

УДК 624.014

Решетчатые конструкции из гнутосварных профилей цельных и составных сечений

Марутян А.С., к.т.н.

Филиал Северо-Кавказского федерального университета в г. Пятигорске,
Российская Федерация

Анотація. Наведено нові технічні рішення гратчастих конструкцій (ферм і прогонів) з трубчастих профілів цільних та складених перерізів. Сформульовані основні вимоги, що пред'являються до безфасонкових вузлів таких конструкцій. При розрахунку і експериментальному проектуванні гратчастих прогонів уточнена формула їх будівельного коефіцієнта маси. Показана її коректність і придатність для варіантного проектування та оптимізації несучих конструкцій, їх плоских і просторових модифікацій, включаючи модулі перекриттів і покриттів з перехресних ферм типу «П'ятигорськ».

Аннотация. Приведены новые технические решения решетчатых конструкций (ферм и прогонов) из трубчатых профилей цельных и составных сечений. Сформулированы основные требования, предъявляемые к бесфасоночным узлам таких конструкций. При расчете и экспериментальном проектировании решетчатых прогонов уточнена формула их строительного коэффициента массы. Показана ее корректность и применимость для вариантного проектирования и оптимизации несущих конструкций, их плоских и пространственных модификаций, включая модули перекрытий и покрытий из перекрестных ферм типа «Пятигорск».

Abstract. New technical solutions are presented for lattice structures (girders and beams) made of one-piece tubular sections and composite sections. Basic requirements for non-faceted nodes of such structures are stated. At calculation and experimental design of lattice girders their formula of building mass ratio is refined. Its correctness and applicability is shown for alternative design and optimization of load-bearing structures, their flat and spatial modifications, including modules of ceilings and coverings made of cross girders type "Pyatigorsk".

Ключевые слова: решетчатые конструкции, профильные трубы, гнутосварные профили, бесфасоночные узлы, строительный коэффициент массы.

Конструктивно-компоновочное выполнение плоских и пространственных решетчатых систем (конструкций) во многом определяется техническим решением узловых соединений несущих элементов, определяющим, в свою очередь, несущую способность всей системы в целом, а также трудоемкость и технологичность ее изготовления и монтажа [1]. Этим объясняется то многообразие конструктивных форм, которым отличаются соединительные узлы решетчатых систем. Конструкции узлов постоянно совершенствуются с точки зрения как трудоемкости и технологичности их изготовления (включая сборку и монтаж), так и несущей способности (прочности, устойчивости, жесткости).

Несмотря на многообразие, все узловые соединения должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- иметь минимальное значение строительного коэффициента массы

ψ_m

$$\psi_m = m / m_s = 1 + m_u / m_s, \quad (1)$$

где m , m_s и m_u – приведенные массы соответственно всей конструкции (решетчатой системы), ее основных (стержневых) и вспомогательных (узловых) элементов, $m = m_s + m_u$;

- быть универсальными (пригодными для верхних и нижних поясов), то есть способными воспринимать действие как сжимающих, так и растягивающих сил, в том числе при наличии изгибающих моментов;
- отличаться технологичностью и индустриальностью, то есть иметь сравнительно простую технологию изготовления, сборки и монтажа.

Поэтому в решетчатых системах одним из главных вопросов разработки и исследования является решение их соединительных узлов. Дополнительную специфику в этот вопрос вносит применение профильных труб (гнутосварных профилей – ГСП), отличающихся тонкостенностью и формой поперечных сечений [2–4]. Наибольшее распространение в трубчатых конструкциях получили узловые бесфасоночные соединения с непосредственным примыканием стержней решетки к поясам. Здесь во избежание продавливания (выдергивания) диаметр трубы решетки не должен быть меньше 0,3 диаметра трубы пояса. В конструкциях из прямоугольных (квадратных) ГСП такое ограничение ужесточено в два раза, то есть ширину стержня решетки следует принимать не менее 0,6 поперечного размера пояса. Эти ограничения в пространственных модификациях решетчатых конструкций приходится, как правило, одновременно совмещать с необходимостью монтажных стыков несущих элементов пересекающихся направлений. Так, разработано техническое решение, в котором перекрестные фермы одного из направлений снабжены съемными нижними поясами, а бесфасоночные узлы элементов решетки – заглушками (рис. 1, а) [5]. Изготавливать фермы со съемными поясами, но без заглушек для элементов решетки позволил бесфасоночный раскосный узел (рис. 1, б) [6].

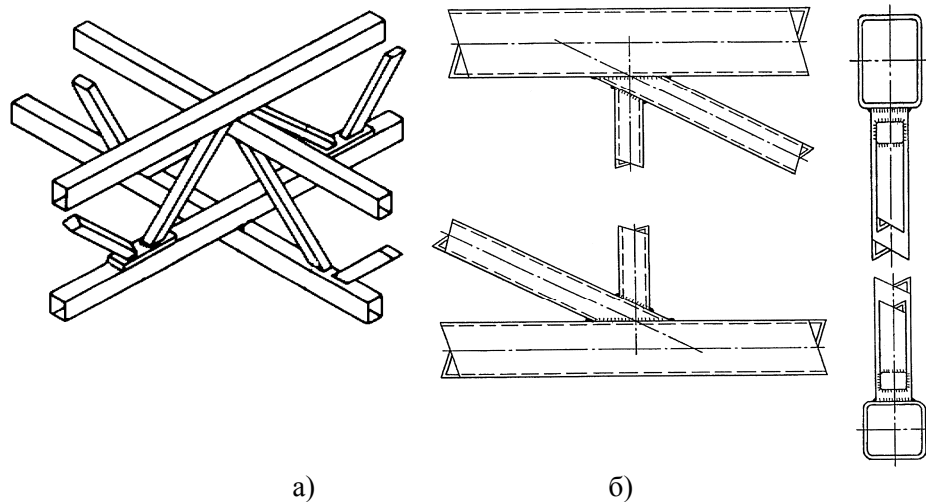


Рис. 1. Схемы фрагментов решетчатых конструкций (ферм):
а – со съёмными нижними поясами и заглушками элементов решетки;
б – с бесфасоночными раскосными узлами

В таком узле раскос непосредственно примыкает к поясу фермы, поэтому минимальный размер его поперечного сечения составляет 0,6 ширины пояса. Стойка решетки непосредственно примыкает к раскосу, поэтому минимальный размер ее поперечного сечения составляет 0,6 ширины раскоса или 0,36 ширины пояса, что позволяет уменьшить расход конструкционного материала. Снижению материалоемкости способствует также укорочение стоек решетки, которые не могут непосредственно примыкать к поясам фермы. Кроме того, растянутый раскос оказывается зажатым между стойкой решетки и поясом фермы, что уменьшает действие выдергивающей силы и обеспечивает более равномерное распределение напряжений в бесфасоночном узле, а это тоже позитивно влияет на материалоемкость конструкции. Успешная апробация узла во время испытаний подвесного крана на статические и динамические воздействия ускорила применение в практике строительства и проектирования решетчатых конструкций с использованием ГСП в виде модулей покрытий (перекрытий) из перекрестных ферм типа «Пятигорск» (рис. 2).



Рис. 2. Монтаж перекрестных ферм с бесфасоночными раскосными узлами (а) и их апробация при испытаниях подвесного крана грузоподъемностью 3,2 тонны

Позднее эти конструкции были не менее успешно модернизированы (включая испытания 5-тонного подвесного крана) при помощи бесфасоночных узлов с монтажными окнами (рис. 3) [7].



Рис. 3. Схема бесфасоночного узла перекрестных ферм с монтажным окном (а) и его снимок во время монтажа (б)

Более равномерным распределением напряжений в бесфасоночных узлах решетчатых конструкций из квадратных ГСП сопровождаются разворот поясных элементов на 45° относительно их продольных осей, а также непосредственное примыкание к ним элементов решетки с V-образными вырезами по торцам (рис. 4) [8]. Полученные результаты численных и экспериментальных исследований показали, что такое конструктивно-компоновочное решение узловых соединений увеличивает их эффективность в 1,74 раза по металлоемкости и 1,8 раза по несущей способности [9]. Однако его недостатком является сложность применения в фермах беспрогонных покрытий, так как ребро пояса может смять листы

профилированного настила. В прогонных покрытиях уже само ребро пояса может быть смято прогоном, поэтому необходимо устройство опорных столиков под прогоны, что негативно влияет на материалоемкость конструкций, а также увеличивает трудоемкость их изготовления и монтажа. Этот недостаток можно устранить при помощи поясных элементов пятиугольного сечения с одной горизонтальной гранью (полкой), двумя вертикальными гранями (стенками) и двумя наклонными гранями, то есть при помощи пятиугольных ГСП (рис. 5). Здесь можно отметить, что для опытно-промышленного производства пятиугольных ГСП (рис. 6) на базе Пятигорского филиала СКФУ, а также их реализации в модулях типа «Пятигорск» составлен бизнес-план, который прошел еще не все стадии проработок и согласований.

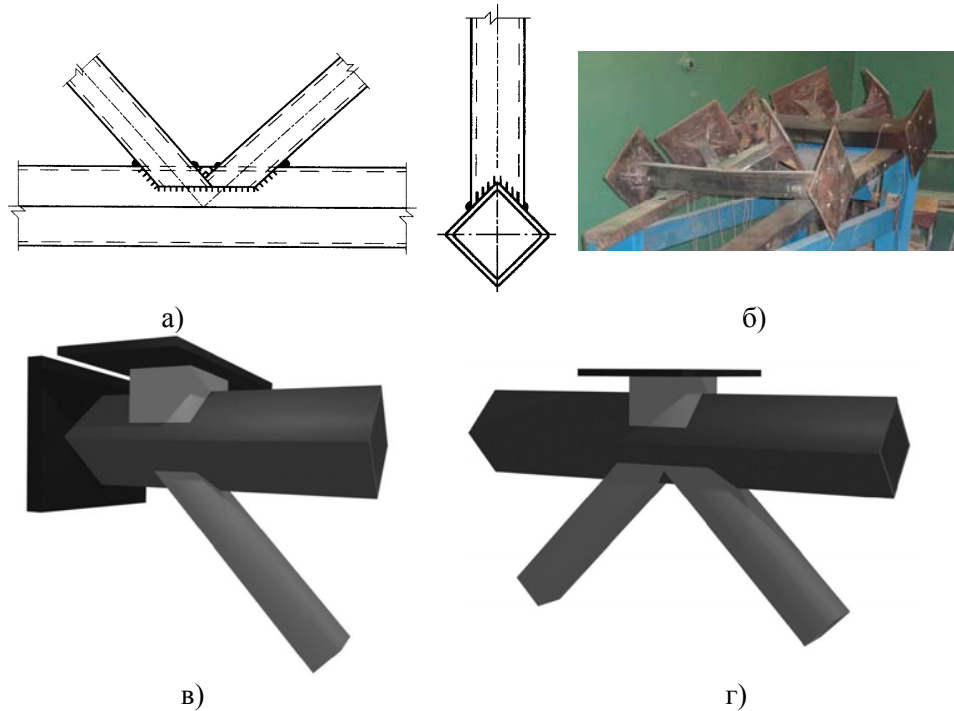


Рис. 4. Схема бесфасоночного узла из трубчатых профилей квадратного сечения с V-образной разделкой торцов раскосных элементов решетки (а) и снимок его испытанных образцов (б), а также схемы детализовки опорного (в) и рядового (г) узлов верхнего пояса фермы прогонного покрытия

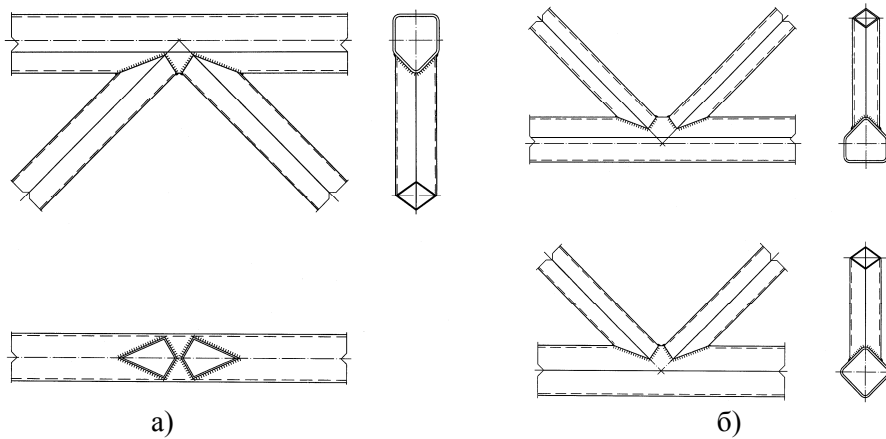


Рис. 5. Схемы бесфасоночных узлов решетчатых конструкций из квадратных и пятиугольных труб: а – верхних поясов; б – нижних поясов

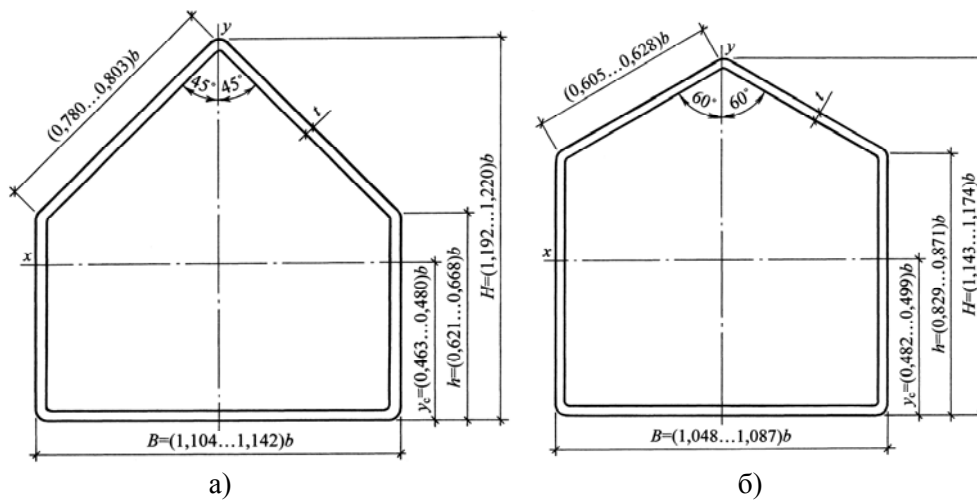


Рис. 6. Расчетные схемы поперечных сечений пятиугольных профильных труб (гнутоварных профилей): а – с углом 90° между наклонными гранями; б – с углом 120° между наклонными гранями

В качестве альтернативы целесообразно рассмотреть два варианта:

- пятигранные трубы, скомпонованные из прокатных швеллеров и равнополочных уголков [10];
- фермы из квадратных труб с верхними поясами, усиленными швеллерами [11].

Первый вариант включает сортамент пятигранных профилей составного сечения в диапазоне формообразующих швеллеров от № 5 до № 36 с тремя рабочими версиями компоновки (рис. 7):

- крайние точки перьев уголка лежат в плоскостях наружных граней полок швеллера;
- крайние точки перьев уголка находятся с внутренней стороны от плоскостей наружных граней полок швеллера;
- крайние точки перьев уголка находятся с наружной стороны от плоскостей наружных граней полок швеллера.



Рис. 7. Схемы компоновки сечений пятигранных профильных труб

Второй вариант представлен фермой из квадратных труб с верхним поясом, усиленным швеллером, имеющей достаточно универсальное решение, при реализации которого для этого пояса можно использовать как прокатные, так и гнутые, гнутосварные профили и их сочетания (рис. 8). В частном случае имеется возможность повторного применения квадратных профилей элементов решетки или нижнего пояса. При этом поперечные сечения элементов решетки могут быть ориентированы относительно осевой плоскости фермы (несущей конструкции) ортогонально (ортогональные раскосы) или диагонально (диагональные раскосы).

Компоновка поясного элемента из квадратной трубы и швеллера включает четыре рабочие версии (рис. 9):

- швеллер оперт на верхнее и боковые ребра трубы;
- швеллер оперт на боковые ребра трубы;
- швеллер оперт на грани трубы и ребро между ними;
- швеллер оперт на грани трубы.

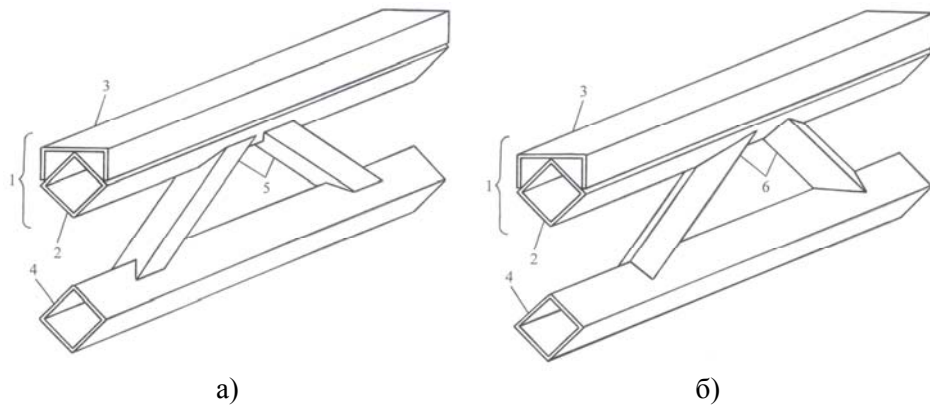


Рис. 8. Аксонометрии фрагментов несущих конструкций с ортогональными (а) и диагональными (б) элементами решетки: 1 – верхний пояс; 2 – труба верхнего пояса; 3 – швеллер усиления верхнего пояса; 4 – нижний (растянутый) пояс; 5 – ортогональные раскосы; 6 – диагональные раскосы

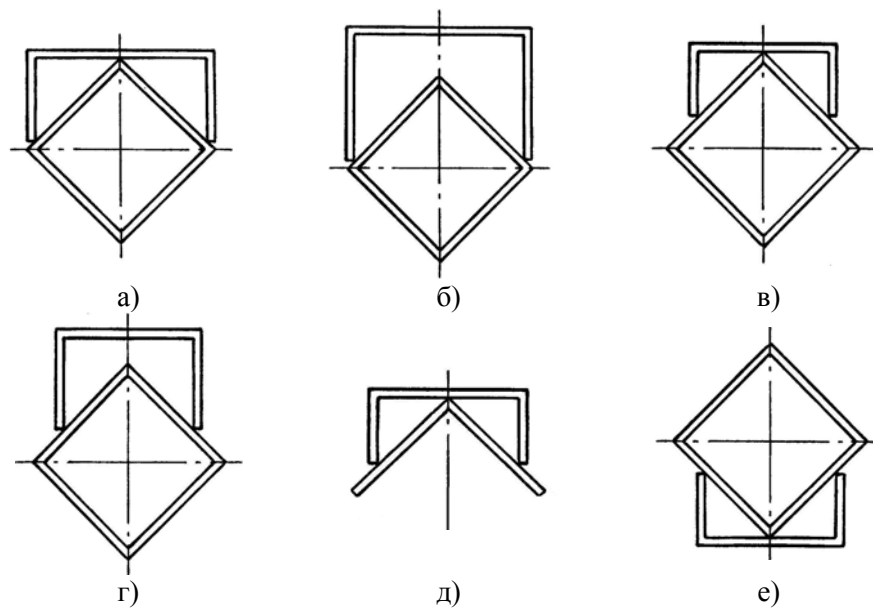


Рис. 9. Схемы компоновки стержневых элементов при опирании швеллеров на:
а – верхнее и боковые ребра трубы; б – боковые ребра трубы; в – грани трубы и ребро между ними; г – грани трубы; д – на грани уголка и ребро между ними;
е – нижние грани трубы и ребро между ними

Очевидно, что первая версия позволяет скомпоновать составное сечение, наиболее жесткое при прочих равных условиях. Однако и остальные версии компоновки обеспечивают необходимый и достаточный ресурс несущей способности стержневого элемента. В частности, третья версия компоновки применена в симметричных фермах из одиночных уголков, где уголкового профиля верхнего пояса усилен швеллером, опертым на грани этого профиля и ребро между ними [12]. В случае необходимости возможно аналогичное усиление швеллером квадратной трубы элемента решетки или нижнего пояса (все компоновочные версии), например для устройства подвесного потолка.

Для сравнения альтернативных вариантов в качестве базового объекта приняты верхние (сжатые) пояса из пятигранных труб от стальных решетчатых прогонов длиной пролета 12 м с допускаемыми нагрузками 6,2; 7,9; 11,1; 16,5; 18,2 и 31,8 кН/м [13]. Расчетные параметры поперечных сечений пятигранных труб взяты из их сортамента [10]. Второе решение представлено верхними поясами из квадратных труб по ГОСТ Р 54157-2010 и гнутых швеллеров по ГОСТ 8278-83, скомпонованными и рассчитанными применительно к тем же прогонам (с теми же решетками и нижними поясами). Из сравнения в табличной форме хорошо видно, что расход конструкционного материала на поясные элементы по второму решению уменьшился, а расчетные параметры их поперечных сечений возросли (табл. 1).

Тогда при фиксированной нагрузке можно снизить металлоемкость несущей конструкции или, не меняя массу конструкции, увеличить допускаемую нагрузку. Дополнительный положительный эффект второго решения проявляется в том, что сортаментный ряд у гнутых швеллеров и гнутосварных квадратных профилей длиннее, чем у прокатных швеллеров и равнополочных уголков, а это расширяет компоновочные и унификационные возможности рассматриваемых конструкций. Повторное использование в верхнем поясе квадратных профилей элементов решетки или нижнего пояса сопровождается повышением степени унификации. Подобным образом подходящий квадратный профиль одного из элементов решетки при соответствующем усилении швеллером в случае необходимости (например, для устройства подвесного потолка) можно применить и для нижнего пояса несущей конструкции.

Таблиця 1
Расчетные параметры поперечных сечений поясных элементов из пятигранных труб (первое решение) и квадратных труб, усиленных швеллерами (второе решение), а также их соотношения

Сечение, мм	Ординаты, мм		Площадь сечения A , см ²	Линейная масса, кг/м (%)	Моменты инерции, см ⁴ (%)		Моменты сопротивления, см ³ (%)			Радиусы инерции, см (%)	
	h_n	y_c			I_x	I_y	$W_{x,max}$	$W_{y,max}$	i_x	i_y	
□[10 └ 70×8	98	42	21,57	16,93 (100)	225,6 (100)	250,4 (100)	39,83 (100)	53,87 (100)	50,07 (100)	3,23 (100)	3,40 (100)
○90×3 [140×60×4	134	43,7	19,88	15,61 (92,2)	311,88 (138,2)	405,75 (162,0)	34,73 (87,2)	71,37 (132,5)	57,96 (115,8)	3,96 (122,6)	4,52 (132,9)
□[12 └ 90×6	120	46	23,91	18,77 (100)	370,5 (100)	434 (100)	50,97 (100)	80,6 (100)	72,33 (100)	3,94 (100)	4,26 (100)
○120×3 [160×80×2,5	173	63,8	21,53	16,90 (90,0)	578,93 (156,3)	628,05 (144,7)	53,26 (104,5)	90,74 (112,6)	73,98 (102,2)	5,19 (131,7)	5,40 (126,8)
□[14 └ 100×6,5	130	51	28,42	22,31 (100)	548,2 (100)	684,5 (100)	68,33 (100)	106,49 (100)	97,78 (100)	4,39 (100)	4,91 (100)
○120×3,5 [160×80×4	174	60	28,19	22,13 (99,2)	696,94 (127,1)	847,33 (123,8)	61,14 (89,5)	116,16 (109,1)	99,69 (102,0)	4,97 (113,2)	5,48 (111,6)
□[18 └ 125×8	160	65	40,39	31,71 (100)	1128,1 (100)	1556,8 (100)	118,22 (100)	173,64 (100)	172,97 (100)	5,28 (100)	6,21 (100)
○140×4 [200×100×5	203	68,2	40,33	31,59 (99,6)	1423,81 (126,2)	1826,03 (117,3)	105,62 (89,3)	208,77 (120,2)	182,60 (105,6)	5,95 (112,7)	6,74 (108,5)
□[22 └ 160×8	200	86	58,13	45,63 (100)	2704,3 (100)	3339,1 (100)	234,92 (100)	314,36 (100)	303,55 (100)	6,82 (100)	7,58 (100)
○180×4 [250×125×6	260	83,3	56,15	44,08 (96,6)	3228,30 (119,4)	4192,20 (125,5)	182,70 (77,8)	387,55 (123,3)	330,09 (108,7)	7,58 (111,1)	8,64 (114,0)

Конструктивно-компоновочные решения приведенных несущих систем из ГСП цельных и составных сечений проработаны при расчете и экспериментальном проектировании решетчатых прогонов под настил из профилированных листов [14], что позволило уточнить формулу их строительного коэффициента массы:

$$\psi_m = 1,03 + 0,00001ql, \quad (2)$$

где ψ_m – строительный коэффициент массы, определяющий (косвенно) расход конструкционного материала с учетом массы вспомогательных элементов (сварных швов, переходных, соединительных, опорных, крепежных и других деталей) несущей конструкции; q – интенсивность линейной (погонной) расчетной нагрузки на конструкцию, кН/м; l – длина пролета конструкции, м.

Применимость уточненной формулы проверена с использованием проектных параметров типовых конструкций из прямоугольных и квадратных ГСП, коими являются фермы беспрогонных покрытий системы «Молодечно» [15]. Рассматриваемые решетчатые прогоны и стропильные фермы рассчитаны на внеузловые приложения равномерно распределенных нагрузок и конструктивно решены с однотипными бесфасоночными узлами, включая опорные. Прогоны выполнены цельносварными, а фермы снабжены укрупнительными стыками, в том числе, удвоенными для 30-метровых пролетов. Поэтому при определении общей массы каждой из ферм они условно принимались также цельносварными.

Погрешности параметров строительного коэффициента массы в табл. 2 вычислены по формуле:

$$\Delta\psi_m = ((\psi_{m,\max} - \psi_{m,\min}) / (\psi_{m,\max} + \psi_{m,\min}))100\%, \quad (3)$$

где $\psi_{m,\min}$ и $\psi_{m,\max}$ – соответственно, меньший и больший по абсолютной величине из фактических или расчетных параметров строительного коэффициента.

Как видно, приведенная формула строительного коэффициента массы, соответствующего решетчатым системам из ГСП цельных и составных сечений, достаточно корректна и вполне применима для вариантного проектирования и оптимизации стальных конструкций. Следует отметить, что к такому же выводу можно прийти после аналогичных сопоставлений с использованием проектных параметров типовых конструкций из прямоугольных и квадратных ГСП последующих модификаций, в которых покрытия имеют прогонные решения [16, 17]. Апробированными таким

образом расчетными выкладками, очевидно, можно охватить и пространственные формы цельносварных конструкций, включая модули (блоки) перекрытий и покрытий из перекрестных ферм типа «Пятигорск» (рис. 10).

Таблица 2

Численные параметры строительного коэффициента массы

Марка фермы	Пролет l , м	Нагрузка q , кН/м	Масса, кг		Строительный коэффициент массы, ψ_m		Погрешность $\Delta\psi_m$, %
			m	m_s	фактический	расчетный	
ФС-18-2,4	18	24	942	919	1,02503	1,03452	2,42...2,48
ФС-18-2,4	18	32	1127	1102	1,02269	1,03452	1,26...1,28
ФС-18-3,9	18	39	1367	1337	1,02244	1,03702	1,41...1,43
ФС-18-4,3	18	43	1512	1484	1,01887	1,03774	1,82...2,85
ФС-24-1,5	24	15	1247	1221	1,02130	1,03360	1,19...1,21
ФС-24-1,8	24	18	1457	1426	1,02174	1,03432	1,22...1,24
ФС-24-2,2	24	22	1777	1742	1,02009	1,03528	1,47...1,49
ФС-24-2,6	24	26	1977	1942	1,01802	1,03624	1,76...1,79
ФС-24-2,9	24	29	2292	2254	1,01686	1,03696	1,94...1,98
ФС-30-1,3	30	13	1824	1792	1,01786	1,03390	1,55...1,58
ФС-30-1,5	30	15	2199	2163	1,01664	1,03450	1,73...1,76
ФС-30-1,8	30	18	2454	2384	1,02936	1,03540	0,583...0,587
ФС-30-2,0	30	20	2824	2778	1,01656	1,03600	1,88...1,91



а)



б)

Рис. 10. Фотоснимки блоков покрытий из перекрестных ферм типа «Пятигорск» объектов электросетей в Краснодарском крае: а – монтаж конструкций каркаса; б – подвеска 5-тонного крана

В таком случае линейную (погонную) нагрузку можно найти как отношение суммарной нагрузки на весь блок покрытия (перекрытия) к суммарной длине всех ферм, входящих в состав блока, включая 4 контурные:

$$q = pl^2 / \sum l = pl^2 / (4l + 2(n-1)l) = 0,5 pl / (n+1), \quad (4)$$

где p – интенсивность расчетной нагрузки, распределенной равномерно по всей площади блока, кН/м^2 ; n – количество шагов или ячеек перекрестных ферм в каждом из пересекающихся направлений.

Тогда формула (2) примет следующий вид

$$\psi_m = 1,03 + 0,000005 pl^2 / (n + 1). \quad (5)$$

В частности, $\psi_m = 1,03012 \dots 1,03060$ при $p = 2 \dots 2,5$ кН/м^2 , $l \times l = 6 \times 6 \dots 12 \times 12$ м и $n \times n = 2 \times 2 \dots 3 \times 3$, что весьма характерно для перекрестных ферм типа «Пятигорск», имеющих за счет своих технико-экономических характеристик определенный спрос в условиях нестабильной конъюнктуры. Очевидно, что на эти характеристики позитивное влияние может оказать применение новых технических решений, приведенных в рассмотренных решетчатых конструкциях из ГСП цельных и составных сечений.

Серийное изготовление легких металлических конструкций, включая перекрестные системы из ГСП, и их модернизация ограничены холодной обработкой металла, отходы которой отличаются тщательной утилизацией, потому что представляют собой весьма дорогое вторичное сырье (металлолом). Многолетний опыт Кисловодского завода металлических конструкций (ЗАО «Завод металлоконструкций») показал, что подобная технология экологически безопасна и обеспечивает высококвалифицированные рабочие места. А это весьма и весьма актуально для курортного региона Кавказских Минеральных Вод и всего Северного Кавказа.

Литература

- [1] Морозова Д. В. Проблема технико-экономического обоснования при проектировании стыков металлических конструкций / Д. В. Морозова, Е. А. Серова // Вестник МГСУ. – 2012. – № 12. – С. 219–223.
- [2] Цетлин Б. С. О путях разработки методики практического расчета узловых соединений трубчатых конструкций / Б. С. Цетлин, Б. Н. Решетников. – М. : Стройиздат, 1978. – 114 с.
- [3] Packer J. A.. Construction with hollow steel sections. Design Guide for rectangular hollow section (RHS) joints under predominantly static loading / [J. A. Packer, J. Wardenier, X.-L. Zhao, G.J. van der Vegte, Y. Kurobane]. – CIDECT, 2009. – 149 p.

- [4] Колесниченко С. В. Исследование напряженно-деформированного состояния и концентрации напряжений в узлах плоских решетчатых конструкций с учетом упругопластической работы материала / С. В. Колесниченко, А. Н. Миронов // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського. – 2010. – Випуск 6. – С. 99–110.
- [5] А. с. 964083 СССР, МКИ E04B5/14, E04C3/08. Пространственная решетчатая несущая конструкция / В. А. Аденский, М. Л. Гринберг, А. Я. Прицкер, В. Н. Шимановский, В. И. Трофимов, Б. А. Штепа. – № 3272082; заявл. 03.04.1981; опубл. 07.10.1982, Бюл. № 37. – 3 с. : ил.
- [6] Пат. 100784 Российская Федерация, МПК E04B1/58. Бесфасоночный раскосный узел трубчатых ферм / А. С. Марутян, Т. Л. Кобалия. – № 2009123715; заявл. 22.06.2009; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 36. – 1 с. : ил.
- [7] Марутян А. С. Легкие металлоконструкции из перекрестных систем, включая модули типа «Пятигорск» / А. С. Марутян // Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського. – 2013. – Випуск 11. – С. 34–45.
- [8] Пат. 2329361 Российская Федерация, МПК E04C3/08. Узловое бесфасоночное соединение трубчатых элементов фермы (варианты) / В. А. Зинькова, А. А. Соколов. – № 2006140596; заявл. 16.11.2006; опубл. 20.07.2008, Бюл. № 20. – 8 с. : ил.
- [9] Зинькова В. А. Совершенствование трубчатых ферм с бесфасоночными узловыми соединениями. – Дис. ... канд. техн. наук / В. А. Зинькова ; БГТУ им. В. Г. Шухова. – Белгород, 2014. – 139 с.
- [10] Копытов М. М. Легкие металлоконструкции из пятигранных труб / М. М. Копытов, А. В. Матвеев. – Томск : СТТ, 2007. – 124 с.
- [11] Пат. 143426 Российская Федерация, МПК E04C3/08. Ферма из квадратных труб с верхним поясом, усиленным швеллером / А. С. Марутян. – № 2014105611; заявл. 14.02.2014; опубл. 20.07.2014, Бюл. № 20. – 1 с.
- [12] Шимановский А. В. Новые технические решения симметричных ферм из одиночных уголков / А. В. Шимановский, В. А. Божко, А. В. Перельмутер // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій ім. В. М. Шимановського. – 2008. – Випуск 1. – С. 80–84.

- [13] Кузнецов А. Ф. Стальные решетчатые прогоны из труб для покрытий зданий, устойчивые против коррозии / А. Ф. Кузнецов, В. А. Кузнецов // Приволжский научный журнал. – 2012. – № 3. – С. 20–26.
- [14] Марутян А. С. Расчет и экспериментальное проектирование решетчатых прогонов из гнutosварных профилей : учебное (справочное) пособие / А. С. Марутян. – Пятигорск : СКФУ, 2014. – 116 с.
- [15] Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 18, 24 и 30 м с применением замкнутых гнutosварных профилей прямоугольного сечения типа «Молодечно» : типовой проект : серия 1.460.3-14 / разраб. ГПИ Ленпроектстальконструкция. – Госстрой СССР, 1980. – 135 с.: черт. КМ.
- [16] Стальные конструкции покрытий производственных зданий из замкнутых гнutosварных профилей прямоугольного сечения пролетом 18, 24 и 30 м с уклоном кровли 10% : типовой проект : серия 1.460.3-23.98. Выпуск I / разраб. ОАО ПИ Ленпроектстальконструкция. – Госстрой РФ, 2000. – 78 с.: черт. КМ.
- [17] Стальные конструкции покрытий для отапливаемых одноэтажных торговых зданий. Конструкции ферм из гнutosварных профилей квадратного (прямоугольного) сечения пролетами 18 и 24 м : типовой проект : серия 1.263.3-6с.14. Выпуск I / разраб. ЗАО «Проектный институт Ленпроектстальконструкция». – ЗАО «Тандер» (Краснодар), 2014. – 113 с.: черт. КМ.

Надійшла до редколегії 15.07.2015 р.