



УДК 624.014: 624.074.4

Л.Р. Гимранов – аспирант

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ УЗЛА ОПИРАНИЯ ПРОФИЛИРОВАННОГО НАСТИЛА НА ВЕРХНИЙ ПОЯС ФЕРМ ИЗ ГСП

### АННОТАЦИЯ

В статье исследуется жесткость узла опирания профилированного настила на верхний пояс ферм, выполненных из гнутосварных профилей. Рассматривается напряженно деформированное состояние данного узла, рассчитанного в геометрически нелинейной постановке с учетом образования зон контакта и зазоров. Численными способами определяется значение жесткости опирания, а также ее зависимости от различных геометрических параметров элементов, таких как ширина верхнего пояса, толщина элемента верхнего пояса, высота самой фермы.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Жесткость, узел, ферма, опирание, настил.

L.R. Gimranov – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

## INVESTIGATION OF CONNECTION STIFFNESS BETWEEN STEEL DECK AND TRUSS TOP GIRTH

### ABSTRACT

The stiffness of resting connection of steel deck on truss top girth is researched. The stressed strain condition of this type of connection is solved in nonlinear geometric setting with consideration for gaps and contact areas formation. The value of resting stiffness is determined by numerical approaches. The dependence between resting connection stiffness and different parameters, such as top girth width and thickness, and truss height are determined also by numerical approaches.

**KEYWORDS:** Stiffness, connection, truss, resting, deck.

В настоящее время широкое распространение получили здания из легких металлических конструкций, в покрытиях которых применяется профилированный настил Н153-840 [1], опертый на фермы из гнутосварных профилей (ГСП). Характерной особенностью покрытий данных зданий является то, что стропильные и подстропильные фермы опертые шарнирно в зоне верхнего пояса, т.е данные фермы являются «висячими». Пространственная жесткость покрытия обеспечивается в горизонтальной плоскости диском из профилированного настила, а в вертикальной плоскости – системой распорок и вертикальных связей, по существующей аналогии с серией «Молодечно». Однако в строительной практике существуют примеры, когда система вертикальных связей и распорок в зданиях с конструкцией покрытия, описанной выше, отсутствует. Данное исследование и посвящено рассмотрению проблемы пространственной жесткости покрытий зданий с отсутствием распорок и вертикальных связей.

Определяющим фактором, влияющим на пространственную жесткость покрытия без системы

вертикальных связей и распорок, является опирание профилированного настила на верхний пояс фермы из ГСП. Исследование работы данного узла производилось на программных расчетных комплексах, использующих метод конечных элементов и позволяющих решать контактные задачи. Моделируемый узел состоял из участка профилированного настила Н153-840-1,5 длиной 1 м и участка верхнего пояса 180x180x6 со стойкой аналогичного сечения. Участок профилированного настила 1 моделировался с отверстиями, равными диаметру самонарезающего винта. Верхний пояс фермы включал в себя профиль верхнего пояса 2, в который были вкручены самонарезающие винты 3 в каждой гофре профилированного листа, а также элемент стойки фермы 4, к которому прикладывалось определенное усилие. Расчетная схема данного узла приведена на рис. 1. Граничные условия данной расчетной схемы включают в себя крепление опорных полок по торцам профилированного настила, а пояс связан с профилированным листом посредством контактной зоны.

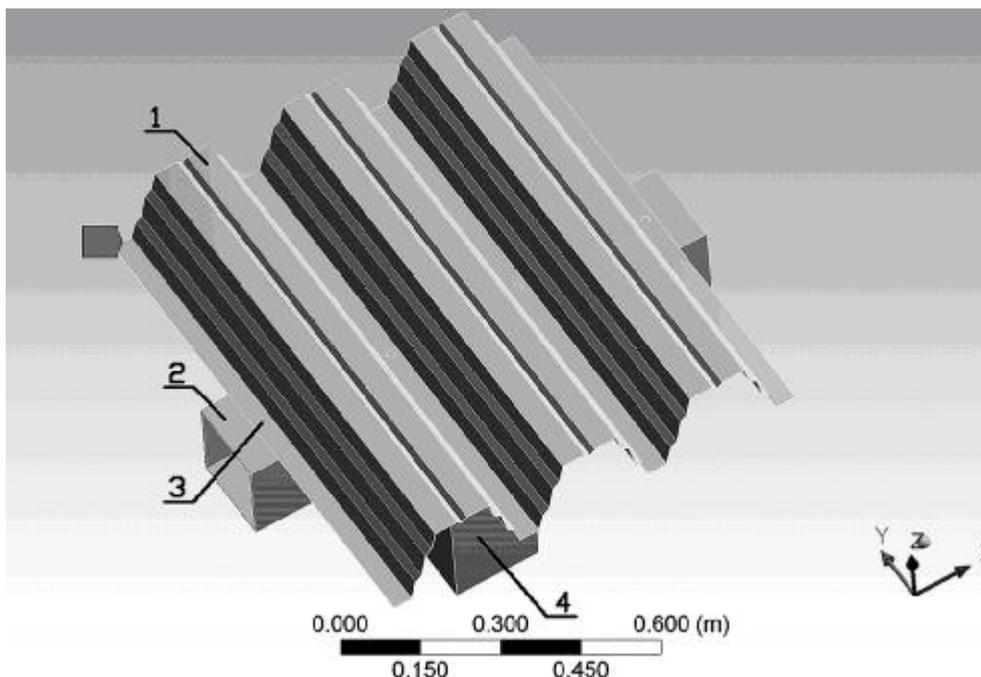


Рис. 1. Расчетная схема узла опирания профилированного настила на верхний пояс фермы из ГСП

Контактная зона включает в себя:

- контакт между нижней кромкой полки профилированного листа и полкой пояса;
- контакт между верхней кромкой полки профилированного листа и шляпкой самонарезающего винта.

Расчет данного узла производился в геометрически нелинейной постановке, которая учитывала образование зазоров и передачу усилий посредством контактной поверхности. По результатам нелинейного расчета, были получены следующие результаты, приведенные на рис. 2-7. На рис. 2 приведена деформированная схема узла, из которой видно образование зазора и контактной зоны. На рис. 3 показано распределение эквивалентных напряжений в профилированном листе, с зонами концентрации их вокруг отверстий. На рис. 4 приводится характер распределения контактного давления на поверхность профилированного листа, образующегося в результате образования зазоров и зон контакта. Рис. 5 характерно показывает распределение эквивалентных напряжений в самонарезающем винте.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что данный узел обладает определенной жесткостью, которую можно выразить через отношение усилия на элемент стойки фермы к его перемещению, т.е.

$$C = F / \delta,$$

где  $C$  – жесткость узла опирания профилированного настила на верхний пояс

фермы, характеризующаяся усилием, которое нужно приложить на стойку, чтобы она сместилась на единицу длины,  $F$  – усилие, прикладываемое к нижней кромке стойки,  $\delta$  – перемещение нижнего конца стойки от действующего усилия.

Величина жесткости заделки верхнего пояса изменяется в зависимости от длины стойки (величины плеча), толщины полки верхнего пояса, а также ширины верхнего пояса. Зависимости жесткости заделки верхнего пояса фермы в профилированном листе шириной 0,84 м и длиной 1 м от параметров, описанных выше, были проанализированы путем составления и решения расчетных схем с различными исходными данными. В ходе анализа полученных результатов выяснилось, что зависимость жесткости заделки от ширины профилированного листа линейна, т.е. пропорциональна увеличению количества гофр, а также не зависит от длины листа. Отсутствие зависимости жесткости заделки от длины листа может объясняться преобладанием локальных деформаций в зоне контакта, а линейность зависимости жесткости заделки от количества гофр, пропорциональным увеличением количества самонарезающих винтов.

Графики взаимосвязи жесткости заделки от геометрических параметров узла приведены на рис. 6-8.

Зависимость жесткости заделки верхнего пояса от длины стойки (величины плеча) с аппроксимацией приведена на рис. 6.

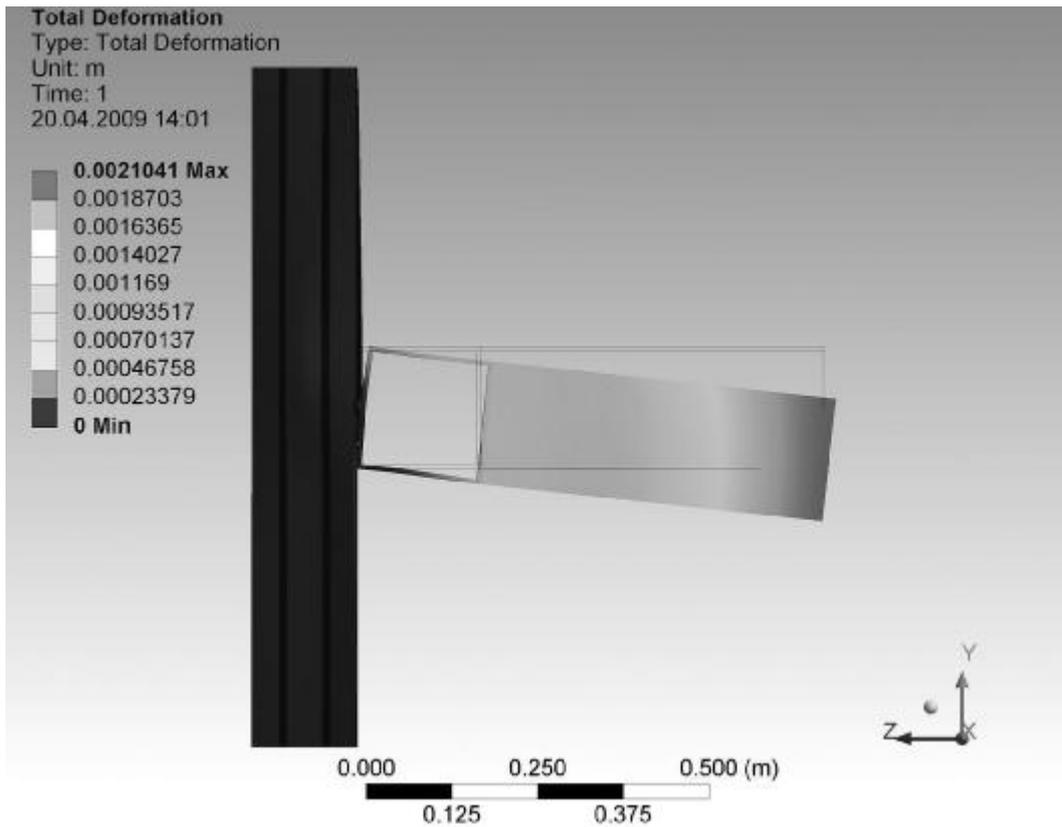


Рис. 2. Деформированная схема узла

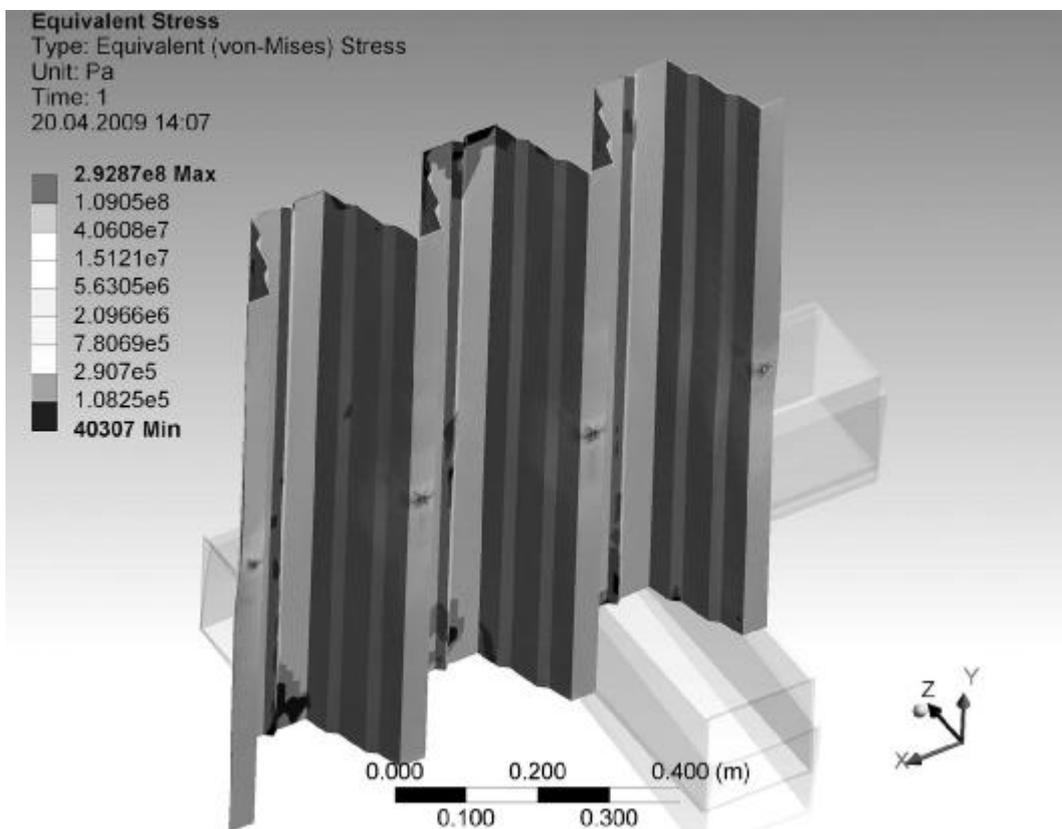


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений в профилированном листе

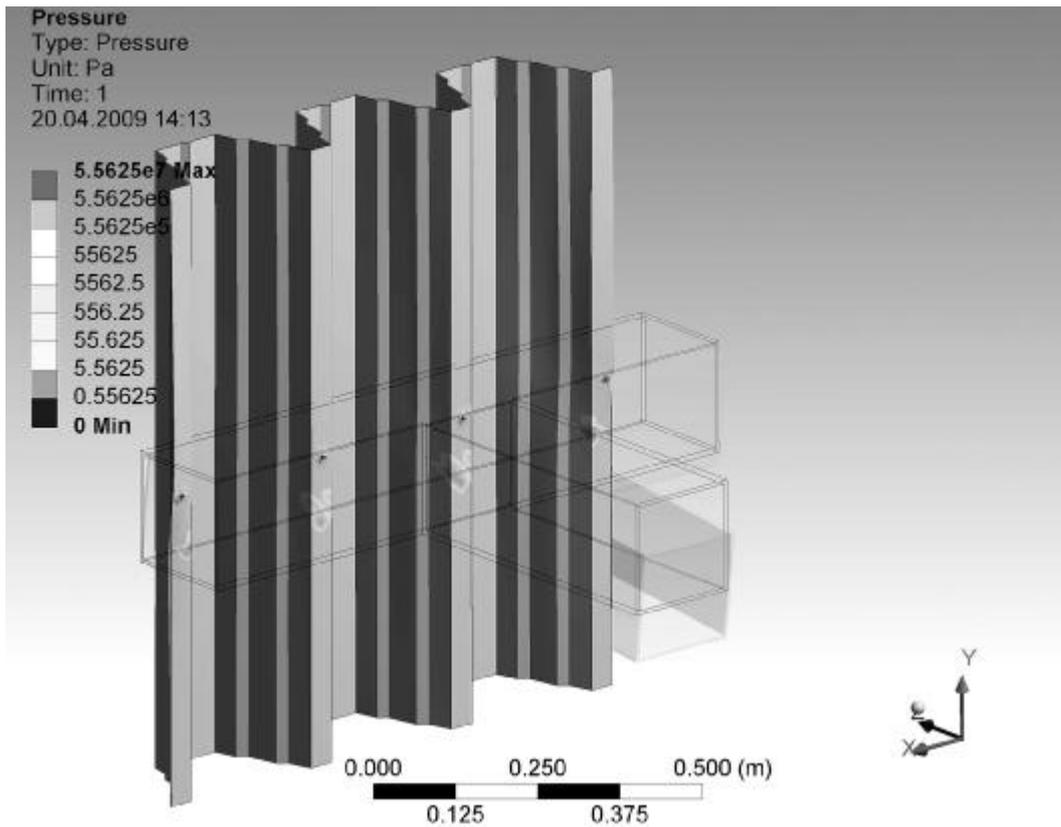


Рис. 4. Характер распределения контактного давления

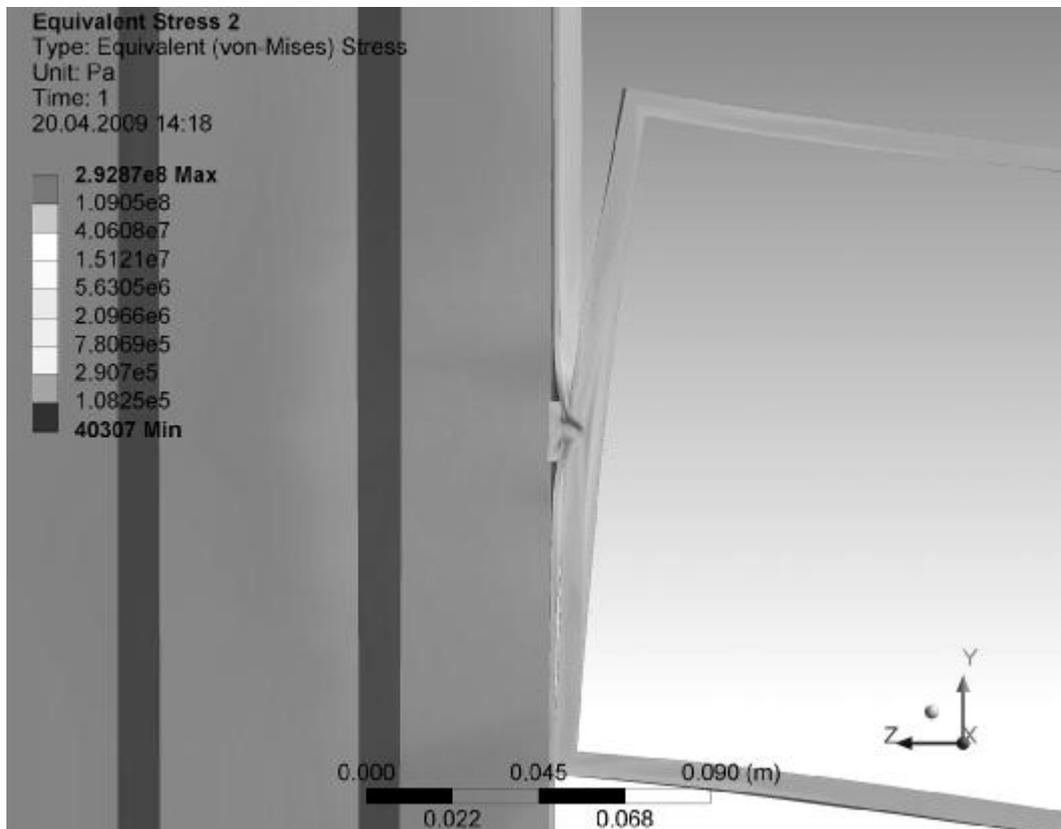


Рис. 5. Распределение эквивалентных напряжений в самонарезающем винте

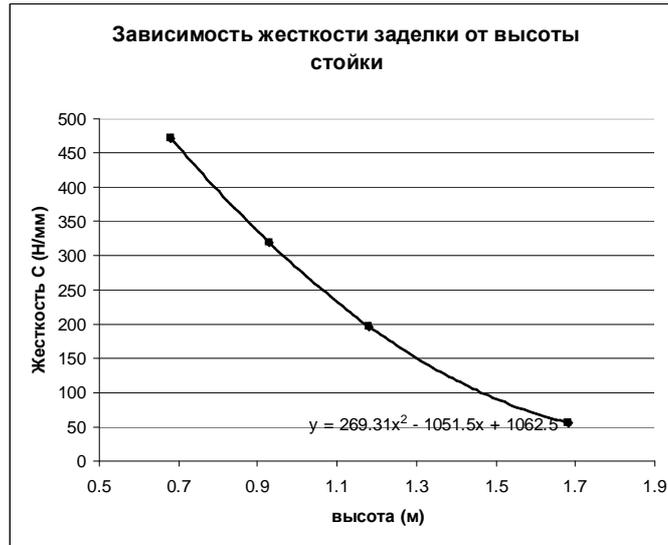


Рис. 6. Зависимость жесткости заделки верхнего пояса от длины стойки



Рис. 7. Зависимость жесткости заделки от толщины полки верхнего пояса фермы

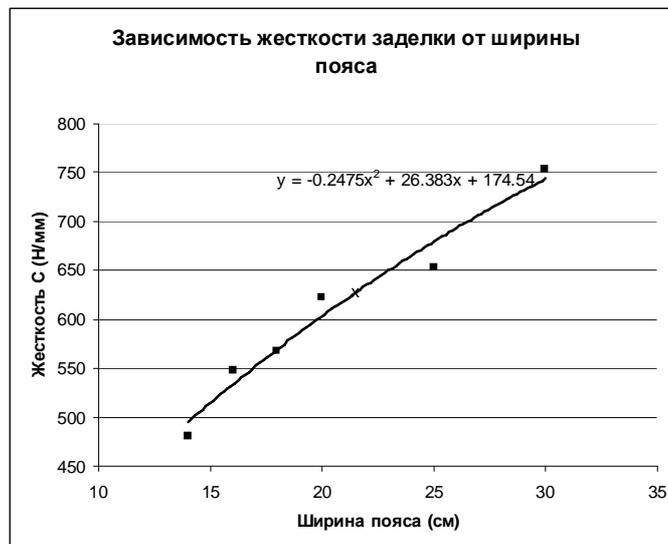


Рис. 8. Зависимость жесткости заделки от ширины полки верхнего пояса фермы



Зависимость жесткости заделки от толщины полки верхнего пояса фермы и ее ширины приведена на рис. 7 и 8.

Проведенные численные исследования позволяют с определенной точностью вычислить жесткость заделки верхнего пояса фермы в профилированном листе для любого типа профиля и для любой высоты фермы. Зная величину этой жесткости, а также допустимые отклонения нижнего пояса фермы из плоскости, можно обосновать необходимость установки или возможность отказа от вертикальных связей и распорок с учетом соответствующего расчета фермы.

### Литература

1. Кузнецов И.Л., Гимранов Л.Р. Исследование несущей способности профилированного настила с высотой гофры 153 мм // Эффективные строительные конструкции: Теория и практика, – Пенза, 2008. – С. 42-44.