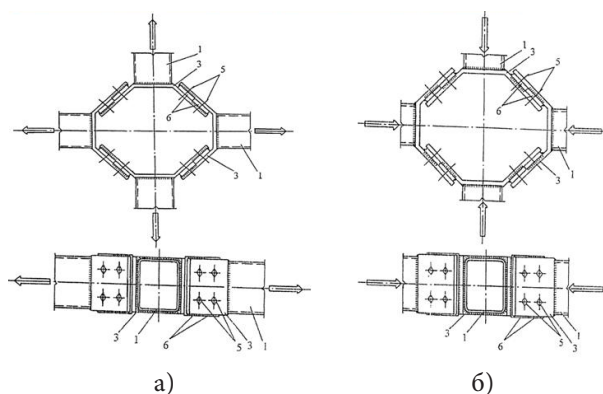


б)

Рис. 6. Общий вид монтажных стыков фермы:

а – верхнего пояса (образец Молодечненского завода металлоконструкций на выставке «MetallBuild 2007»);
б – нижнего пояса (фермы покрытия здания торгового предприятия «Электротовары» в Кисловодске)

Работа опорных столиков приведенных фланцевых соединений оказалась настолько эффективной, что стало очевидной перспективностью их применения для монтажных стыков более сложных в компоновочном отношении пространственных модификаций металлических конструкций. Основной задачей, на решение которой направлено предлагаемое узловое соединение, является повышение несущей способности и надежности конструкций. Технический результат обеспечивается тем, что в узловом соединении перекрестных стержневых конструкций, включающем трехгранные (лотковые) фасонки с болтовыми нахлесточными креплениями на торцах трубчатых стержней или двухгранные (уголковые) фасонки с болтовыми нахлесточными креплениями на торцах двутавровых стержней, фасонки стержней одного из направлений установлены полками изнутри полок фасонки стержней другого направления. Между сболченными внахлестку полками фасонки размещены взаимно упертые друг в друга опорные столики. При действии растягивающих усилий опорные столики попарно жестко скреплены с полками фасонки в зонах их перьев, а при действии сжимающих усилий – в зонах их обушков (рис. 7) [14].



а)

б)

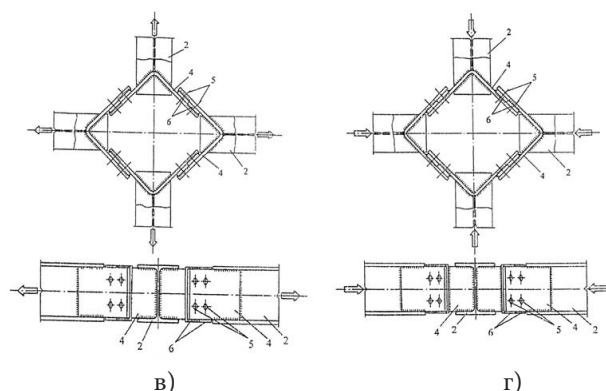


Рис. 7. Схемы предлагаемых узловых соединений перекрестных стержневых конструкций:

а – при растяжении конструкций из труб; б – при сжатии конструкций из труб; в – при растяжении конструкций из двутавров; г – при сжатии конструкций из двутавров; 1 – перекрестные стержневые конструкции из труб; 2 – перекрестные стержневые конструкции из двутавров; 3 – трехгранные (лотковые) фасонки; 4 – двухгранные (уголковые) фасонки; 5 – болтовые нахлесточные крепления; 6 – опорные столики

Предлагаемое узловое соединение перекрестных стержневых конструкций имеет достаточно универсальное техническое решение. Так, с помощью трехгранных (лотковых) фасонки его можно применить в монтажных стыках, совмещенных с узлами перекрестных конструкций из труб круглых, овальных, эллипсоидных, прямоугольных, квадратных, пятиугольных, ромбических и других замкнутых сечений. В качестве еще одного примера использования предлагаемого соединения можно привести аналогичные стыки на монтаже элементов перекрестно-стержневых систем из парных и одиночных уголков, швеллеров, двутавров, тавров, Z-, Н-, U-, V-, Л-, X-, С-, П-образных и других незамкнутых (открытых) профилей. С помощью двухгранных (уголковых) фасонки предлагаемое узловое соединение можно применить в монтажных стыках элементов из двутавров, парных и одиночных швеллеров, Н- и Z-образных профилей, а также других открытых (незамкнутых) сечений с парными стенками или парными полками. При этом предлагаемое узловое соединение с одинаковым успехом может воспринимать и растягивающие, и сжимающие нагрузки и воздействия.

Предлагаемое узловое соединение перекрестных стержневых конструкций из труб 1 или двутавров 2 содержит жестко прикрепленные с помощью сварных швов соответственно трехгранные (лотковые) фасонки 3 или двухгранные (уголковые) фасонки 4. Трехгранные (лотковые) фасонки 3 или двухгранные (уголковые) фасонки 4 имеют болтовые нахлесточные крепления 5. Фасонки 3 или 4 соответственно стержней 1 или 2 одного из направлений установлены полками изнутри полки фасонки 3 или 4 соответственно стержней 1 или 2 другого направления. Между сболченными внахлестку полками фасонки 3 или 4 размещены взаимно упертые друг в друга опорные столики 6. При действии растягивающих усилий опорные столики 6 попарно жестко скреплены с полками фасонки 3 или 4 в зонах их перьев, а при действии сжимающих усилий – в зонах их обушков. Кромки, по которым опорные столики 6 взаимно уперты друг в друга, пристрагиваются, а остальные кромки сварными швами жестко скрепляются с полками фасонки 3 или 4. Чтобы фасонки 3 или 4 с соответствующими им стержнями 1 или 2 не зависали на болтах нахлесточных креплений 5 и плотно опирались на столики 6, диаметр болтов принимают на 3...4 мм меньше диаметра отверстий, как это имеет место в типовом узле опирания ригеля (балки или фермы) на колонну сбоку [15]. При таком конструктивном оформлении узлового соединения перекрестно-стержневых систем все нагрузки и воздействия непосредственно в полной мере воспринимают на себя опорные столики, а болтовые нахлесточные крепления выполняют функции фиксирующих устройств, что повышает несущую способность и надежность конструкций.

Таким образом, разработка стыковых болтовых соединений стержневых элементов металлических конструкций с косыми фланцами и опорными столиками, а также их расчет и результаты экспериментальных исследований первой (пробной) серии опытных образцов позволяют рекомендовать к внедрению в практику строительства и сделать ряд основных выводов:

- 1) болтовые стыки на косых фланцах обладают необходимым и достаточным запасом несущей способности, что обеспечивает их равнопрочность с соединяемыми стержневыми элементами.
- 2) инженерная методика расчета болтовых соединений на косых фланцах отличается достаточной простотой и необходимой корректностью для применения в строительном проектировании.

3) стыковые болтовые соединения стержневых элементов с косыми фланцами при действии растягивающих усилий заметно снижают расход конструкционного материала по сравнению с прямыми фланцами, что предопределяет перспективность их применения в несущих конструкциях зданий и сооружений.

4) работа опорных столиков приведенных фланцевых соединений оказалась в монтажных стыках пространственных модификаций металлических конструкций не менее эффективной, чем в плоских и линейных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 1. Общая часть. (Справочник проектировщика) / под общ. ред. В. В. Кузнецова. – М.: Изд-во АСВ, 1998. – С. 179–204.
2. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений. (Справочник проектировщика) / под общ. ред. В. В. Кузнецова. – М.: Изд-во АСВ, 1998. – С. 157, рис. 7.6, б.
3. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 1. Элементы конструкций: учеб. для вузов / под ред. В. В. Горева. – М.: Высшая школа, 2001. – С. 462, рис. 7.28, в.
4. Марутян А. С., Першин И. М., Павленко Ю. И. Фланцевое соединение растянутых элементов замкнутого профиля. – Патент №2413820, 10.03.2011, бюл. № 7.
5. Марутян А. С., Кобаля Т. Л., Глухов С. А., Янусян Г. М., Павленко Ю. И. Пятиугольный замкнутый гнутосварной профиль. – Патент №104582, 20.05.2011, бюл. № 14.
6. Марутян А. С., Глухов С. А., Павленко Ю. И. Пятиугольные замкнутые гнутосварные профили. – Строительная механика и расчет сооружений, 2010, №5. – С. 53–57.
7. Металлические конструкции: учеб. для вузов / под ред. Ю.И. Кудишина. – М.: Академия, 2007. – С. 296.
8. Сахновский М. М. Легкие конструкции стальных каркасов зданий и сооружений. – Киев: Будивельник, 1984. – С. 68–70.
9. Марутян А. С. Проектирование стальных ферм покрытий. – Пятигорск: ПГТУ, 2006. – 60 с.
10. Справочник по сопротивлению материалов / отв. ред. Писаренко Г. С. – Киев: Наукова думка, 1988. – С. 346–347.
11. Марутян А. С. Курсовое и экспериментальное проектирование стальных ферм покрытий. – Пятигорск: ПГТУ, 2010. – 112 с.
12. Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 18, 24, 30 м с применением замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения типа «Молодечно». Серия 1.460.3-14. Чертежи КМ, 1980. – Лист 44.
13. Стальные конструкции покрытий производственных зданий из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения пролетом 18, 24 и 30 м с уклоном кровли 10 %. Серия 1.460.3-23.98. Выпуск I. Чертежи КМ, 2000. – Лист 37.
15. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 1. Элементы конструкций: учебник для вузов / под ред. В. В. Горева. – М.: Высшая школа, 2004. – С. 398, 399, рис. 6.52, 6.53.

ОБ АВТОРАХ

Марутян Александр Суренович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Строительство» филиала СКФУ в г. Пятигорске; E-mail: al_marut@mail.ru.

Marutyan Alexander Surenovich, Candidate of Technical Science., professor of «Construction» department, NCFU (branch in Pyatigorsk); E-mail: al_marut@mail.ru.

Чернов Павел Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство» филиала СКФУ в г. Пятигорске; E-mail: chernov.ps@mail.ru.

Chernov Pavel Sergeevich, candidate of Technical Science, assistant professor of «Construction» department. NCFU (branch in Pyatigorsk); E-mail: chernov.ps@mail.ru.

FLANGE CONNECTIONS OF METAL STRUCTURES

A. S. Marutyan, P. S. Chernov

A new technical solution of field joints in metallic structures on bolting oblique flanges of angled 30 degrees relative to the longitudinal axes of the rod members and provided support tables is given in this article. In such joints longitudinal forces attributable to the flanges are arranged into normal and tangential (tangential) components. Normal components are transmitted to the bolt, and tangents are taken by support tables.

But in the oblique flange bolts are loaded twice less than in straight lines. Butt joints have the necessary and sufficient supply of bearing capacity, provide reduced consumption of structural material and they are of equal strength with the core elements of the docked. Practical method of calculation of such compounds is confirmed by the test samples results of a control series of studies. On the basis of the presented field joints, a new connection node of spatial metal structures is developed.