

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-5-25-32

Гайнетдинов Р.Г., Гимранов Л.Р., Сибгатуллин М.Т.Казанский государственный архитектурно-строительный университет***E-mail: rishat.gajnetdinov@bk.ru*

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ДЕФОРМАТИВНОСТИ СТЕНКИ ТОНКОСТЕННЫХ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ С ТРАПЕЦИЕВИДНОЙ ЧАСТЬЮ В БОЛТОВЫХ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

Аннотация. В статье рассмотрено новое узловое соединение тонкостенных холодногнутох профилей с трапециевидной частью стенки с применением сквозной втулки с упором. Применение данного конструктивного решения позволяет выполнить постановку дополнительных болтов в зоне вогнутой части стенки тонкостенного профиля, тем самым включить данную область в работу. Отмечается, что изобретение по сравнению с аналогами позволяет упростить процесс сборки узла, за счет фиксации положения втулки при применении уширенной части с одной стороны фасонки. При этом для эффективного противодействия потери местной устойчивости стенки тонкостенного холодногнутого профиля предлагается расположить соседние втулки со сторонами в противоположном направлении.

Изучены вопросы деформативности стенки тонкостенного холодногнутого профиля при постановке дополнительных рядов болтов в трапециевидной части стенки за счет разработанных конструктивных решений: с применением сквозной втулки, сквозной втулки с упором и при отсутствии болтов в зоне трапециевидной части. В работе приведены результаты смещений из плоскости стенки под воздействием сжимающей нагрузки при различных вариациях болтовых узловых соединений. Выполнена сравнительная оценка эффективности узловых соединений с точки зрения сопротивлению потери местной устойчивости. По результатам исследований выявлено, что болтовое узловое соединение с постановкой дополнительных болтов в части трапециевидной стенки, за счет применения сквозной втулки позволяет уменьшить деформативность на 15 % и на 33 % при использовании сквозной втулки с упором по отношению с соединением с двухрядной постановкой болтов.

Ключевые слова: болтовое узловое соединение, тонкостенный холодногнутый профиль, сквозная втулка с упором, местная устойчивость, трапециевидная часть стенки, опытный образец, верхний пояс.

Введение. Научно-технический прогресс ускоряет смену оборудования и технологий, поэтому часто стальной каркас, удовлетворяющий первоначальному технологическому процессу, оказывается через 20-30 лет совершенно непригодным для новых технологий. Из-за этого требуется реконструкция, а иногда и полный снос каркаса. В связи с этим на рынке строительства возникает потребность в легких конструкциях, которые можно быстро смонтировать, разобрать и перепрофилировать под другие технологические процессы. Одним из способов для решения отмеченной проблемы служит использование в конструкциях тонкостенных холодногнутох профилей. Технология легких стальных тонкостенных оцинкованных профилей (ЛСТК) начинает прогрессивно развиваться с начала 21 века. Область применения ЛСТК несущие и ограждающие конструкции объектов промышленного и гражданского назначения [1–2].

Наиболее часто тонкостенные холодногнутые профили в несущих конструкциях применяются в рамах [3–8] и фермах [9–11]. Поперечная рама каркаса состоит из стоек и скатных сплош-

ных или решетчатых ригелей. В основном несущие конструкции из ЛСТК имеют пролет до 18 м, устанавливаются с шагом 3–6 м, элементы выполняются из одиночных или из спаренных профилей, сечения которых С-образные, с трапециевидной частью стенки, соединенные с помощью листовой фасонки на болтах.

Однако авторы в статьях [9, 10] отмечают, что для дальнейшего развития ЛСТК в строительной отрасли, а именно для увеличения пролета, несущей способности необходимо разрабатывать новые эффективные узловое соединения, отвечающие экономическим требованиям, надежности конструкции и удобства монтажа.

В связи с этим авторы в работе [12] провели исследования болтового узлового соединения верхнего пояса фермы пролетом 24 м из тонкостенных холодногнутох профилей. В работе выявлено, что постановка дополнительных рядов болтов в зоне трапециевидной части стенки позволяет получить равномерное распределение напряжений по сечению тонкостенного профиля, тем самым повысить несущую способность со-

единения. Для постановки дополнительных рядов болтов в зоне трапециевидной части стенки разработаны новые узловые соединения:

1. заполнения свободного пространства между фасонкой и трапециевидной частью стенки профиля листовой пластиной [12];

2. конструктивное решение с применением сварной втулки [13, 14];

3. конструктивное решение с применением сквозной втулки [15, 16];

В данной статье предлагается новое узловое соединение тонкостенных холодногнутых профилей с трапециевидной частью стенки с применением сквозной втулки с упором [17]. При этом рассматриваются вопросы деформативности стенки профиля в узле при двухрядной постановке болтов, при постановке дополнительных болтов в зоне трапециевидной части стенки за счет применения сквозной втулки и сквозной втулки с упором.

Цель работы: Сравнительная оценка деформативности трапециевидной части стенки тонкостенного профиля при различных конструктивных решениях узлового соединения.

Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие задачи:

1. Разработка нового узлового соединения тонкостенных холодногнутых профилей, которая позволит выполнить постановку болтов в зоне трапециевидной части стенки, и при этом повысить местную устойчивость стенки;

2. Построение конечно-элементную модели болтовых узловых соединений в ПК «Solidworks» с применением сквозной втулки, сквозной втулки с упором и при двухрядной постановке болтов в зоне контакта с листовой фасонкой;

3. Численное исследование напряженно-деформированного состояния болтовых узловых соединений тонкостенных холодногнутых профилей с трапециевидной частью стенки;

4. Анализ деформативности стенки различных вариантов конструктивных решений болтовых узлов при действии расчетной нагрузке;

Болтовое узловое соединение тонкостенных холодногнутых профилей с трапециевидной частью стенки с применением сквозных втулок с упором. Одной из главных задач создания нового болтового узла состоит в фиксации положения сквозной втулки при установке стяжного болта, и при этом повысить устойчивость стенки тонкостенного холодногнутого профиля в процессе эксплуатации конструкции. Новый узел представляет собой тонкостенные холодногнутые профили с трапециевидной частью стенки 1, соединенные листовой фасонкой 2 на болтах 3. В зоне трапециевидной части стенки профиля установлены усиливающие элементы 4, которые выполнены в виде сквозной втулки, пропущенные через отверстие в листовой фасонке 3. Сквозная втулка с одной стороны изготавливается большего диаметра $D1$, чем отверстие в листовой фасонке, а остальная часть втулки выполняется по диаметру этого отверстия d . При этом соседние втулки располагаются со сторонами в противоположном направлении (рис. 1).

Предлагаемое узловое соединение позволяет выполнить постановку болтов в зоне трапециевидной части стенки профиля, при этом зафиксировать положение втулки при постановке стяжного болта и предполагает уменьшение деформации стенки профиля за счет уширенной части втулки при эксплуатации конструкции.

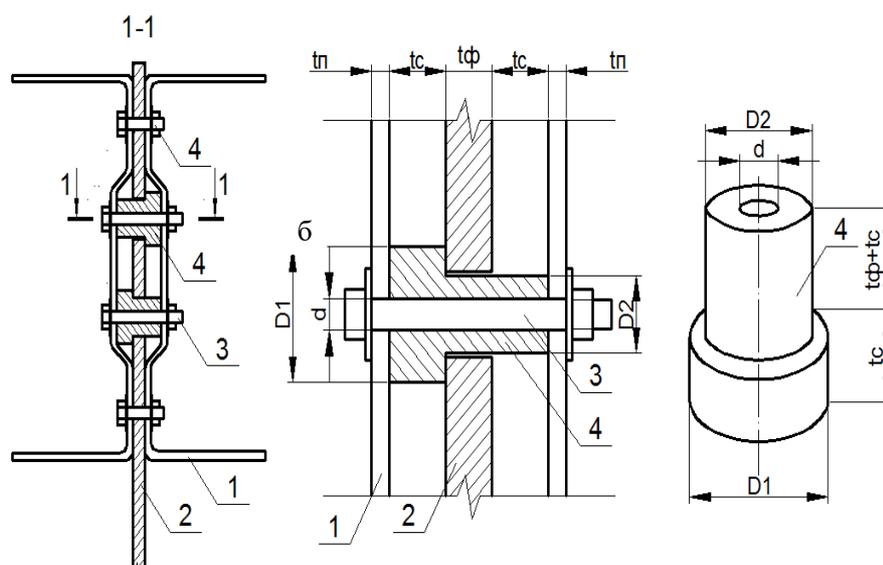


Рис. 1. Болтовое узловое соединение тонкостенных холодногнутых профилей с трапециевидной частью стенки с применением сквозных втулок с упором:

1 – тонкостенные холодногнутые профили с трапециевидной частью стенки;
2 – листовая фасонка; 3 – болт; 4 – сквозная втулка с упором

Новое узловое соединения может найти применение в области строительства, в частности, в рамах, в решетчатых конструкциях, например, фермы, изготавливаемые из парных стальных тонкостенных холодногнутых профилей с трапециевидной частью стенки, соединенные в узлах при помощи листовых фасонки на болтах [3–5, 7, 9, 10–11].

Материалы и методы. Одним из опасных факторов разрушения болтовых узловых соединений из тонкостенных холодногнутых профилей и приводящие к полной непригодности конструкции является потеря местной устойчивости. При этом для повышения местной устойчивости тонкостенных профилей в сжатых и в сжато-изгибаемых элементах выполняются различные элементы жесткости (канавки, углубления). В частности, в рассматриваемом узле тонкостенные холодногнутого профили выполнены с трапециевидной частью стенки.

Влияние на фактическое напряженное состояние тонкостенного профиля при установке дополнительных рядов в зоне трапециевидной части стенки рассмотрены в работах [12, 13, 15]. При этом вопросы деформативности стенки (смещения из плоскости) при подкреплении их различными вариантами втулок и их сравнение с традиционным узловым соединением с двухрядной постановкой болтов ранее не проводились. Для проведения данного исследования выбраны три варианта болтовых узловых соединения с трапециевидной частью стенки (табл. 1):

1. Узловое соединение составных тонкостенных холодногнутого профилей с трапециевидной частью стенки при двухрядной постановке болтов в зоне контакта с листовой фасонкой;

2. Узловое соединение составных тонкостенных холодногнутого профилей с трапециевидной частью стенки при многорядной постановке болтов за счет применения сквозной втулки. Для постановки болтов используется сквозная втулка, которая вставляется в отверстие листовой фасонки. Сквозная втулка ликвидирует зазор между трапециевидной частью стенки профиля и фасонкой. При этом длина сквозной втулки:

$$H = t_{\phi} + 2t_c,$$

где t_{ϕ} – толщина фасонки; t_c – свободная толщина плоской вогнутой стенки профиля;

3. Узловое соединение составных тонкостенных холодногнутого профилей с трапециевидной частью стенки при многорядной постановке болтов за счет применения сквозной втулки с упором.

Для оценки смещения стенки из плоскости тонкостенного холодногнутого профиля в болто-

вом узле при различных вариантах конструктивных решений построены конечно-элементные модели опытных образцов в ПК «Solidworks» (табл. 1). Узлы состоят из двух профилей АСГ-400-100-30-4.0 по ТУ 1122-023-129063390-2009 высотой 400 мм из стали класса С350. Между профилями установлена листовая фасонка толщиной 16 мм из стали класса С245. Крепление профилей с листовой фасонкой выполнено болтами М16 класса прочности 5.8 двумя рядами. В каждом ряду расположено семь болтов с шагом 50 мм. Фасонка соединена по низу опорной пластиной 400×100×16 мм [12].

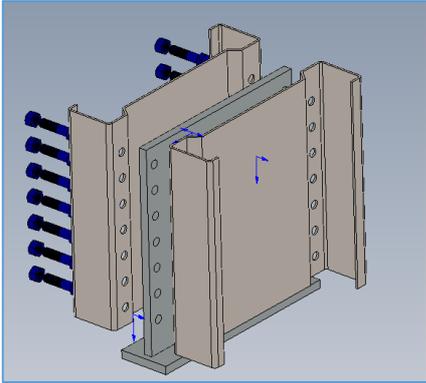
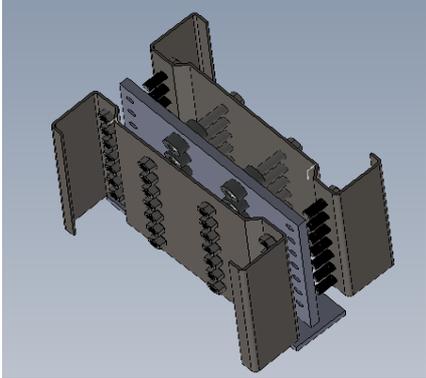
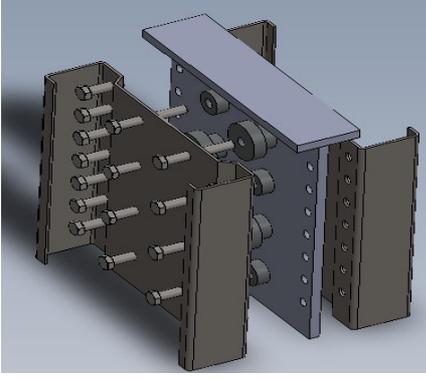
Разбиение геометрической модели на конечные элементы выполнялась с учетом геометрии элементов сборки, наличия отверстий и расстояний между ними. Сетка конечно-элементной модели объемная второго порядка, с размерами 20×20 мм. Расчет модели узла выполнялось в программном модуле «Solidworks Simulation» с учетом геометрической и физической нелинейности. Граничные условия болтовых узлов «fixed support», как неподвижная геометрия опорной пластины. Контакты между соединяемыми элементами задавались, как «frictional» с коэффициентом трения $\mu=0,15$.

Обсуждение результатов исследований. Нагрузка на образцы приложена расчетная $N=63,2$ т, найденная по результатам исследований [12]. При этом приложении ее производилось ступенчато по 10 т, в конце каждого этапа производилось измерение перемещения стенки тонкостенного профиля из плоскости. Напряженно-деформированное состояние образцов представлено на (рис. 2). Фиксация перемещения стенки тонкостенного холодногнутого профиля выполнялось в одной точке в зоне расположения средних болтов в трапециевидной части (рис. 3).

Анализируя графики зависимости перемещения стенки от расчетной нагрузки, можно сказать, что наиболее подвержен к потере местной устойчивости узловое соединение при двухрядной постановке болтов в зоне контакта с листовой фасонкой, где отклонение из плоскости составили – $\delta=13,32$ мм при нагрузке $N=63,2$ т. Выявлено, что при подкреплении стенки тонкостенного профиля сквозной втулкой и установке дополнительных болтов в трапециевидной части стенки деформации снижаются ($\delta=10,53$ мм при $N=63,2$ т) на 21%. Эффективным решением, с точки зрения потери местной устойчивости стенки является решение с применением сквозной втулки с упором, где перемещения меньше из всех ($\delta=8,91$ мм при $N=63,2$ т). На 33 % меньше, чем при двухрядной постановке болтов и на 15 % при постановке болтов с применением сквозной втулки.

Таблица 1

Болтовые узловые соединения составных тонкостенных холодногнутых профилей с трапецевидной частью стенки

<p>1. Болтовой узел соединения с двухрядной постановкой болтов в зоне контакта листовой фасонки и профиля</p>	
<p>2. Болтовой узел соединения с многорядной постановкой болтов с применением сквозной втулки</p>	
<p>3. Болтовой узел соединения с многорядной постановкой болтов с применением сквозной втулки с упором</p>	

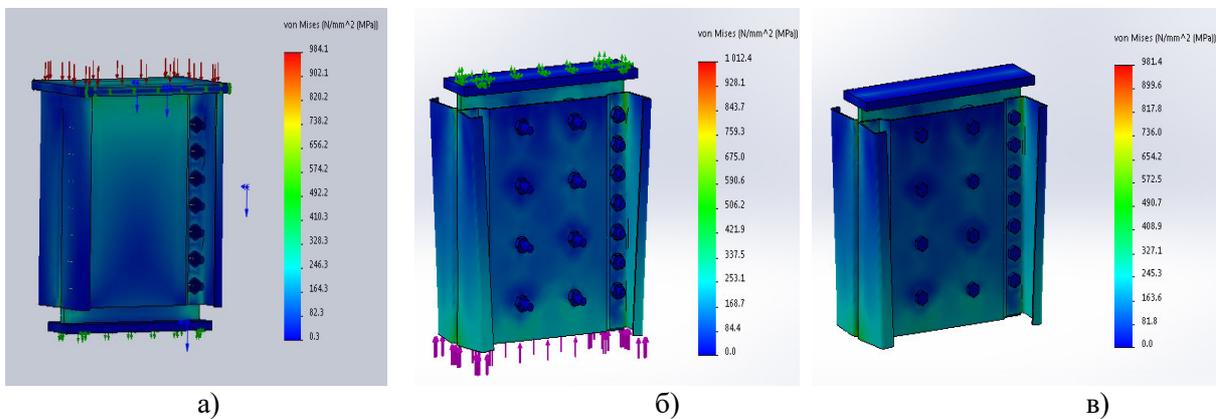


Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние опытных образцов: а) при двухрядной постановке болтов; б) при многорядной постановке болтов с применением сквозной втулки; в) при многорядной постановке болтов с применением сквозной втулки с упором

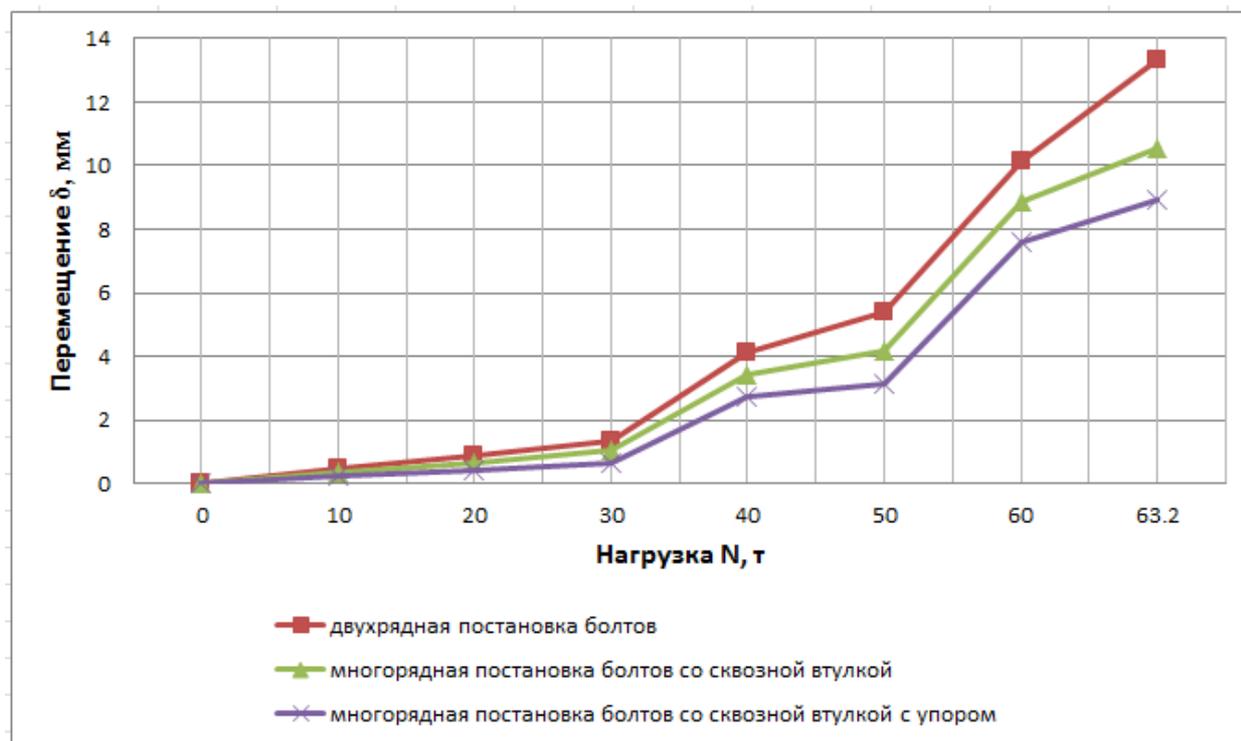


Рис. 3. Зависимость перемещения δ стенки тонкостенного холодногнутого профиля от нагрузки N при разных вариантах узловых соединений

Выводы

1. Представлено новое узловое соединение тонкостенных холодногнутого профилей с применением сквозных втулок с упором, позволяющее выполнить постановку болтов в трапециевидной части стенки профиля, при этом упростить процесс сборки соединения за счет фиксации положения втулки.

2. Установлено, что постановка дополнительных рядов болтов в трапециевидной части стенки тонкостенного холодногнутого профиля позволяет уменьшить деформативность стенки на 21 % при использовании сквозной втулки и на 33 % – сквозной втулки с упором по сравнению с решением с двухрядной постановкой болтов в зоне контакта листовой фасонки и профиля.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Енджиевский Л.В., Крылов И.И., Кретицин А.Н., Терешкова А.В. Ограждающие и несущие строительные конструкции из стальных тонкостенных профилей // Издательство Инфра – М, 2017. 282 с.

2. Жидков К.Е., Семенов А.С. Совершенствование конструктивных решений ферм из тонкостенных холодногнутого профилей // XIII Международная научная конференция «Прикладные и Фундаментальные исследования» (9–10 декабря, 2017, Сент-Луис, Миссури, США). С. 79–83.

3. Зверев В.В., Жидков К.Е., Семенов А.С., Сотникова И.В. Экспериментальные исследования рамных конструкций из холодногнутого профилей повышенной жесткости // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительства и архитектура. 2011. № 4. С. 20–24.

4. Енджиевский Л.В., Тарасов А.В. Исследования рамы каркаса здания несущими элементами бикоробчатого сечения из тонколистовой оцинкованной стали // Промышленное и гражданское строительство. 2012. №. 10. С. 52–54.

5. Тарасов А.В. Экспериментально-теоретические исследования рамных конструкций из стальных тонкостенных холодногнутого профилей. автореф. дис.канд. техн. наук. Томск, 2013. 23 с.

6. Вержбовский Г.Б., Горохова Д.С. Рамные конструкции из легких стальных тонкостенных профилей // Актуальные процессы формирования науки в новых условиях: сборник статей Международной научно-практической конференции г. Москва. 10 марта 2016. С. 23–25.

7. Любавская И.В. Напряженно-деформированное состояние рамной конструкции из стальных гнутых профилей. автореф. дис.канд. техн. наук. Липецк, 2018. 23 с.

8. Устименко Е.Е. Рамно-стержневые конструкции с элементами из тонкостенных стальных профилей. автореф. дис.канд. техн. наук. Ростов-на-Дону. 2021. 24 с.

9. Зверев В.В., Семенов А.С. Влияние податливости болтовых соединений на деформативность фермы из тонкостенных гнутых профилей // Строительство и архитектура. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. № 2 (10). С. 9–7.

10. Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А., Гайнетдинов Р.Г. Стенд и результаты испытания фермы пролетом 24 м со стержнями из оцинкованных холодногнутох профилей // Известия КГАСУ. 2018. № 4. С. 193–199.

11. Семенов А.С. Ферма из холодногнутох профилей повышенной жесткости с болтовыми соединениями. автореф. дис. канд. техн. наук. Воронеж. 2009. 22 с.

12. Кузнецов И.Л., Салахутдинов М.А., Гайнетдинов Р.Г. Исследование напряженно-деформированного состояния болтового узла соединения из холодногнутох тонкостенных профилей // Вестник МГСУ. 2019. №. 7. С. 831–843. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.7.831-843.

13. Kuznetsov I., Gainetdinov R. New nodal connection of thin-walled cold formed profiles with a trapezoidal wall using separate welded bushings //

IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 890(1). Pp. 1–7. doi:10.1088/1757-899X/890/1/012041

14. Пат. 2728076, Российская Федерация, МПК E04C 3/08. Решетчатая конструкция / И.Л. Кузнецов, Р.Г. Гайнетдинов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ КазГАСУ. № 2019131942; заявл. 09.10.2019; опубл. 28.07.2020, Бюл № 22. 4 с.

15. Кузнецов И. Л., Гайнетдинов Р. Г. Новое узловое соединение холодногнутох профилей с трапециевидной стенкой // Приволжский научный журнал. Строительные конструкции, здания и сооружения. г. Нижний Новгород. 2021. № 1. С. 24–33.

16. Пат. 2730153, Российская Федерация, МПК E04C 3/08. Узел соединения стержней в решетчатой конструкции / И.Л. Кузнецов, Р.Г. Гайнетдинов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ КазГАСУ. № 2020109265; заявл. 02.03.2020; опубл. 19.08.2020, Бюл № 23. 4 с.

17. Пат. 2748018, Российская Федерация, МПК E04C 3/08; E04B 1/58; Узел соединения стержней в решетчатой конструкции / Р.Г. Гайнетдинов, И.Л. Кузнецов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ КазГАСУ. № 202013554; заявл. 28.10.2020; опубл. 18.05.2021, Бюл № 14. 4 с.

Информация об авторах

Гайнетдинов Ришат Габдулхаевич, аспирант кафедры металлических конструкций и испытания сооружений. E-mail: rishat.gajnetdinov@bk.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Гимранов Линур Рафаилович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой металлических конструкций и испытания сооружений. E-mail: leenur@mail.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Сибгатуллин Марат Тафкилович, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры металлических конструкций и испытания сооружений. E-mail: maratts@mail.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Поступила 15.01.2022 г.

© Гайнетдинов Р.Г., Гимранов Л.Р., Сибгатуллин М.Т., 2022

***Gainetdinov R.G., Gimranov L.R., Sibgatullin M.T.**

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

**E-mail: rishat.gajnetdinov@bk.ru*

ON THE QUESTION OF ESTIMATION OF THE WALL DEFORMABILITY OF THIN-WALL COLD FORMED PROFILES WITH A TRAPEZOID PART IN BOLT NODAL JOINTS

Abstract. *The article discusses a new nodal connection of thin-walled and cold-formed profiles with a trapezoidal part of the wall using a through stop bushing. The use of this constructive solution allows to place additional bolts in the area of the concave part of the wall of a thin-walled profile, thereby including this area in work. It is noted that the invention in comparison with analogs allows to simplify the assembly process of the node by fixing the position of the sleeve when using a broadened part on one side of the gusset. At the same time, in order to effectively resist the loss of local stability of the wall of a thin-walled and cold-formed profile, it is proposed to arrange adjacent bushings with sides in the opposite direction. Issues of deformability of the wall of a thin-walled and cold-formed profile are studied when additional rows of bolts are installed in the*

trapezoidal part of the wall due to the developed design solutions: using a through bushing, a through bushing with a stop and in the absence of bolts in the area of the trapezoidal part. The paper presents the results of displacements of the wall under the influence of a compressive load with different variations of bolted nodal joints. A comparative assessment of the efficiency of nodal connections from the point of view of resistance to loss of local stability has been carried out. In result, it is revealed that a bolted nodal connection with the installation of additional bolts in a part of a trapezoidal wall, due to the use of a through bushing, can reduce deformability by 15% and by 33% when using a through bushing with an emphasis in relation to a connection with a two-row bolting.

Keywords: bolted joint, thin-walled cold-formed profile, through bush with stop, local stability, trapezoidal part of the wall, prototype, top flange.

REFERENCES

1. Endzhiyevskiy L.V., Krylov I.I., Kretinin A.N., Tereshkova A.V. Fencing and load-bearing building structures made of steel thin-walled profiles [Ograzhdayushchiye i nesushchiye stroitelnyye konstruksii iz stalnykh tonkostennykh profiley]. Izdatelstvo Infra. M. 2017. 282 p.
2. Zhidkov K.E., Semenov A.S. Improvement of constructive solutions of trusses made of thin-walled cold-formed profiles [Sovershenstvovaniye konstruktivnykh resheniy ferm iz tonkostennykh kholodnogutykh profiley]. XIII International Scientific Conference "Applied and Basic Research" (December 9-10, 2017, St. Louis, Missouri, USA). Pp. 79–83.
3. Zverev V.V., Zhidkov K.Y., Semenov A.S., Sotnikova, I.V. Experimental researches of frame constructions from cold-formed profiles of raised rigidity [Eksperimentalnyye issledovaniya ramnykh konstruksiy iz kholodnogutykh profiley povyshennoy zhestkosti]. Construction and architecture. Scientific Bulletin of Voronezh state University of architecture and construction. 2011. No. 2. Pp. 20–24. (rus)
4. Endzhiyevskiy L.V., Tarasov A.V. Numerical and experimental research frames frame building of sheet galvanized steel [Chislennyye i eksperimentalnyye issledovaniya ramy karkasa zdaniya iz tonkolistovoy otsinkovannoy stali]. Industrial and civil engineering. 2012. No. 10. Pp. 52–54. (rus)
5. Tarasov A.V. Experimental and theoretical studies of frame structures from steel thin-walled cold-formed profiles [Eksperimentalno-teoreticheskiye issledovaniya ramnykh konstruksiy iz stalnykh tonkostennykh kholodnogutykh profiley]. Dissertation of the candidate of technical sciences. Tomsk. 2013. 23 p. (rus)
6. Verzhbovskiy G.B., Gorokhova D.S. Frame structures made of light steel thin-walled profiles [Ramnyye konstruksii iz legkikh stalnykh tonkostennykh profiley]. Actual processes of the formation of science in the new conditions. Collection of articles of the International scientific-practical conference. 2016. Pp. 23–25. (rus)
7. Lyubavskaya I.V. Stress-strain state of a frame structure made of bent steel sections [Napryazhenno-deformirovannoye sostoyaniye ramnoy konstruksii iz stalnykh gutykh profiley]. Dissertation of the candidate of technical sciences. Lipetsk. 2018. 23 p. (rus)
8. Ustimenko E.E. Frame-bar structures with elements of thin-walled steel profiles [Ramno-sterzhnevyye konstruksii s elementami iz tonkostennykh stalnykh profiley]. Dissertation of the candidate of technical sciences. Rostov-na-Donu. 2021. 24 p. (rus)
9. Zverev V.V., Semenov A.S. Influence of bolted connections compliance on deformability of girder made from slender roll-formed sections [Vliyaniye podatlivosti boltovykh soyedineniy na deformativnost fermy iz tonkostennykh gutykh profiley]. Construction and architecture. Scientific Bulletin of Voronezh state University of architecture and construction. 2008. No. 2 (10). Pp. 9–17. (rus)
10. Kuznetsov I.L., Salakhoutdinov M.A., Gainetdinov R.G. Stand and test results of a 24 m span truss with elements of galvanized cold-formed profiles [Stend i rezultaty ispytaniya fermy proletom 24 m so sterzhnyami iz otsinkovannykh kholodnogutykh profiley]. News of the KSUAE. 2018. No. 4. Pp. 193–200. (rus)
11. Semenov A.S. Truss made of cold-formed sections of increased rigidity with bolted connections [Ferma iz kholodnogutykh profiley povyshennoy zhestkosti s boltovymi soyedineniyami]. Dissertation of the candidate of technical sciences. Voronezh. 2009. 22 p. (rus)
12. Kuznetsov I.L., Salakhutdinov, M.A., Gainetdinov, R.G. Investigation of the stress-deformation state of a bolt-joint assembly of cold-bent thin-walled profiles [Issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya boltovogo uzla soyedineniya iz kholodnogutykh tonkostennykh profiley]. Vestnik of MGSU. 2019. No. 7. Pp. 831–843. doi:10.22227/1997-0935.2019.7.831-843. (rus)
13. Kuznetsov I., Gainetdinov R. New nodal connection of thin-walled cold formed profiles with a trapezoidal wall using separate welded bushings. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 890(1). Pp. 1–7. doi:10.1088/1757-899X/890/1/012041
14. Kuznetsov I.L., Gainetdinov R.G. Lattice work. Patent RF, no. 2728076, 2020.

15. Kuznetsov I.L., Gainetdinov R.G. New nodal connection of cold-formed trapezoidal wall profiles [Novoye uzlovoye soyedineniye kholodnognutnykh profilyey s trapetsiyevidnoy stenkoy]. The Privolzhsky scientific journal. 2021. No. 1. Pp. 24–33. (rus)

16. Kuznetsov I.L., Gainetdinov R.G. The node for connecting bars in a lattice structure. Patent RF, no. 2730153, 2020.

17. Kuznetsov I.L., Gainetdinov R.G. The node for connecting bars in a lattice structure Patent RF, no. 2748018, 2021.

Information about the authors

Gainetdinov, Rishat G. Postgraduate student. E-mail: rishat.gajnetdinov@bk.ru. Kazan State University of Architecture and Engineering. Russia, 420043, Kazan, st. Zelenaya, 1.

Gimranov, Linur R. PhD. E-mail: leenur@mail.ru. Kazan State University of Architecture and Engineering. Russia, 420043, Kazan, st. Zelenaya 1.

Sibgatullin, Marat T. PhD. E-mail: maratts@mail.ru Kazan State University of Architecture and Engineering. Russia, 420043, Kazan, st. Zelenaya.

Received 15.01.2022

Для цитирования:

Гайнетдинов Р.Г., Гимранов Л.Р., Сибгатуллин М.Т. К вопросу оценки деформативности стенки тонкостенных холодногнутох профилей с трапециевидной частью в болтовых узловых соединениях // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 5. С. 25–32. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-5-25-32

For citation:

Gainetdinov R.G., Gimranov L.R., Sibgatullin M.T. On the question of estimation of the wall deformability of thin-wall cold formed profiles with a trapezoid part in bolt nodal joints. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No. 5. Pp. 25–32. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-5-25-32