

К сожалению, жилая среда массовой городской застройки наших городов чрезвычайно бедна произведениями искусств, в отличие от исторических центров, обеспечивающих культурно-эстетическую ценность новых районов города. Мне хотелось бы, чтобы в новых микрорайонах Бреста всё чаще появлялись монументальные скульптурные композиции и малые декоративные формы, которые украсят город и объединят его современную архитектуру.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крестовский, И. Монументальная и декоративная скульптура XVIII – XIX веков / И. Крестовский, Е. Петрова – М.: Искусство, 1951.
2. Исаченко, В. Г. Монументальная и декоративная скульптура – СПб.: Паритет, 2005.
3. Вечерний Брест №27 – 6 апреля 2011 года.
4. Вечерний Брест – 16 апреля 2008 года.
5. Брестский вестник – 29 октября 2009 года.
6. Брестский вестник – 24 сентября 2009 года.

УДК 69.057.4 (088.8)

Семенюк О.С.

Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н.

### ОЦЕНКА МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ СТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ С БЕСПРОГОННЫМИ УЗЛАМИ ВЕРХНЕГО ПОЯСА

В случае использования структурных конструкций в качестве покрытий зданий и сооружений покрытие устраивается по прогонам, опираемым на узлы верхнего пояса, что существенно увеличивает материалоемкость покрытия и трудоемкость его монтажа.

Для снижения материалоемкости структурных покрытий и трудоемкости их сборки в Брестском государственном техническом университете на основе узла системы «БрГТУ» [1] разработана представленная на рис.1 конструкция узла беспрогонного покрытия по патенту № 5541[2].

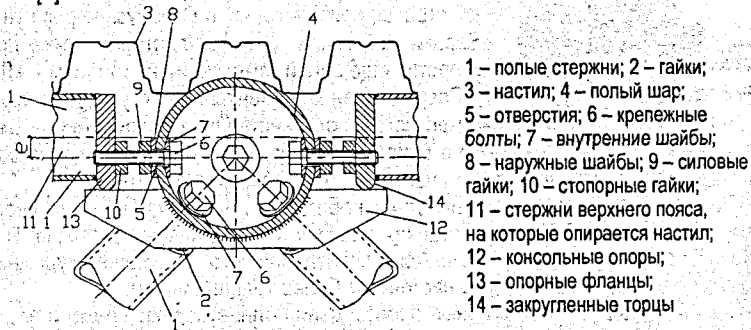


Рисунок 1 – Схема узла беспрогонного структурного покрытия со стержнями верхнего пояса, расположенными с эксцентриситетом относительно болтов по патенту РБ № 5541

В предлагаемом решении каждый из полых шаров верхнего пояса снабжен консольными опорами, жестко прикрепленными к полному шару с возможностью опирания на них расположенных перпендикулярно направлению укладки настила (например, профилированного) стержней верхнего пояса, гайки которых выполнены в виде прикрепленных к

торцам опорных фланцев с закругленными нижними торцами, взаимодействующими с консольными опорами (рис.1). Консольные опоры воспринимают поперечные силы, передаваемые от настила на стержни. Выполнение нижних торцов закругленными обеспечивает свободный поворот стержней при восприятии ими нагрузок, передаваемых от настила.

Каждый из стержней верхнего пояса, на который опирается настил, расположен относительно болтов с обеспечивающим растяжение верхних волокон стержня эксцентриситетом. Наличие эксцентриситета  $e$  позволяет уменьшить передаваемые на стержни изгибающие моменты.

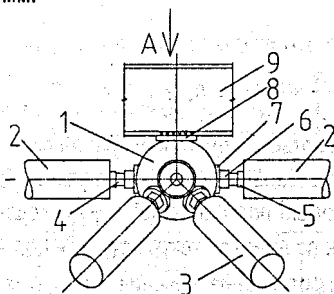
Эксцентриситет  $e$  определяется из условия исключения поворота торца стержня под действием прикладываемой нагрузки по выражению:

$$e = \frac{q \cdot L^2}{12N} \quad (1)$$

где  $q$  – погонная расчетная нагрузка;  $N$  – продольное усилие в стержне;  $L$  – расстоянием между точками опирания стержня на консольные опоры.

Эффективность разработанного беспрогонного узла рассмотрим на примере структурной плиты покрытия ледовой арены в г. Пружаны (рис. 2) с ортогональной сеткой верхнего и нижнего поясов, которая характеризуется следующими параметрами:

- размеры в плане – 63х39 м;
- размеры ячейки верхнего и нижнего поясов – 3х3 м;
- высота структурной плиты по осям поясов – 3 м;
- диаметр узловых элементов верхнего пояса – 208 мм;
- перпендикулярные скату стержни верхнего пояса – бесшовные горячекатаные трубы по ГОСТ 8732 (89х5, L=2670 мм);
- погонная нагрузка, передаваемая на прогоны – 7,11 кН/м;
- прогоны – швеллер 14 по ГОСТ 8240;
- кольцевая подкладная шайба: наружный диаметр – 80 мм; диаметр отверстия – 50 мм; толщина – 10 мм.



- 1 – узловой элемент в виде полого шара;
- 2 – полые стержни верхнего пояса;
- 3 – полые стержни раскосов; 4 – болты;
- 5 – стопорная гайка; 6 – силовая гайка;
- 7 – наружная шайба; 8 – подкладные кольцевые шайбы; 9 – прогоны

**Рисунок 2 – Общий вид узла верхнего пояса структурной плиты покрытия с узлами «БРГТУ» по патенту РБ №2489 и уложенными по подкладным шайбам прогонам**

Усилия в стержнях верхнего пояса структурной плиты ледовой арены представлены на рис. 3.

Для привязки беспрогонного узла к структурному покрытию ледовой арены в г. Пружаны по выражению (1) для стержней верхнего пояса, на которые будет опираться профнастил, определялись эксцентриситеты. В качестве окончательного эксцентрисите-

та для всех узлов принимался минимальный из эксцентриситетов  $e = \frac{5 \cdot 2,67^2}{12 \cdot 110} = 27 \text{ мм}$  (для стержня по поясу 1 на рис. 3).

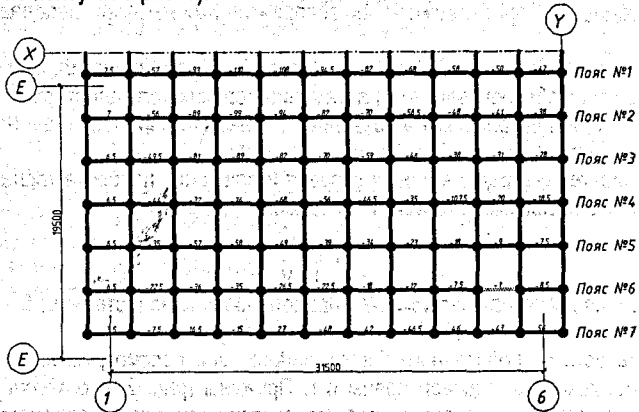


Рисунок 3 – Схема верхнего пояса структуры с усилиями в стержнях, усилия в структурной плите зеркальны относительно осей  $x$  и  $y$  (на схеме представлена четвертая часть структурной плиты)

Расчёт на прочность внецентренно-сжатых элементов из стали с пределом текучести до 580 МПа, не подвергающихся непосредственному воздействию динамических нагрузок, при  $\frac{N}{A_n \cdot R_y} > 0,1$ , следует выполнять по формуле [3]:

$$\left( \frac{N}{A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{c_x \cdot W_{sw, \min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (2)$$

а при  $\frac{N}{A_n \cdot R_y} \leq 0,1$ :

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M_x}{I_{sw}} \cdot y \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (3)$$

где  $N$ ,  $M_x$  – абсолютные значения соответственно продольной силы и изгибающих моментов в стержнях верхнего при наиболее неблагоприятном их сочетании;  $n=1,5$ ,  $c_x=1,26$  – коэффициенты, принимаемые по прил. 5 [3];  $A_n$  – площадь сечения нетто;  $R_y$  – расчётное сопротивление стали по пределу текучести;  $\gamma_c=1,05$  – коэффициент условий работы;  $W_{sw, \min}$  – момент сопротивления сечения нетто относительно оси  $x$ - $x$ ;  $I_{sw}$  – момент инерции сечения нетто относительно оси  $x$ - $x$ ;  $y$  – координата рассматриваемой точки по оси  $y$ - $y$ .

$$M_x = \frac{q \cdot l^2}{8} - N \cdot e, \quad (4)$$

$$A_n = \pi \cdot (R_2^2 - R_1^2) = 3,14 \cdot (44,5^2 - 39,5^2) \cdot 10^{-6} = 0,0013 \text{ м}^2,$$

где  $R_1 = 39,5 \text{ мм}$  – внутренний радиус стержней;  $R_2 = 44,5 \text{ мм}$  – наружный радиус стержней.

$$W_{\text{н.м.н}} = \frac{\pi \cdot d_2^3}{32} (1 - c^4) = \frac{3,14 \cdot 89^3}{32} (1 - 0,888^4) \cdot 10^{-9} = 0,000026 \text{ м}^3,$$

где  $d_2 = 89 \text{ мм}$  – наружный диаметр стержней;  $c = \frac{d_1}{d_2} = \frac{79}{89} = 0,888$  – отношение внутреннего диаметра стержней к наружному.

Проверим на прочность стержни 1 пояса (рис. 3), при этом рассмотрим наиболее и наименее нагруженные стержни.

Для стержня с  $N = -110 \text{ кН}$  ( $q = 5 \text{ кН/м}$ ):

$$M_x = \frac{5 \cdot 2,67^2}{8} - 110 \cdot 0,027 = 1,5 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad \frac{N}{A_n \cdot R_y} = \frac{110 \cdot 10^3}{0,0013 \cdot 225 \cdot 10^6} = 0,38 > 0,1$$

Дальнейший расчёт производим по формуле (2).

$$\left( \frac{110 \cdot 10^3}{0,0013 \cdot 225 \cdot 10^6 \cdot 1,05} \right)^{1,5} + \frac{1,5 \cdot 10^3}{1,26 \cdot 0,000026 \cdot 225 \cdot 10^6 \cdot 1,05} = 0,408 < 1 \text{ – условие выполняется}$$

есть, значит, стержень прошёл проверку на прочность.

Для стержня с  $N = -7,5 \text{ кН}$ :

$$M_x = \frac{5 \cdot 2,67^2}{8} - 7,5 \cdot 0,027 = 0,2 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad \frac{N}{A_n \cdot R_y} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{0,0013 \cdot 225 \cdot 10^6} = 0,026 < 0,1$$

Дальнейший расчёт производим по формуле (3).

$$\frac{7,5 \cdot 10^3}{0,0013} + \frac{0,2 \cdot 10^3}{0,000026} = 13,47 \text{ МПа} < 225 \cdot 1,05 = 236,25 \text{ МПа} \text{ – условие выполняется, значит, стержень прошёл проверку на прочность.}$$

Выполненная аналогичным образом проверка на прочность всех остальных стержней также дала положительный результат, что позволяет реализовать беспрогонное структурное покрытие без изменения сечения стержней, на которые опирается настил.

Определим расход металла на прогонное и беспрогонное покрытие ледовой арены в форме таблицы 1, при этом учитываем только те элементы, по которым оба варианта отличаются.

Таблица 1 – Сравнение материалоемкости прогонного и беспрогонного покрытия ледовой арены в г. Пружаны

Рассматриваемый элемент конструкции покрытия	Расход металла, кг	
	Прогонное покрытие	Беспрогонное покрытие
Прогонь (швеллер 14, L = 924 м, q = 12,3 кг/м)	11365	-
Подкладная кольцевая шайба (наружный диаметр – 80 мм; диаметр отверстия – 50 мм; толщина – 10 мм)	77,3	-
Консольные опоры (лист 400x80x10)	-	695,5
Опорные фланцы (130x140x25, диаметр резьбы 24 мм)	-	2150
Гайка стержня (наружный диаметр – 79 мм; диаметр резьбы 24 мм; толщина – 25 мм)	536	-
Всего	11978,3	2845,5

Таким образом, в результате применения узла беспрогонного структурного покрытия удалось снизить расход металла на 9,133 т (76%), что позволяет рекомендовать беспрогонные структурные покрытия к более массовому применению в строительстве.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Узел соединения полей стержней пространственного каркаса: пат. 2489 Респ. Беларусь, МПК 7 E 04B 1/58 / В.И. Драган, А.А. Левчук, Н.Н. Шалобита, В.Н. Пчелин; заявитель УО "Брест. гос. техн. ун-т"

(ВУ). – № и 20050458; заявл. 21.07.05; опубл. 28.02.06 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – №1. – С. 193.

2. Узел соединения верхнего пояса пространственного каркаса из полых стержней: пат. 5541 Респ. Беларусь; МПК 7 E 04B 1/58 / В.И. Драган, В.Н. Пчелин, А.В. Мухин, О.С. Семенюк; заявитель УО "БрГТУ" (ВУ). – № и 20090163; заявл. 09.03.02; опубл. 30.08.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №4. – С. 213.

3. Нормы проектирования: СНиП II-23-81\*. – Часть II, Глава 23: Стальные конструкции. – М.: ЦИТП, 1990. – 125 с.

УДК 69.057.4 (088.8)

Семенюк О.С.

Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н.

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТЕРЖНЕВЫХ БЕСПРОГОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ

С учетом развития рыночной экономики в республике правительство особый упор делает на разработку ресурсосберегающих конструкций и технологий, к которым в значительной степени относятся пространственно-стержневые конструкции покрытия.

Типичным примером пространственно-стержневых конструкций покрытия являются структурные покрытия, состоящие из объединенных узловыми элементами верхней и нижней поясных стержневых сеток, соединенных между собой раскосной решеткой, и уложенного по опирающимся на узловые элементы прогоны настила.

Геометрия структурных конструкций имеет множество альтернативных форм, однако вопрос объединения элементов в структурную конструкцию является если не главным, то, по крайней мере, определяющим при их проектировании.

В практике строительства применяются болтовые, сварные и комбинированные узловые соединения.

В последнее время в РБ при проектировании и строительстве нескольких десятков объектов нашли широкое применение структурные покрытия с комбинированными узлами «БрГТУ» [1], в которых сочетаются как сварные, так и болтовые соединения, при этом сварка выполняется в заводских условиях, а сборка – в построчных, на болтах.

Эффективность разработанного узла «БрГТУ» можно подтвердить перечнем таких построенных объектов, как «Ледовая арена в г. Пружаны, г. Кобрин, г. Лунинец, г. Малорита», «Летний амфитеатр в г. Витебске», «Здание НОК», «Дворец водных видов спорта в г. Бресте» и т.д.

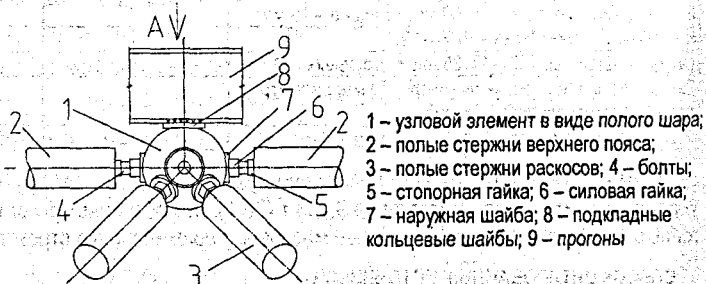


Рисунок 1 – Общий вид элементов структурной плиты покрытия с узлами «БрГТУ» по патенту РБ №2489 и уложенными по подкладным шайбам прогонами