

УДК 69.057.4 (088.8)

Мартысюк В.С., Харитонович Д.А.

Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ УЗЛОВ СТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ С ТЕЛЕСКОПИЧЕСКИМИ ВТУЛКАМИ НА ОСНОВЕ УЗЛОВ СИСТЕМЫ «БрГТУ»

Структурные конструкции относятся к классу пространственных стержневых конструкций, используемых чаще всего в качестве несущих элементов покрытий зданий общественного и производственного назначения.

Достоинствами структур являются: возможность создания большого пролета между опорами, индустриальность изготовления элементов структуры и их сборки, возможность размещения инженерных коммуникаций между поясами структур.

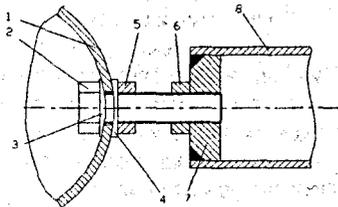
В практике строительства применяются сварные, болтовые и комбинированные узловые соединения.

Сварные узловые соединения изготавливаются непосредственно на строительной площадке, вследствие чего они характеризуются высокой трудоемкостью сборки структур, что сдерживает их широкое применение в строительстве.

Болтовые соединения, характеризуемые невысокой расчетной воспринимаемой нагрузкой и необходимостью высокой точности изготовления соединяемых элементов структуры, исключают сварку как в заводских так и в построечных условиях и позволяют собирать структуру из стержней на болтах или других сборных приспособлениях (фасоночные и замковые соединения).

В комбинированных узловых соединениях сочетаются как сварные, так и болтовые соединения, при этом сварка выполняется в заводских условиях, а сборка – в построечных на болтах. К недостаткам существующих комбинированных узловых соединений («Меро», «Веймар», «ИФИ» и др.) следует отнести повышенные требования к точности изготовления собираемых в узел элементов, что существенно усложняет их изготовление и сборку.

Для снижения требований к точности изготовления собираемых в узел элементов и упрощения сборки структур в Брестском государственном техническом университете разработаны, испытаны и успешно внедрены комбинированные узлы соединения элементов структур с узловым элементом в виде полого шара (узел системы «БрГТУ» [1], рис. 1).



1 – полый шар; 2 – болт; 3 – внутренняя шайба; 4 – наружная шайба; 5 – силовая гайка; 6 – стопорная гайка; 7 – гайка стержня; 8 – полый трубчатый стержень

Рисунок 1 – Узел соединения полого стержневой структурной плиты системы «БрГТУ» (патент РБ 2489)

Узловой элемент разработанного узла по патенту РБ 2489 [1] выполнен в виде полого шара, собранного из двух сваренных между собой полусфер, с отверстиями в стенке (рис.1) и предназначен для соединения стержневых элементов в виде тонкостенных трубчатых профилей, оголовки которых снабжены жестко установленными в их полостях специальными гайками. Со стороны полости шара через отверстия пропущены крепеж-

ные высокопрочные болты из стали 40 ХС "Селект" или 30ХЗМФ с силовой и стопорной гайками с возможностью вкручивания в гайки полых стержней структуры. Между головками болтов и внутренней поверхностью шара, а также между силовыми гайками и наружной поверхностью шара, установлены шайбы со сферическими, обращенными к шару поверхностями.

При сборке узла силовая и стопорная гайка стопорятся относительно друг друга и болта посредством поворота гаек с затягиванием навстречу друг другу. Затем, путем вращения застопоренных гаек с болтом, последний вкручивается в гайку полого стержня до упора силовой и стопорной гаек в гайку стержня, притом головка болта опирается во внутреннюю шайбу, а через нее – в стенку полого шара. На заключительном этапе силовая гайка вращается в обратном направлении до момента ее опирания в наружную шайбу, и производится стопорение болта относительно шара путем затягивания силовой гайки. Аналогично соединяются в узле остальные стержни.

Выполнение отверстий в стенке полого шара диаметром, превышающим диаметр болтов, обеспечивает возможность поворота болтов при сборке узла на расчетный угол, что упрощает сборку узла и позволяет снизить точность изготовления узлового элемента. Упрощению сборки узла способствует также возможность изменения в пределах ± 5 мм расстояния между узлами.

Проведенные испытания в полной мере подтвердили работоспособность запроектированных структурных плит на основе разработанных узлов и показали, что испытанные структуры удовлетворяют всем требованиям СНиП и СНБ.

Разработанная структурная плита системы «БрГТУ» с узлами из полых шаров использована при проектировании и строительстве структурных покрытий ряда объектов: Летний театр в г. Бресте; Ледовая арена в г. Пружаны, г. Кобрин, г. Лунинец; Летний амфитеатр в г. Витебске; Навес стадиона «Спартак» в г. Гомель и т.д.

Однако в узле «БрГТУ» передача сжимающих нагрузок от стержней на узловой элемент в виде шара только через болты обуславливает невысокую несущую способность узлового соединения. Кроме того, несущие болты открыты внешним воздействиям, вследствие чего повышается вероятность их коррозии в процессе эксплуатации, снижающей долговечность конструкции.

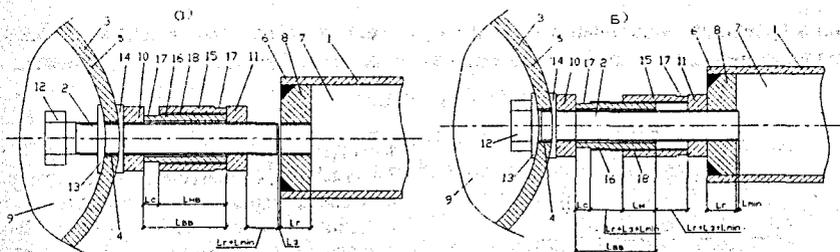
Для повышения несущей способности узлового соединения при восприятии сжимающих нагрузок и защиты несущих болтов от внешних воздействий разработаны новые узлы с телескопическими втулками, защищенные патентами РБ 5495 [2] и 5726 [3].

В предлагаемом узле по патенту РБ 5495 между силовыми и стопорными гайками коаксиально монтированы одетые с возможностью осевого перемещения и вращения на болты наружные и внутренние втулки с лысками под гаечный ключ у одного из торцов (рис.2). Наружная поверхность внутренних втулок и внутренняя поверхность наружных втулок выполнены с взаимодействующей друг с другом винтовой резьбой.

Длины внутренних $L_{вв}$ и наружных $L_{нв}$ втулок связаны с шириной L_2 гаек стержней, шириной L_1 лысок внутренних втулок, монтажным зазором L_3 между болтами и гайками стержней, минимально допустимой величиной выхода болтов из гаек стержней в проектом положении L_{min} , длиной L_n участков резьбы втулок, обеспечивающей передачу сжимающих усилий от стержней на узловой элемент, и количеством n циклов при вкручивании болтов в гайки стержней следующими соотношениями:

$$L_{вв} \geq (L_2 + L_3 + L_{min})/n + L_n + L_1; \quad (1)$$

$$L_{нв} = L_{вв} - L_1. \quad (2)$$



а) узел в момент заведения стержня между смежными узлами, разрез; б) то же, в проектном положении; 1 – полые стержни; 2 – крепежные болты; 3 – полый шар; 4 – отверстия; 5 – стенки шара; 6 – оголовки стержней; 7 – полости стержней; 8 – гайки стержней; 9 – полость шара; 10 – силовые гайки; 11 – стопорные гайки; 12 – головки болтов; 13 – внутренние шайбы; 14 – наружные шайбы; 15 – наружная втулка; 16 – внутренняя втулка; 17 – лыски под гаечный ключ; 18 – винтовая резьба втулок
 Рисунок 2 – Узел соединения полых стержней с телескопическими втулками по патенту РБ 5495

Выражение (1) определяет возможность передачи сжимающих нагрузок от стержней через втулки в их проектном положении на шар, а выражение (2) – возможность одевания гаечного ключа на внутреннюю втулку с целью приведения втулок в проектное положение, т.е. возможность нормальной сборки узла.

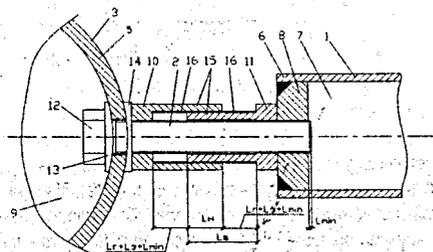
Перед установкой каждого из стержней стопорная гайка устанавливается на расстоянии $L_z + L_{min}$ от торца болта (рис.2 а), к стопорной гайке прижимаются втулки, а к торцам внутренней втулки – силовая гайка. После чего производится стопорение силовой и стопорной гаек относительно друг друга и болта посредством поворота с затягиванием указанных гаек навстречу друг другу. При установке каждого из стержней последний заводится между шарами смежных узлов с максимально втопленным в полость шара болтом до опирания силовой гайки с наружной шайбой в наружную поверхность шара, при этом между стержнем и болтом образуется монтажный зазор L_z (рис.2 а). Затем, путем вращения застопоренных гаек с болтом, последний ввинчивается в гайку стержня до упора стопорной гайки в гайку стержня, при этом головка болта с шайбой упирается в стенки шара 3. После чего силовая гайка вращается в обратную сторону до момента ее опирания в наружную шайбу, и производится стопорение болта относительно шара путем затягивания силовой гайки. На заключительном этапе внутреннюю втулку выкручивают из наружной втулки при помощи гаечных ключей, одеваемых на лыски втулок, до плотного опирания торца внутренней втулки в силовую гайку, а наружную втулку – в стопорную гайку (рис.2 б). Аналогично соединяются в узле остальные стержни.

К недостаткам узла по патенту РБ 5495 можно отнести увеличение количества собираемых в узле деталей и расстояния между торцами стержней и шаром.

Устранить указанные недостатки позволяет узел по патенту РБ 5726 (рис.3), в котором силовые и стопорные гайки снабжены жестко прикрепленными к ним и коаксиальными установленными относительно друг друга и болтов втулками равной длины, а контактирующие между собой поверхности втулок выполнены с взаимодействующей друг с другом винтовой резьбой, имеющей шаг, равный шагу резьбы болтов, причем длина L_v втулок связана с шириной L_z гаек стержней, монтажным зазором L_z между болтами и гайками стержней, минимально допустимой величиной L_{min} выхода болтов из гаек стерж-

ней в проектном положении и длиной L_n участков резьбы втулок, обеспечивающей передачу сжимающих усилий от полых стержней на узловую элемент, соотношением:

$$L_e \geq L_2 + L_3 + L_{min} + L_n \quad (3)$$



1 – полые стержни; 2 – крепежные болты; 3 – полый шар; 4 – отверстия; 5 – стенки шара; 6 – оголовки стержней; 7 – полости стержней; 8 – гайки стержней; 9 – полость шара; 10 – силовые гайки; 11 – стопорные гайки; 12 – головки болтов; 13 – внутренние шайбы; 14 – наружные шайбы; 15 – втулки; 16 – винтовая резьба втулок

Рисунок 3 – Узел соединения полых стержней по патенту РБ 5726 в проектном положении

Соотношение (3) определяет возможность передачи сжимающих нагрузок от стержней через втулки в их проектном положении на шар и нормальной сборки узла.

При установке каждого из стержней последний заводится между шарами смежных узлов с максимально втпленными в полость шаров болтами до опирания силовых гаек с наружными шайбами в наружную поверхность шаров, при этом между стержнем и болтами образуются монтажные зазоры L_3 . Затем, путем вращения застопоренных гаек с втулками и болтом, болт ввинчивается в гайку стержня до упора, стопорной гайки в гайку стержня, при этом головка болта с внутренней шайбой упирается в стенки шара. На заключительном этапе силовая гайка с ее втулкой вращается в обратную сторону до момента опирания силовой гайки в наружную шайбу, и производится стопорение болта и втулок относительно шара путем затягивания силовой гайки, т.е. приведение соединения в проектное положение. Аналогично соединяются в узле остальные стержни (рис.3).

Благодаря введению в конструкцию узла телескопических втулок (патенты РБ 5495 и 5726), использование узлов структурного покрытия позволяет повысить несущую способность узла, за счет передачи значительной части сжимающей нагрузки через втулки, и долговечность конструкций, за счет защиты несущих болтов от внешних воздействий, вследствие чего указанные узлы можно рекомендовать к внедрению в производство.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Узел соединения полых стержней пространственного каркаса: пат. 2489 РБ, МПК 7 E 04B 1/58 / В.И. Драган, А.А. Левчук, Н.Н. Шалобыта, В.Н. Пчелин; заявитель УО "БрГТУ" (ВУ). – № и 20050458; заявл. 21.07.05; опубл. 28.02.06 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – №1. – С.193.

2. Узел соединения пространственного каркаса из полых стержней: пат. 5495 РБ, МПК 7 E 04B 1/58 / В.И. Драган, В.С. Мартысюк, Д.А. Харитонович, В.Н. Пчелин; заявитель УО "БрГТУ" (ВУ). – № и 20090089; заявл. 09.02.09; опубл. 30.08.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №4. – с.212.

3. Узел соединения пространственного каркаса из полых стержней: пат. 5726 РБ, МПК 7 E 04B 1/58 / В.И. Драган, В.С. Мартысюк, Д.А. Харитонович, В.Н. Пчелин; заявитель УО "БрГТУ" (ВУ). – № и 20090162; заявл. 02.03.09; опубл. 30.12.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №6. – С.191.