

УДК 624.072

И.Л. Кузнецов – доктор технических наук, профессор

А.Э. Фахрутдинов – аспирант

E-mail: kuz377@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

АРОЧНЫЕ ЗДАНИЯ ИЗ УНИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается новое конструктивное решение арочного здания, включающего арки, собираемые из унифицированных элементов, прогоны и ограждение. Приводятся конструктивное решение узла соединения унифицированных элементов, принцип монтажа арочного здания изменяемого пролета и очертания, мероприятия по снижению материалоемкости конструкций здания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: арочное здание, унифицированные элементы, конструктивное решение, принцип монтажа, снижение материалоемкости.

I.L. Kuznetsov – doctor of technical sciences, professor

A.E. Fakhrutdinov – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

ARCH BUILDINGS MADE FROM UNIFIED ELEMENTS

ABSTRACT

The paper deals with a new structural solution of an arch building that consists of arches assembled from unified elements, purlins and filler structure. The structural solution of connection of the unified elements, installation principle of arch building with changeable span and outline, arrangements for weight decreasing of building structures are given.

KEYWORDS: arch building, unified elements, structural solution, installation principle, weight decreasing.

Обычный подход к проектированию и строительству легких зданий состоит в назначении фиксированного пролета, габаритной высоты и рациональной конструктивной схемы. Такой подход, естественно, приводит к большому числу вариантов зданий, что затрудняет их реализацию по технико-экономическим критериям. Вместе с тем, известен и другой подход к практической реализации указанного многообразия конструктивных вариантов зданий, использующий при этом минимальное число конструктивных элементов [1]. В частности, в данном подходе рассматривается арочное здание, включающее арки, собираемые из унифицированных элементов, прогоны и ограждение. Отличительной особенностью унифицированных элементов является то, что благодаря специальной конструкции узлов их жесткое соединение между собой может осуществляться под произвольным углом. Следовательно, изменяя число унифицированных элементов и соединяя их под различными углами, представляется возможность возводить арки произвольного пролета и очертания.

В настоящей статье рассматривается дальнейшее развитие указанного подхода – новое конструктивное решение легкого арочного здания из унифицированных элементов. В предлагаемом решении арки выполняются из унифицированных элементов из тонкостенных прямолинейных стержней с промежуточными узловыми фасонками, соединенными с концами тонкостенных стержней (рис. 1). В узлах соединения элементов по аркам устанавливаются прогоны, по которым путем принудительного изгиба укладывается плоский профилированный стальной настил. Основная идея предлагаемой конструкции состоит в следующем. Назначается требуемый пролет арки и пределы изменения стрелы ее подъема, исходя из которых определяется количество унифицированных элементов. Унифицированные элементы в горизонтальном положении соединяются между собой при помощи узловых фасонки путем установки центральных болтов с образованием шарнирной цепи. Далее путем поворота элементов вокруг центрального болта арке

придается требуемое очертание, в том числе может быть реализовано и оптимальное [2]. С достаточной точностью оптимальное очертание арки может быть реализовано, если ординаты узлов арки (y_i) определены по формуле [2]:

$$y_i = \frac{M_{\text{лев},i}^0 + M_{\text{прав},i}^0}{2 \cdot H}, \quad (1)$$

где $M_{\text{лев},i}^0$, $M_{\text{прав},i}^0$ – балочный момент в левой и правой части пролета арки в одном и том же сечении от постоянной и несимметричной снеговой нагрузок; H – распор арки.

После придания арке окончательного очертания концы однотипных элементов жестко прикрепляют к узловым элементам путем установки самосверлящихся болтов, размещаемых вокруг центральных болтов. Собранная арка устанавливается в вертикальное положение и соединяется с соседними прогонами и связями. По прогонам путем принудительного изгиба укладывается профилированный стальной настил. Шаг установки арок при этом определяется несущей способностью унифицированного элемента при заданном пролете и очертании арки.

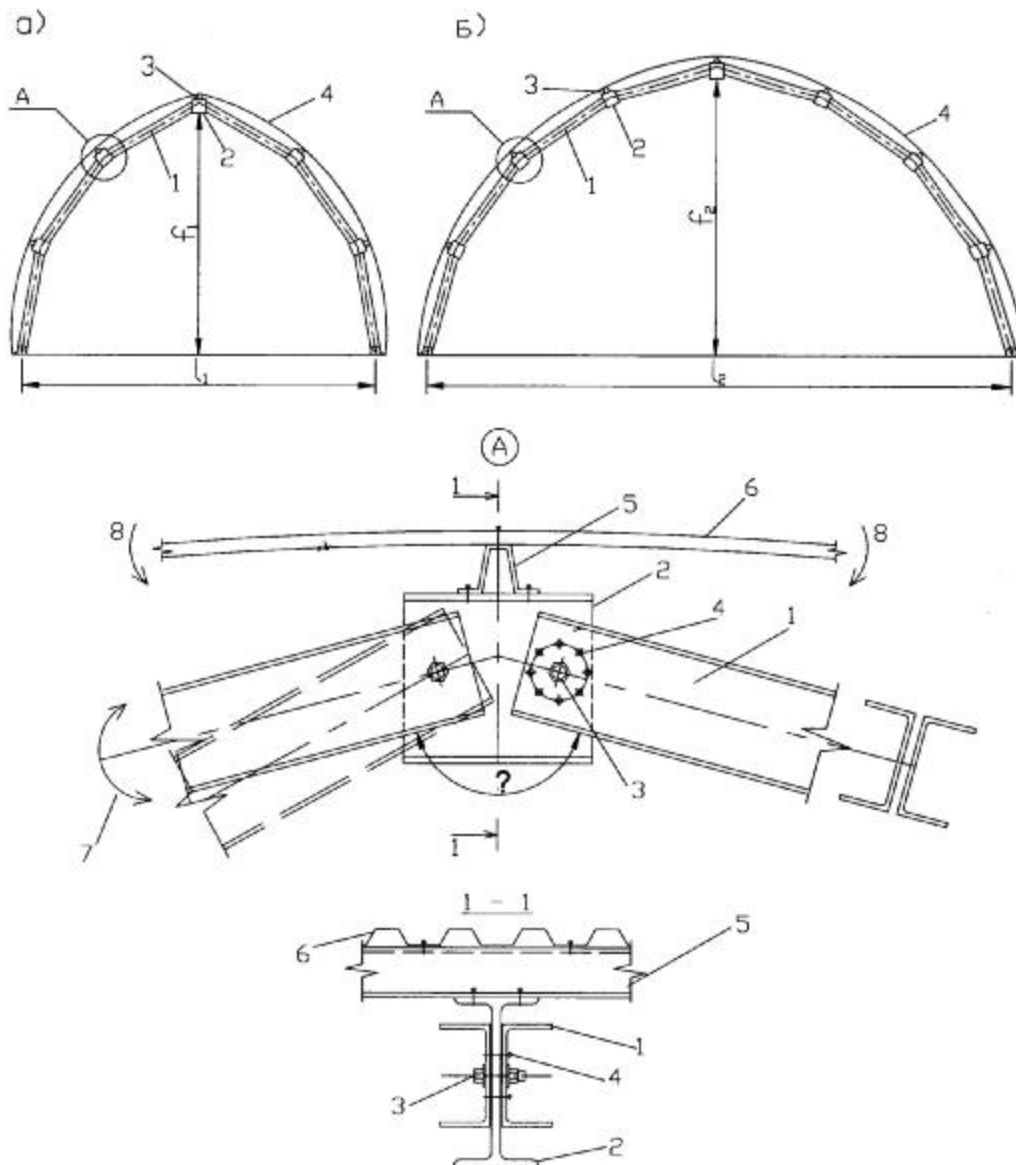


Рис. 1. Общее конструктивное решение и узлы арочных зданий из унифицированных элементов:
 а) арка из шести элементов пролетом L_1 и стрелой подъема f_1 ; б) арка из восьми элементов пролетом L_2 и стрелой подъема f_2 ; 1 – унифицированный элемент из парных швеллеров; 2 – узловая фасонка;
 3 – центральный болт; 4 – самосверлящийся болт; 5 – прогон; 6 – профилированный настил;
 7 – направление поворота элемента при установке рационального очертания оси арки;
 8 – направление принудительного изгиба ограждения из профилированного настила

Технико-экономические показатели двух вариантов арочных зданий из одного типа унифицированных элементов

Таблица

| № п/п | Пролет арки, м | Число унифицированных элементов арки | Сечение унифицированного элемента (швеллер) по ГОСТ 8278-83* | Марка профилированного настила по ГОСТ 24045-94 | Очертание оси арки | | Шаг арок, м | | Сечение проносов (швеллер) по ГОСТ 8278-83* | | | | Расход стали на каркас, кг на м ² /м ³ | | | |
|-------|----------------|--------------------------------------|--|---|--------------------|-----------------------------|--|---------------------------------------|---|--|---------------------------------------|--|--|--|---------------------------------------|--|
| | | | | | | | Без учета включения в работу профлиста | С учетом включения в работу профлиста | Без учета включения в работу профлиста | | С учетом включения в работу профлиста | | Без учета включения в работу профлиста | | С учетом включения в работу профлиста | |
| 1 | 9 | 6 | II160x40x3 | НС 35-1000-0,6 | Круговое | Оптимальное (одна итерация) | 3 | 3,8 | По разрезной схеме | По неразрезной схеме с нахлестом на опорах | По разрезной схеме | По неразрезной схеме с нахлестом на опорах | По разрезной схеме | По неразрезной схеме с нахлестом на опорах | По разрезной схеме | По неразрезной схеме с нахлестом на опорах |
| | | | | | | | 3,7 | 4,5 | [160x40x3] | [70x40x3] | [200x50x3] | [100x40x3] | 10,3 2,92 | 9,87 2,79 | 9,56 2,71 | 8,88 2,51 |
| 2 | 12 | 8 | II160x40x3 | НС 35-1000-0,6 | Круговое | Оптимальное (одна итерация) | 2,1 | 2,4 | [100x40x3] | [40x40x3] | [100x50x3] | [50x40x3] | 11,8 2,51 | 11,61 2,46 | 10,9 2,32 | 10,3 2,18 |
| | | | | | | | 1,85 | 2,2 | [80x40x3] | [45x25x3] | [100x40x3] | [60x30x3] | 12,55 2,66 | 12,41 2,63 | 11,4 2,42 | 10,88 2,31 |

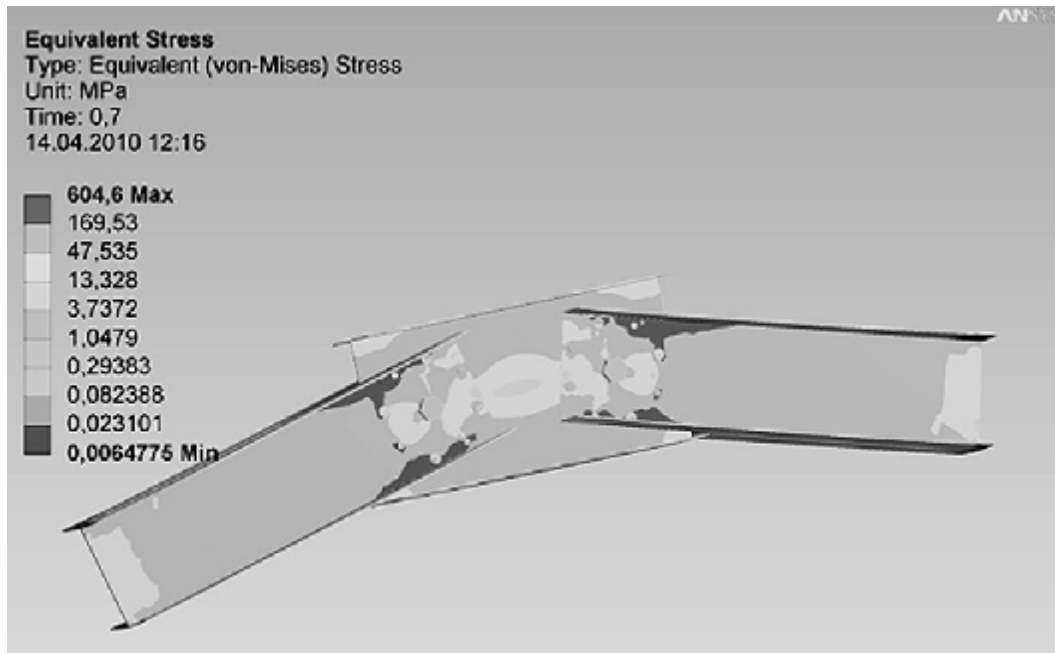


Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние узлового соединения

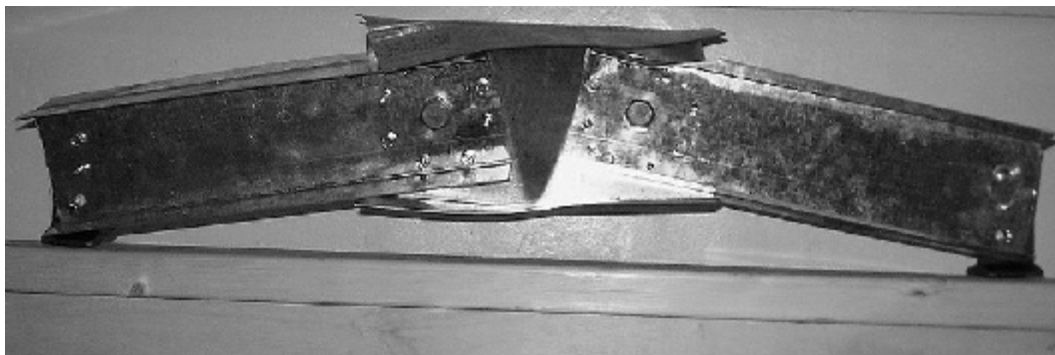


Рис. 3. Характер разрушения узлового соединения

Таким образом, реализация предлагаемого конструктивного решения арочного здания и способа его возведения позволяет:

- обеспечить возведение арок произвольного пролета и очертания, изменяя при этом число элементов арки и шаг их установки;
- снизить трудоемкость изготовления арок за счет применения унифицированных элементов.

Рассмотрим пример практической реализации предложенной конструкции арочного здания и исследуем при этом возможности снижения расхода стали. Необходимо из одного типа унифицированных элементов длиной 2 м реализовать, например, два типа здания пролетом 9 и 12 м (табл.). Арки двухшарнирные со стрелой подъема 4,5 м и 6м соответственно. Назначение длины унифицированного элемента в общем случае является самостоятельной технико-экономической задачей исследования и в данной статье не рассматривается.

Конструкции здания эксплуатируются в IV снеговом и III ветровом районах, собственная масса конструкций принималась равной 20 кг/м³. Характер приложения нагрузок принимается согласно нормам [3]. Усилия в конструктивных элементах арочного здания определялись расчетом в ПК «ЛИРА 9.4». Рассматривались различные варианты расчетных схем. В частности, двухшарнирные арки кругового и оптимального очертания, которое задавалось согласно (1) уравнениями:

$$y = 0.0404x^2 - 0.5983x + 2.8752x \quad \text{– для пролета 9 м;}$$

$$y = 0.0227x^2 - 0.4488x + 2.8753x \quad \text{– для пролета 12 м.}$$

Исследовались варианты с разрезными и неразрезными прогонами, а также с учетом включения ограждения из профилированного настила в совместную работу арок. Окончательные результаты расчетов и проектирования приведены в таблице.

Анализируя данные таблицы, можно сделать следующие выводы:

1) реализация предлагаемого здания позволяет, используя один тип унифицированных элементов и меняя их количество и шаг установки арок, реализовать здания различного пролета и очертания;

2) кроме указанных по п. 1 возможностей, достигается уменьшение расхода стали на каркас здания путем придания аркам оптимального очертания (на 11 %), включения ограждения в совместную работу с арками (на 10 %) и использования неразрезной схемы прогона (на 7 %).

Конструкция узла соединения унифицированных элементов арки (рис. 1, узел А) в рассматриваемых примерах включает центральный болт диаметром 16 мм и самосверлящиеся болты диаметром 6.3 мм. Проведенные расчеты узлов в ПК «ANSYS 11.0» (рис. 2) и испытания их фрагментов (рис. 3) показали достаточную прочность данного узла и выявили резервы несущей способности, что при дальнейшем исследовании этого вопроса приведет к существенному уменьшению стоимости узла.

Проведенные исследования предлагаемой конструкции арочных зданий и способов их реализации показали техническую возможность и экономическую целесообразность возведения арочных зданий различного пролета и очертания из одного типа унифицированных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов И.Л., Пеньковцев С.А. Несущие стальные конструкции инвентарных зданий из унифицированных элементов // Строительство и архитектура. Сер. 8. Строительные конструкции. Экспресс-информация. – М.: ВНИИТПИ, 1989. – С. 2-5.
2. Кузнецов И.Л. Расчет и конструирование легких арок. – Казань: КазГАСА, 1998. – 144 с.
3. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. – М., 1988. – 36 с.