

Зинькова В. А., ст. преп.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФЕРМЫ

vikzinkova@mail.ru

Предложена методика проведения экспериментального исследования узловых соединений трубчатых элементов ферм, позволяющая выявить особенности работы нового узлового соединения, провести сопоставительный анализ предложенного конструктивного решения с типовым, а также с результатами численного исследования.

Ключевые слова: узловое соединение, узлы ферм, гнутосварной профиль, профили стальные гнутые замкнутые, трубчатая ферма, эксперимент, напряженно-деформированное состояние, экспериментальные исследования.

С целью исследования напряженно-деформированного состояния и совершенствования бесфасоночных узловых соединений трубчатых элементов ферм, выявления специфических особенностей нового конструктивного решения по сравнению с типовым, а также проведения сопоставительного анализа полученных данных с результатами численных исследований, выполненных с помощью программного комплекса «Лира» испытываются натурные модели узловых соединений типовых и новых ферм.

Рассмотренные конструктивные решения представлены в следующих вариантах (рис.1): типовой и авторский, защищенный патентом РФ. Как показали результаты численных исследований [1], в типовом решении действие нагрузок вызвало деформирование стенки пояса в месте крепления раскосов в направлении действующих усилий раскосов. Помимо этого происходит сплющивание боковых стенок пояса под растянутым раскосом и выпучивание – под сжатым рас-

косом. В новом решении наблюдается небольшое деформирование стенок пояса в зоне крепления к ним раскосов, что обусловлено спецификой самого конструктивного решения узлового соединения, а, следовательно, и его работой в составе фермы [2].

Для проведения экспериментальных исследований на заводе в полном соответствии с технологическими особенностями производства [3,4] из стали марки СтЗпсб-1 было изготовлено по два образца каждого из вариантов. Расчетное сопротивление сталей определялось на основании сертификата на металл по ГОСТ [5]: $R_{yn}=240$ МПа, $R_{un}=360$ МПа. Труба профильная принята согласно ТУ 14-001-00244676-03: для пояса - $800 \times 800 \times 3$ мм ($A_f = 9,01$ см²), раскоса - $500 \times 500 \times 2,5$ мм ($A_f = 4,71$ см²). Сварные швы выполнены полуавтоматической сваркой в среде углекислого газа по ГОСТ [6] без видимых дефектов.

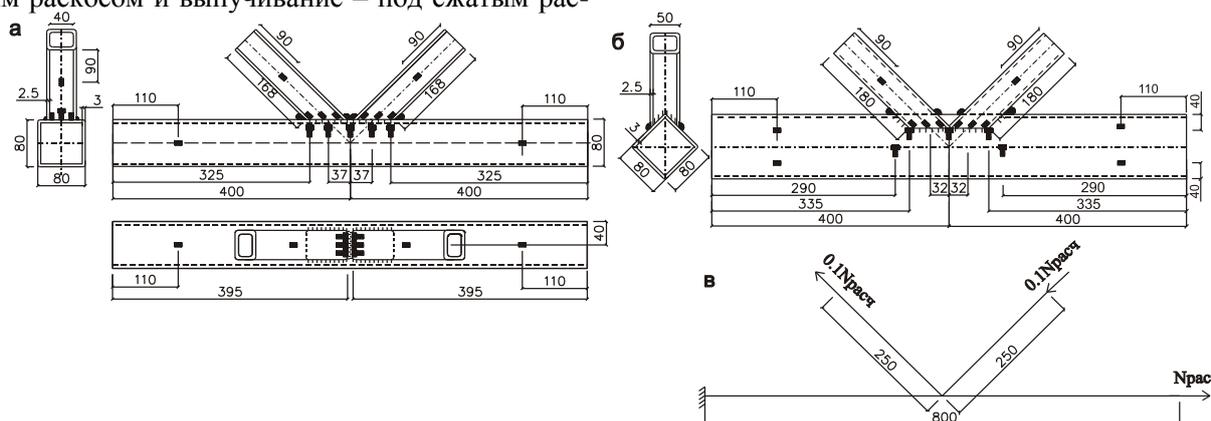


Рис. 1. Конструктивные решения узловых соединений: а – типовое, б – авторское, в – расчетная схема

Для возможности моделирования граничных условий и равномерной передачи нагрузки, а также придания жесткости сечению торцов стержней решетки, к образцам привариваются фланцы, представляющие собой листовые элементы с отверстиями под болты, подкрепленные ребрами жесткостями.

Испытания образцов проводятся на спроектированном и изготовленном специализированном стенде (рис.2), который позволяет воспроизводить в образце распределение усилий схожее с

работой узла в натурной ферме. Стенд представляет собой пространственную стальную конструкцию, состоящую из двух плоских параллельно расположенных силовых рам (1), скрепленными между собой продольными связями (2), обеспечивающими общую жесткость и устойчивость пространственной конструкции. Через силовые рамы осуществляется болтовое крепление узла внутри стенда.

Нагружение свободного торца пояса и растянутого раскоса осуществляется через систему

тяжей (3), передающих растягивающие усилия, а сжатого - непосредственно через фланец раскоса по средствам болтового соединения, гидравлическими домкратами (4) с грузоподъемностью 160 кН и 100 кН, которые приводятся в действие через ручные насосные станции. В процессе эксперимента величины нагрузок регистрируются приборами, класса точности 1.5 и 2.5. Величина усилий в раскосе составляет 10% от усилия в поясе (рис. 1в). Нагрузка прикладывается ступенями, равными 20% от расчетной нагрузки, с выдержкой на каждой ступени для снятия показаний. Испытания проводятся в упругой стадии работы материала.

Нагружение проводится с предварительным центрированием нагрузки на сжатые стержни. Равномерное усилие в фланцевых соединениях обеспечивается контролем момента затяжки болтов.

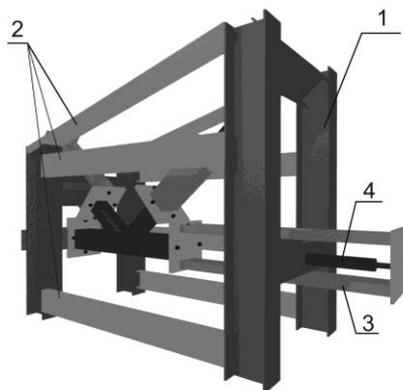


Рис. 2. Общий вид испытательного стенда

Для вычисления деформаций применяется тензометрический метод с применением одиночных проволочных прямоугольных тензорезисторы типа КФ5П1-5-100-Б12 с базой 5 мм по ГОСТ [7]. Тензодатчики сопротивления (рис. 2) наклеиваются в зонах конструктивной концентрации напряжений, предварительно выявленных с помощью программного комплекса «Лира» [1], а также по периметру сечения торцов стержней для контроля точности центрирования и значения нагрузки. Наличие тензодатчиков на симметричных стенках стержней узла позволяет добиться достоверности результатов. Для достоверности работы прибора в период испытаний устанавливаются дополнительные контрольные датчики. Для компенсации температурной погрешности с измерительным плечом моста включают компенсационный датчик. Выборочное тарирование тензорезисторов проводится на стальной балке равного сопротивления.

Подключение тензорезисторов выполняется по полумостовой схеме. Регистрация деформаций осуществляется универсальным многоканальным измеритель-регистратором «Терем-4.1», который позволяет накапливать базу данных. Для балансировки моста, увеличения разрешающей способности АЦП при изменении сигнала выполня-

ется калибровка прибора с использованием магазина сопротивлений.

Максимальные искривления боковых стенок пояса из плоскости узла фермы фиксируются многооборотными индикаторами часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,001 мм.

Обработка экспериментальных данных осуществляется с использованием программного комплекса «Microsoft Excel», реализованного в среде Windows.

Результаты проведенных испытаний устанавливают деформации и напряжения, возникающие в зонах концентрации напряжений, дает возможность получить эпюры распределения деформаций в рассматриваемых сечениях образцов, а также эпюры изменения величины деформаций от различной нагрузки.

Анализ экспериментальных данных, сопоставление их с результатами численных исследований позволяют откорректировать расчетную модель узлового соединения в вычислительном комплексе «Лира», сделать необходимые выводы, а также выполнить корректировку методов расчета узловых соединений трубчатых элементов ферм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.А.Соколов. Численные исследования напряженно-деформированного состояния узловых бесфасоночных соединений трубчатых элементов ферм / А.А.Соколов, В.А. Зинькова, К.И.Логачев // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2007. – №8. – С.45-46.
2. Пат. 2329361 Российская Федерация, МПК⁷ Е 04 С 3/08. Узловое бесфасоночное соединение трубчатых элементов фермы (варианты) [Текст] / Зинькова В.В., Соколов А.А.; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 2006140596/03, заявл. 16.11.06; опубл. 20.07.08, Бюл. № 20 – 3с.: ил.
3. Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций [Текст] : СП 53-101-98: утв. Госстроем России : ввод. в действие с 01.01.99. – М., 1998 - 59 с.
4. Общие правила проектирования стальных конструкций [Текст]: СП 53-102-2004 : утв. ЦНИИСК им. Кучеренко: ввод. в действие с 01.01.2005. – М., 2005 - 184 с.
5. ГОСТ 380-94. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки. Межгосударственный стандарт [Текст]: - Введ. с 1998-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1998 - 184 с.
6. ГОСТ 8050-85. Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия. [Текст]: - Введ. с 1987-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1998 – 25 с.
7. ГОСТ 21616-91. Тензорезисторы. Общие технические условия. [Текст]: - Введ. с 1992-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1992 – 49 с.