

## РАМНАЯ КОНСТРУКЦИЯ С НЕСУЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ИЗ ТОНКОЛИСТОВОЙ ОЦИНКОВАННОЙ СТАЛИ СОСТАВНОГО БИКОРОБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ

Тарасов А.В.

Научный руководитель д-р тех. наук, проф., чл.-корр. РААСН, Енджиевский Л.В.  
*Сибирский федеральный университет*

В начале XXI века прогрессивно развивается направление строительства с применением лёгких стальных тонкостенных оцинкованных профилей (ЛСТК). Область применения ЛСТК: несущие и ограждающие конструкции объектов промышленного и гражданского назначения.

Наиболее используемая конструктивная схема зданий из ЛСТК – каркасная. Известны элементы ригелей (балки или элементы фермы) [1], [2] и др., которые решены в виде составных двутавров из двух С-образных и  $\Sigma$ -образных профилей (Рисунок 1, а, б). Известно также составное коробчатое сечение (Рисунок 1, в).

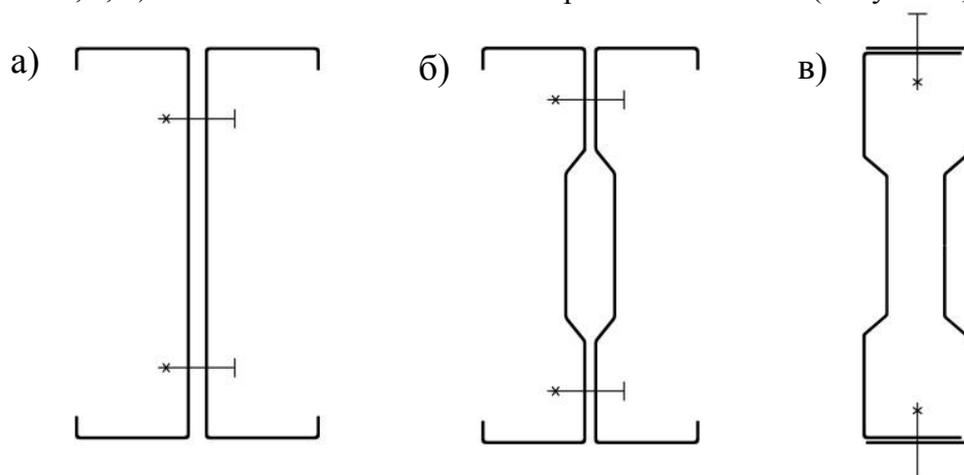


Рисунок 1 – Варианты составного поперечного сечения несущих элементов двускатной рамы каркаса здания. а – составной двутавр из двух С-образных профилей; б - составной двутавр из двух  $\Sigma$ -образных профилей; в – коробчатое сечение из из двух  $\Sigma$ -образных профилей.

В экспериментально-теоретических исследованиях предпочтение отдано раме каркаса здания с несущими элементами, имеющими замкнутое бикоробчатое сечение, образованное из  $\Sigma$ -профилей толщиной 1,5 мм (Рисунок 2, в). Расчеты показали, что такой тип профилей обладает большей устойчивостью стенок по сравнению с распространёнными С-образными профилями.

Формообразование несущих элементов производится следующим образом. Профили (Рисунок 2, а) содержат две полки разной ширины ( $B_1$ ,  $B_2$ ) с перпендикулярными отгибами, направленными навстречу друг к другу, при этом:

$$B_1 = B_2 - 2 \cdot t \quad (1)$$

где  $B_1$  – ширина меньшей полки;  $B_2$  – ширина большей полки;  $t$  – толщина металла профиля.

Для образования бикоробчатого сечения, профили повернуты друг к другу внутренними поверхностями таким образом, что бы большие полки профилей  $B_2$  охватывали снаружи сопрягаемые с ними меньшие полки  $B_1$  (Рисунок 2).

Уступы в средней части стенки профилей (гофры) выполнены такой глубины  $V$  (Рисунок 2, а), что в составном сечении совмещены и могут быть скреплены при

ПОМОЩИ МЕТИЗОВ.

$$V = \frac{B_1 - t}{2} \quad (2)$$

где  $V$  – глубина гофра.

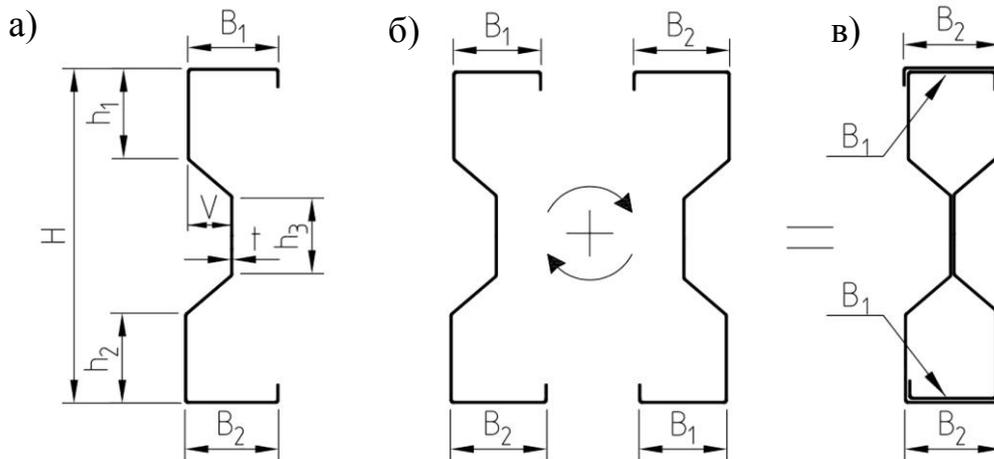


Рисунок 2 – Формообразование бикоробчатого сечения несущих элементов рамы. а – форма  $\Sigma$ -профилей; б – профили, перевернутые (указано стрелками) для образования бикоробчатого сечения; в – бикоробчатое сечение несущих элементов рамы.

В элементах бикоробчатого сечения отсутствуют свободные свесы полок. В продольном направлении профилей полки имеют отгибы, через которые закрепляются к стенке противоположного профиля при помощи метизов. Таким образом, по отношению к двутавровым сечениям преимуществом выбранного сечения является бóльшая несущая способность по условию потери устойчивости полок, а также бóльшая устойчивость к изгибно-крутильным деформациям. В сравнении с коробчатым сечением, представленном на рисунке 1 в, преимущество заключается в объединении стенок профилей, что повышает их устойчивость. Кроме того, форма профилей позволяет использовать один типоразмер профилей и не требует обязательного их скрепления в составе коробчатого сечения.

Экспериментальные исследования были выполнены для двускатной поперечной рамы каркаса здания пролётом 12 м, высотой 4,5 м.

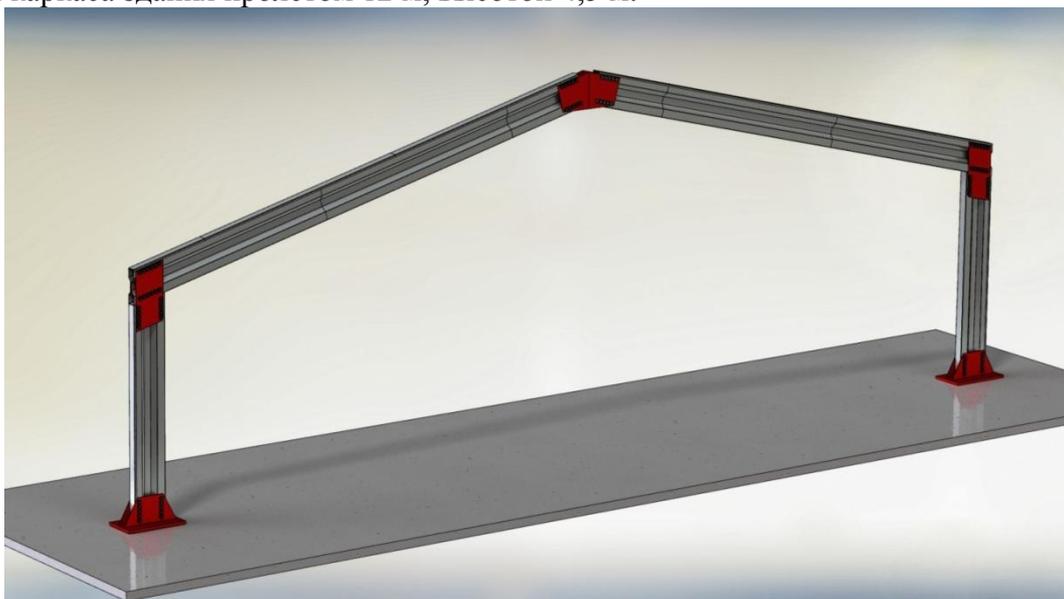


Рисунок 3. Экспериментальная рама пролётом 12 м.

Одной из целей являлось создание рамы без использования затяжки, которая значительно уменьшает полезный объем здания и требует создания сложных карнизных узлов. Для этого было принято решение узлы рамы выполнить упруго-податливыми.

Изготовление профилей в промышленных масштабах на сегодняшний день выполняется двумя способами: последовательный холодный гиб листа в продольном направлении образуемого профиля; холодный прокат оцинкованного листа с рулона через валики.

Технология изготовления путём последовательногогиба не требует предварительных трудоёмких настроек производственной линии, не зависит от наличия прокатных шаблонов и изготовление профилей осуществляется с высокой точностью. При этом номенклатура холодногнутых элементов шире, чем холоднокатаных.

Некоторая сложность заключается в том, что длина холодногнутых элементов ограничена и составляет, в среднем, 3 м. А существующее оборудование не позволяет изготовить холоднокатанные профили с необходимой точностью, которая требуется для образования составного бикоробчатого сечения. Поэтому формообразование длинноразмерного элемента производится путём нахлесточного соединения холодногнутых профилей с предварительным их взаимным смещением (Рисунок 4). В таком варианте в ригеле отсутствуют сквозные стыки, в каждом соединении по длине один из профилей цельный. В области соединения стыкуемые элементы закреплены вытяжными заклёпками к полкам и стенке цельного профиля.



Рисунок 4. Ригель пролётом 6 м в разобранном виде

Расположение стыков по длине влияет на несущую способность ригелей не только из условия прочности ослабленных сечений. Стыки также могут негативно влиять на распределение напряжений в узлах сопряжений несущих элементов рамы. Предельная нагрузка на экспериментальную раму соответствовала местной потере устойчивости стенок сжатой части ригеля в карнизных узлах. Потеря устойчивости происходила только с одной стороны составного ригеля. Из экспериментально полученных данных определено, что напряжения в области потери устойчивости стенки с одной стороны ригеля, превышают значения напряжений с противоположной стороны, где расположен не повреждённый профиль на 58% и равны 174 МПа и 110 МПа соответственно. Неравномерное распределение напряжений обусловлено наличием стыков по длине ригеля.

По результатам расчета, в карнизном узле максимальное напряжение в сжатой

стенке с одной стороны ригеля составляет 179 МПа, с другой стороны –118 МПа (Рисунок 5, а). Разница напряжений составляет 52%.

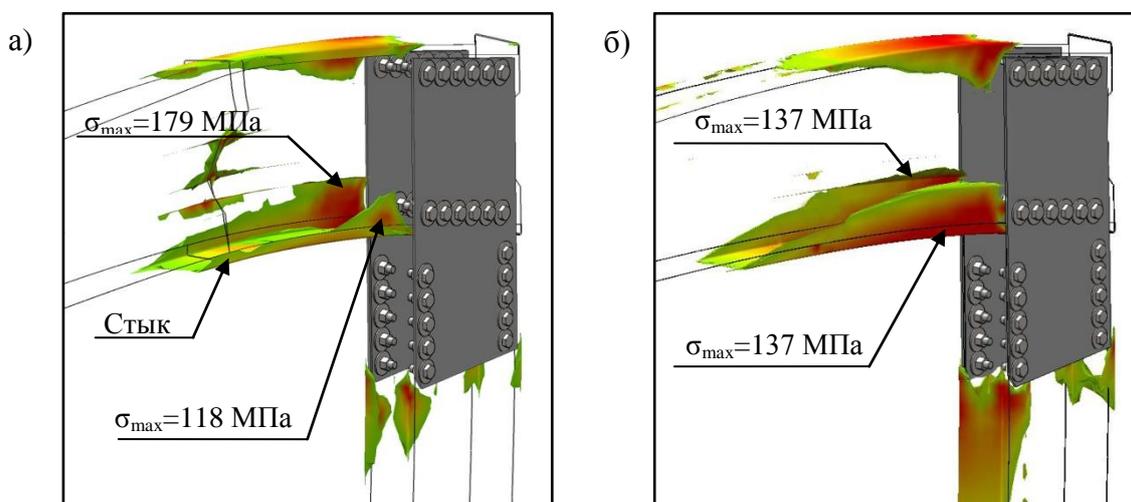


Рисунок 5. Численный расчет узла сопряжения стойки ригелем.  
а – имеющего стыки по длине, б – не имеющего стыков по длине.

Расчет показывает, что если для образования ригеля использовать элементы без стыков по длине, распределение напряжений между стенками происходит равномерно (Рисунок 5, б).

По результатам испытаний было установлено, что несущая способность рамы каркаса здания пролётом 12 м составила 7,5 кг, что соответствует 210 кг/м<sup>2</sup> для здания с шагом поперечных рам 3 м.

В численных исследованиях выявлено, что при использовании цельных по длине ригелей несущая способность увеличивается до 12 тс, что соответствует 330 кг/м<sup>2</sup> для здания пролётом 12 м и шагом поперечных рам каркаса 3 м. Увеличение пролёта конструкции возможно за счет варьирования конфигурации сечения (изменение толщины используемого металла, ширины и высоты профиля в целом или его отдельных участков), а так же использования цельных по длине ригелей. Последнее требует совершенствования существующих производственных линий.

Таким образом, предложенные решения позволяют эффективно применять технологию ЛСТК для строительства промышленных и гражданских объектов, расположенных в I, II и III снеговых районах. При этом, для строительства в труднодоступных районах может применяться технология наращивания элементов по длине. В этом случае длина отправочных элементов не превышает 3 м. Такая технология не приводит к значительному увеличению трудо- и материалозатрат, значительно облегчая транспортировку конструкций на место монтажа.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семко, В. А.. Анализ конструктивных мер для повышения надежности покрытий из легких стальных тонкостенных профилей [Текст]/ В. А. Семко, Д.А. Прохоренко // СтройМеталл. – 2011. - №5. – С. 18-23.
2. Серия 1.420.3-39.08 Каркасы стальные «УНИТЭК-Р1» одноэтажных производственных зданий с применением рам из гнутых (в том числе оцинкованных) профилей, 2008.
3. Пат. 33046 Российская Федерация, МПК В21D5/06, E04C3/07, E04C3/32, E04D12/00. Строительный элемент (2 варианта) и строительная конструкция на его основе (2 варианта) [Текст] /Ахобадзе Д.Г.; заявитель и патентообладатель Ахобадзе Давид Георгиевич. – №2003119709/20; заявл. 30.06.03 ; опубл. 10.10.03.