

Кроме того, выступами 5,6 одновременно наносится сразу два удара, благодаря чему повышается производительность трамбовки за счет сокращения количества циклов ее работы и в центре (в наиболее удаленных от выступов 5,6 точках) мест пересечения зон уплотнения грунта создаются увеличенные примерно в 2 раза динамические контактные напряжения,

Благодаря одновременному нанесению ударов в двух точках уплотнения в 1,5..2 раза повышается производительность трамбовки и в месте пересечения создаваемых секциями между уплотнения грунта, вследствие назначения расстояния между выступами 5,6 по выражению (2), создаются увеличенные примерно в два раза динамические напряжения, обеспечивающие повышение на 30...40% степени уплотнения грунта. Возможность регулирования расстояния между секциями расширяет область применения трамбовки. В совокупности, вышесказанное определяет повышение эффективности уплотнения грунта.

На разработанную конструкцию составной трамбовки подана заявка на выдачу патента РБ на полезную модель, по ко-

УДК 624.012.45

Драган В.И., Шалобыта Н.Н.

К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЗЛОВОГО СОЕДИНЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Современные большепролетные покрытия чисто условно считаются легкими конструкциями, так как в действительности обладают достаточно большой массой. Однако они в значительной степени менее материалоемки, чем традиционные, что позволяет рассматривать их как легкие конструкции. Структурные конструкции относятся к классу пространственных стержневых конструкций, используемых чаще всего в качестве несущих элементов покрытий зданий общественного и производственного назначения. В современной практике встречаются структуры не только сварные, но и собираемые с механическим соединением стержней в узлах. Сборка таких конструкций возможна в двух вариантах: 1) поэлементно из отдельных стержней, доставляемых на строительную площадку россыпью; 2) из крупноразмерных элементов полной заводской готовности (плоские или пространственные фермы). Достоинствами таких структур являются: возможность создания большого пролета между опорами, индустриальность изготовления элементов структуры и их сборки, возможность размещения коммуникационных трасс между поясами структуры.

Геометрия структур имеет множество альтернативных форм, однако вопрос объединения элементов в структурную конструкцию является если не главным, то, по крайней мере, определяющим при их проектировании. В настоящее время разработаны различные типы соединений с широкими областями применения каждого из них. Для более детального изучения вопроса рационального использования того или иного типа узлового соединения были рассмотрены основные виды применяемых на сегодняшний день соединений и предложен новый вариант узлового соединения.

Существующие разнообразные решения узловых соединений структурных конструкций в зависимости от вида применяемых в них соединений можно подразделить на три группы [1,2]:

- сварные узловые соединения, изготавливаемые на строительной площадке – узел ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, «Октаплат» (Германия), «SDC» (Франция) и др. [1];
- болтовые узловые соединения – «Юнистрат» (США), «Триодетик» (Канада), «КИСИ» (СССР) и др. [1, 2];

Шалобыта Николай Николаевич, ст. преподаватель кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Строительство и архитектура

торой вынесено положительное решение на выдачу патента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А. С. 1289959 СССР, МКИ Е 02 D 3/046. Способ уплотнения связных грунтов трамбованием./ В.Д.Зотов, Е.А. Сорочян, Ю.П. Кальнин, И.В. Ананьев, А.И. Семенов, Ш.М. Шлафман; Ростовский инженерно-строительный ин-т.- №3899039/29-33; Заявл.01.04.85; Опубл.15.02.87; Бюл.№6 // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки.- 1987.- №6.
2. А. С. 1335643 СССР, МКИ Е 02 D 3/046. Трамбовка для уплотнения грунта./ Ю.П.Кальнин, В.Д.Зотов, А.И.Семенов; Ростовский инженерно-строительный ин-т.- №4048966/29-33; Заявл.04.04.86; Опубл.07.09.87; Бюл.№33 // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки.- 1987.- № 33.
3. Пойта П.С. Строительные свойства искусственных оснований.- Брест: издательство БГТУ. – 2004, рис.5.7, с.99.

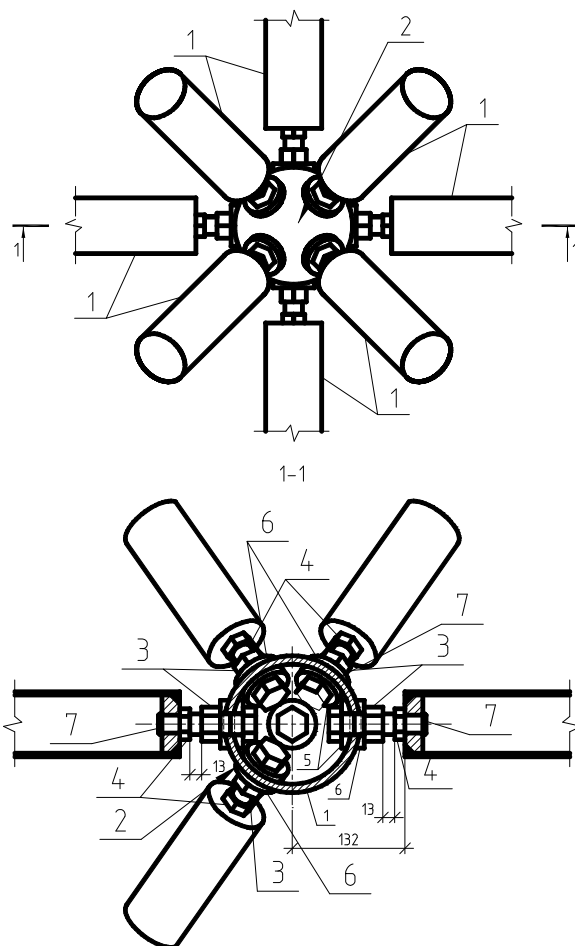
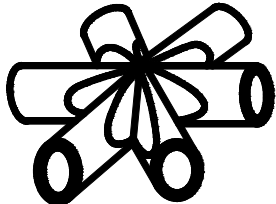
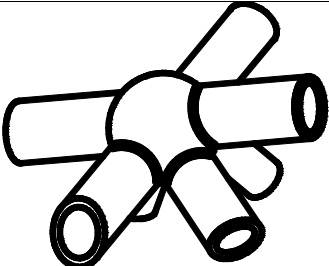
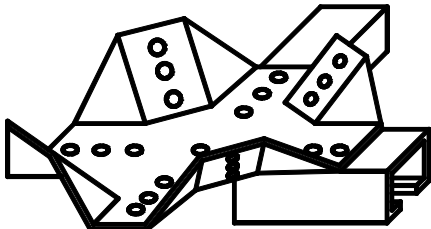
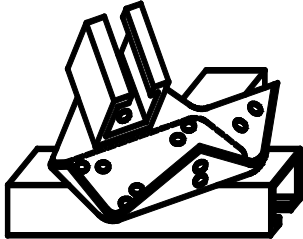
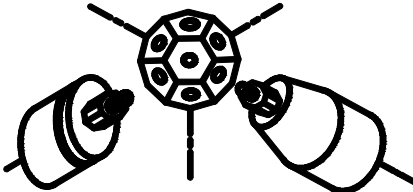
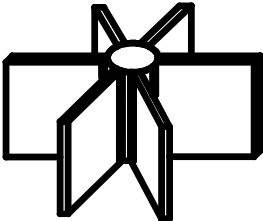
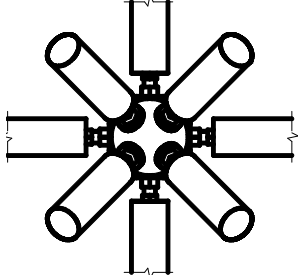


Рис. 1. Узел БрГТУ.

1 – стержневой элемент структуры, 2 – узловой элемент – полый шар, 3 – силовая гайка, 4 – стопорные гайки, 5, 6 – шайбы с вогнутой сферической поверхностью, 7 – крепежный болт.

Таблица 1. Значения строительных коэффициентов для различных типов конструктивных решений узлов структур

Тип узлового соединения	Эскиз	Формула строительного коэффициента	Трудозатраты, на сборку ячейки чел-час/м ²	Расчетная нагрузка кН/м ²
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко		1,002	1 ÷ 1,5	2,66
“Октаплатт”		1,05	2 ÷ 4	>3
“Юнистрат” «Триодетек»		1,098	0,1 ÷ 0,2	1,1
“КИСИ”		1,069	0,15 ÷ 0,3	1,1
“Мэро”, “МАрХИ”		1,71	1 ÷ 1,5	>3
На листовых фасонках		1,1	2 ÷ 4	>3
«БрГТУ»		1,16	< 0,15	>3

- комбинированные узловые соединения, в которых сварка выполняется в заводских условиях, а сборка – в постройках на болтах. К такому типу относятся системы «Меро», «Веймар», «ИФИ» (Германия), «Нодус» (Великобритания); узел, разработанный в «БрГТУ» (Беларусь), представляемый в данной статье.

Сварные узловые соединения нашли широкое применение в структурах с поясными сетками из любых ячеек. Данные соединения выполняются непосредственным соединением на ванной сварке стыкуемых, предварительно сплюснутых концов стержней структуры (узел ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко), либо приваркой элементов к предварительно изготовленным элементам («Октаплатт», «SDC»). Усилия в стержнях для данного типа узловых соединений могут достигать 35тс [2].

Болтовые соединения исключают сварку как в заводских, так и в монтажных условиях и позволяют собирать структуру из стержней на болтах или других сборных приспособлениях. К ним относятся: фасонные соединения, когда в заводских условиях выполняется их штамповка («Юнистрат», «КИСИ», «Кипсер»), замковые соединения, имеющие ось перпендикулярную плоскости элементов структуры («Триодетик»).

Характерным свойством комбинированных узловых соединений является то, что узел расчленяется на две группы деталей: первая приваривается в заводских условиях к концам соединяемых стержней, а вторая – это шайбы, болты, гайки («Меро», «Веймар», «ИФИ», «БрГТУ»).

Узловой элемент («БрГТУ») предназначен для соединения стержневых элементов структур в виде тонкостенных трубчатых профилей [3]. Он выполнен в виде полого шара с отверстиями в стенке (рис. 1). Со стороны полости шара через отверстия пропущены крепежные болты с возможностью вкручивания в специальные гайки стержней. Между головками болтов и внутренней поверхностью шара, а также между силовыми гайками и наружной поверхностью шара, установлены шайбы со сферическими, обращенными к шару поверхностями. В торцах стержней элементов решетки сварены в их полостях специальные гайки.

Шар изготавливается из двух полусфер, полученных путем горячего прессования из листового проката. Толщина листа определяется величиной максимального усилия, воспринимаемого узлом. В полусферах сверлятся отверстия необходимого диаметра под болты. Диаметр отверстия назначается на 1,0 мм больше диаметра болта, что обеспечивает свободную сборку узлов структуры. В отверстия полусфер устанавливаются на сферических шайбах болты. Полусферы свариваются стыковым швом с разделкой кромок соединений по типу С17 по ГОСТ5264-80 полуавтоматической или автоматической сваркой в среде углекислого газа. Важную роль в данном узле играют шайбы со сферической поверхностью. При закручивании силовой гайки 3 происходит центровка стержня на центр шара. Толщина и диаметр гайки существенно влияет на несущую способность узла.

Диаметр шара, толщина стенки шара, диаметр болтов и класс прочности болтов назначается исходя из величины действующих усилий в стержнях, используя принцип равнопрочности всех элементов рассматриваемого узла структуры.

Для анализа эффективности предложенного узлового соединения в качестве основного критерия оценки принят строительный коэффициент структурной плиты. Кроме того оценивалась ориентировочная трудоемкость ячейки монтажа структуры и усилия в стержнях, выдерживаемые узловым соединением.

Строительный коэффициент структурной плиты показывает конструктивную и экономическую эффективность конструкции. Чем меньше масса узла, тем эффективнее пространственная стержневая конструкция. При этом необходи-

мо учитывать и трудоемкость изготовления, и укрупнительной сборки структуры.

Вес структурной конструкции в общем случае состоит из веса стержней G_c и веса узловых элементов G_y [1]. При повторяющейся ячейке структурных конструкций вес ячейки структуры можно представить в виде [1]:

$$G_{cmp} = G_c + G_y = \psi \cdot G_c,$$

где $\psi = 1 + \frac{G_y}{G_c}$ – строительный коэффициент структурной конструкции.

Согласно [1] вес стержневых элементов зависит от строения поясных сеток и может быть представлен для структур из треугольных ячеек типа наклонных ферм трех направлений:

$$G_c^{\square} = 22,09 \cdot \frac{\alpha \cdot q \cdot n^2 \cdot a^3 \cdot \gamma}{R},$$

а для структур с поясными сетками – из квадратных ячеек типа наклонных ферм двух направлений в виде:

$$G_c^{\Delta} = 18,23 \cdot \frac{\alpha \cdot q \cdot n^2 \cdot a^3 \cdot \gamma}{R},$$

где α – коэффициент при выражении максимального момента,

q – нагрузка на покрытие (кН/см²),

a – шаг узлов поясных сеток (см),

n – количество панелей в характерном пролете покрытия,

R – расчетное сопротивление материала стержней (кН/см²),

γ – плотность материала стержней (кН/см³).

Приняв в качестве основных проектировочных параметров нагрузку на покрытие $q = 3 \cdot 10^4$ кН/см², $n = 8$, $a = 300$ см, используя зависимости, приведенные в табл.4 [1], а также зная вес узловых элементов и стержней для решения структурной конструкции «БрГТУ», определим строительные коэффициенты для некоторых наиболее распространенных типов конструктивного решения узловых соединений структур. Трудоемкость монтажа ячейки структуры и расчетную нагрузку на структурную плиту принимаем согласно [2]. В таблице 1 приведена сравнительная характеристика наиболее распространенных типов узловых соединений и данные для узла «БрГТУ».

Проведенный сравнительный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. При одинаковых проектных решениях структурных конструкций имеет немаловажное значение выбор конструктивного решения узлового соединения, оказывая существенное влияние на вес, стоимость и трудоемкость работ. Исходя из анализа строительных коэффициентов, структурные конструкции, выполненные на узлах «БрГТУ», имеют высокий показатель экономической эффективности.
2. Разработанный узел «БрГТУ» так же, как и узлы «Мэро», «Октаплатт», ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, оказался пригодным для любых нагрузок по прочности узлов, при этом существенно выигрывая в мобильности сборки конструкций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хисамов Р.И. Исследование, расчет и испытание металлических конструкций. – Казань, 1978.
2. Трофимов В.И., Бегун Г.Б. – М.: Стройиздат, 1972.
3. А.с. № Узловое соединение Драган В.И., Мухин А.В., Пчелин Н.