

В. С. ШИРОКОВ
А. В. СОЛОВЬЁВ
С. А. ИГОЛКИН

ИСПЫТАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ВЫТЯЖНЫХ ЗАКЛЕПКАХ С ПУКЛЕВКОЙ

TESTING OF THE JOINTS ON POP RIVETS WITH BULGE

Рассмотрен опыт экспериментальных исследований соединений на вытяжных заклепках, которые легли в основу норм проектирования. Приведен опыт испытаний соединений на вытяжных заклепках листов, имеющих пуклевку, проведенных в Самарском государственном техническом университете на кафедре металлических и деревянных конструкций. По результатам испытаний получена предельная нагрузка на соединения, которая оказалась на 20 % выше значения, определенного по нормам проектирования для аналогичных соединений, но без пуклевки.

Ключевые слова: испытания, вытяжные заклепки, нагрузки, несущая способность, пуклевка, соединение

Для соединения легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) часто применяются вытяжные заклепки [1–3]. На базе МГСУ было проведено множество испытаний данных соединений [4–9]. Основной вклад в проведение испытаний внес И. Г. Катранов [4], результаты его работы легли в основу норм проектирования заклепочных соединений

The experience of testing of joints on pop rivets, which formed the basis of design standards, is considered. Experience of testing joints on pop rivets of sheets having bulge, carried out at the Metal and Wood Structures Chair of the Samara State Technical University is given. According to the test results, the maximum load on the joints was obtained, which turned out to be 20% higher than the value determined by the design standards for similar joints, but without bulge.

Keywords: testing, pop rivets, loads, strength capacity, bulge, joint

в СП 260.1325800.2016 «Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов».

При проведении исследований [4–8] испытывались плоские листы различной толщины, соединенные заклепками разных диаметров (рис. 1). Однако существуют довольно широко распространенные в машиностроении соедине-

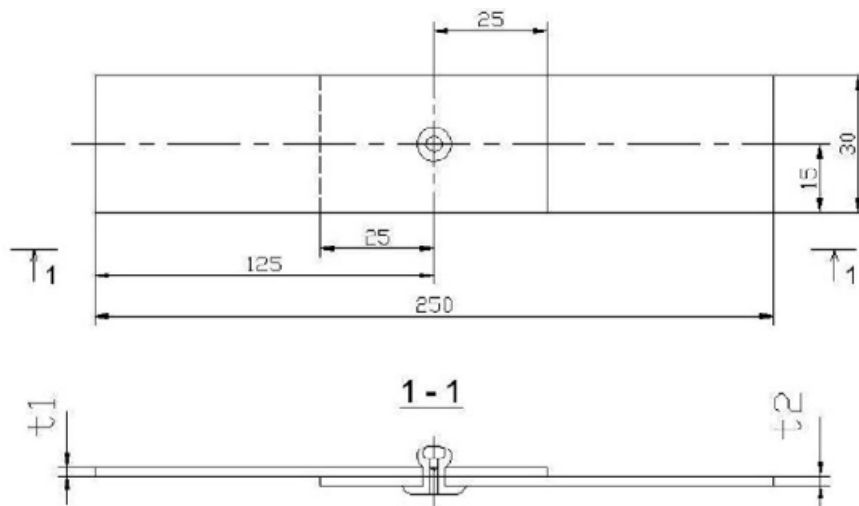


Рис. 1. Образец испытаний заклепочных соединений [5]

ния с пуклевкой стальных элементов, которые имеют некоторые отличия в механической работе по сравнению с плоскими листами.

В Самарском государственном техническом университете на кафедре металлических и деревянных конструкций были проведены испытания соединения стальных листов на вытяжных заклепках с пуклевкой одного элемента. Соединяемыми элементами являлись два листа толщиной 6 и 2 мм. Элемент толщиной 2 мм имел пуклевку, в элементе толщиной 6 мм выполнено зенкование отверстия для плотного прилегания элементов друг к другу. Изображение испытанных образцов представлено на рис. 2.

Элемент толщиной 2 мм изготовлен из оцинкованной стали 08ПС с расчетным сопротивлением растяжению $R_y = 175$ МПа и временным сопротивлением разрыву $R_{un} = 295$ МПа. Элемент толщиной 6 мм изготовлен из стали 09Г2С без покрытия. Заклепки стальные с потайным бортом М-Туре, материал заклепки и стержня – оцинкованная сталь. Диаметр заклепок, предназначенных для склепывания пакета толщиной от 4,1 до 12,1 мм, составляет 6,5 мм. Фото образцов перед испытанием представлено на рис. 3.

Всего было проведено испытание пяти образцов. Один образец являлся контрольным – элементы соединены одной заклепкой. Образцы испытывались на разрывной машине Р-50 с максимальным усилием 100 кН. В ходе испытаний наблюдался следующий

характер деформирования и разрушения. На начальной стадии имело место небольшое обмятие заклепок и соединяемых элементов до полного включения в работу. Затем следовал участок линейного деформирования. Перед выходом из строя соединения наблюдалось искривление заклепок с «закусыванием» краев отверстий и отгиб краев элементов толщиной 2 мм из-за возникшего эксцентриситета



Рис. 3. Фото образцов перед испытанием

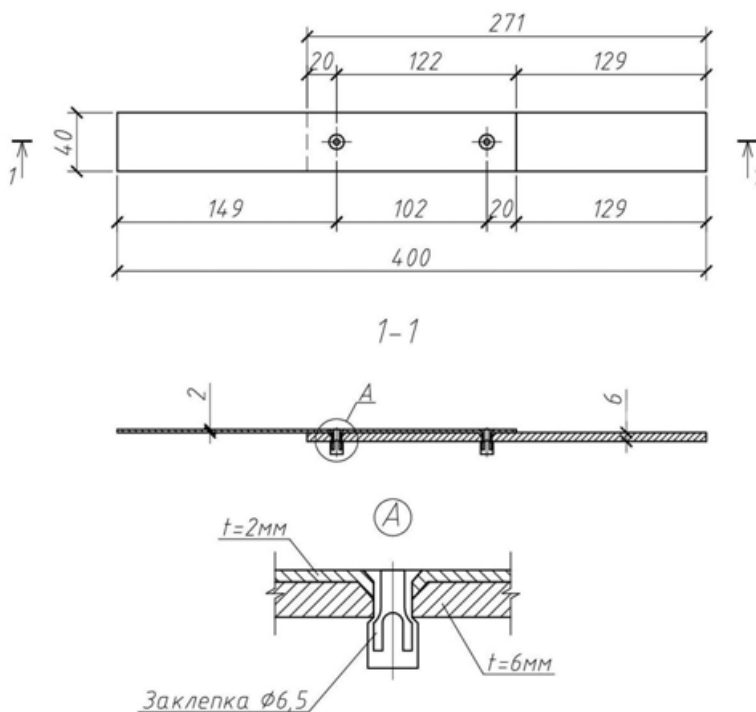


Рис. 2. Образец испытанного заклепочного соединения

приложения нагрузки. При достижении предельной нагрузки происходило смятие торцов элемента толщиной 2 мм. Данная картина деформирования полностью согласуется с испытаниями, проведенными на плоских образцах [9]. Образец №5 был доведен до полного разрушения соединения: после достижения предельной нагрузки продолжалось нагружение образца вплоть до среза заклепок. Фото образцов после испытания представлены на рис. 4.

На рис. 4, а изображен образец №1 при достижении разрушающей нагрузки, хоро-

шо виден отгиб пластины толщиной 2 мм. На рис. 4, в виден отгиб пластины и расслоение пакета, а также изгиб заклепок. На рис. 4, г показан образец №5, доведенный до полного разрушения, т. е. до среза заклепок, хорошо видны значительные деформации смятия более тонкого стального листа. Все соединения вышли из строя при смятии листа толщиной 2 мм. Каких-либо значимых деформаций отверстий в элементе толщиной 6 мм не обнаружено. В таблице приведена информация по испытаниям всех образцов.

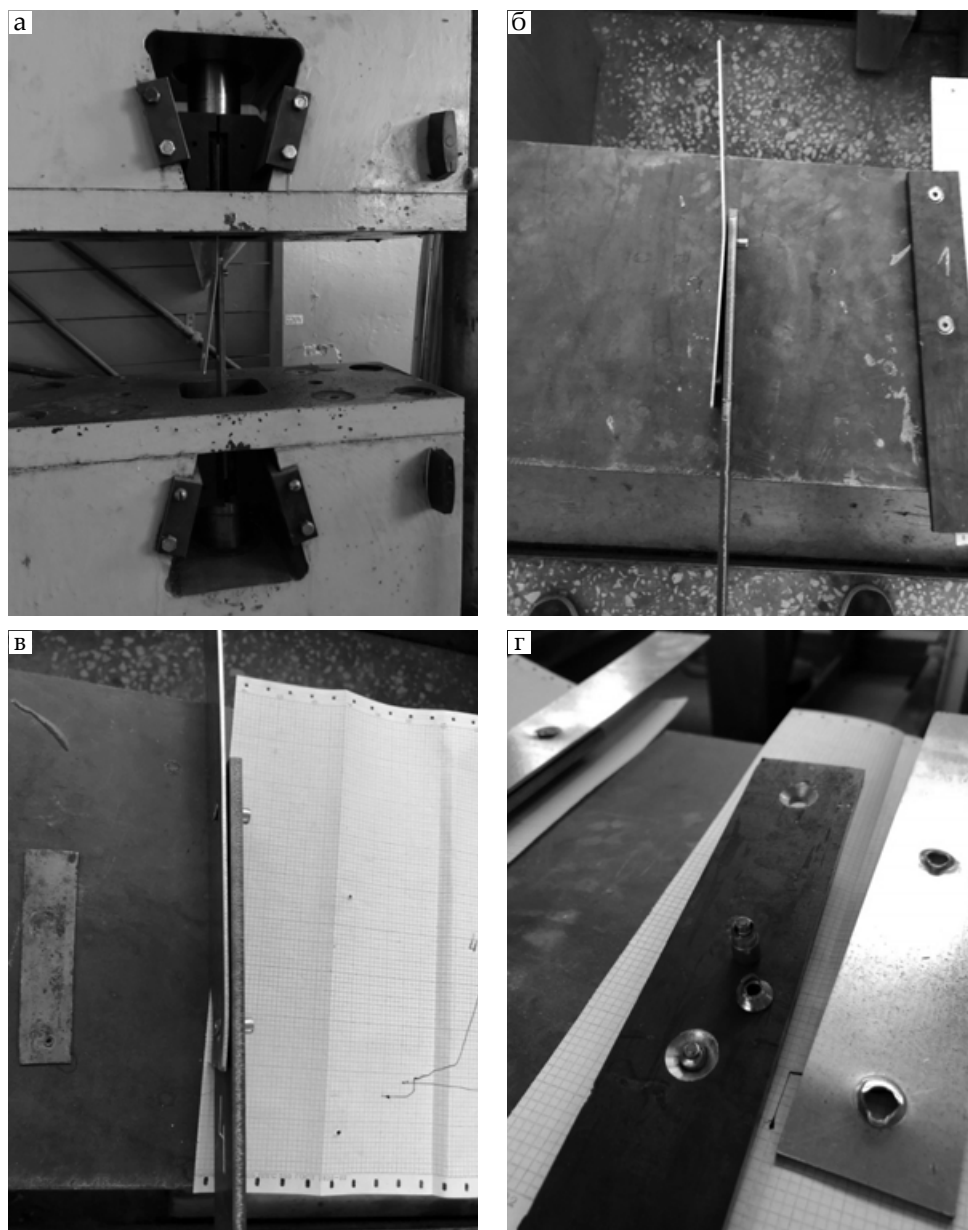


Рис. 4. Фото образцов после испытаний:
а – контрольный образец; б – то же, крупнее; в – образец №4; г – образец №5

Результаты испытаний соединений

№ образца	Диаметр заклепки, мм	Кол-во заклепок n, шт.	Усилие разрушения соединения F, кН	Характеристика разрушения	Примечание
1	6,5	1	9,8	Смятие основного металла	Контрольный образец
2	6,5	2	20,0	Смятие основного металла	
3	6,5	2	19,4	Смятие основного металла	
4	6,5	2	19,8	Смятие основного металла	
5	6,5	2	19,2	Смятие основного металла	Доведен до полного разрушения соединения

По результатам испытаний вычислена несущая способность одной заклепки как среднее арифметическое значение для образцов № 2–4. Данное значение полностью совпало с несущей способностью образца № 1 с одной заклепкой. Нормативная несущая способность одной заклепки составляет:

$$F_{bn} = \frac{\sum F_i}{N \cdot n} = \frac{78,4}{4 \cdot 2} = 9,8 \text{ кН}, \quad (1)$$

где $N = 4$ – количество испытаний.

В СП 260.1325800.2016 для определения несущей способности заклепок на смятие введен коэффициент запаса $\gamma_m = 1,5$, основанный на ограничении пластической деформации 0,5 мм [4]. Коэффициент численно равен соотношению предельного усилия к усилию, при котором деформация смятия равна 0,5 мм. Для более наглядного сравнения результата эксперимента с нормативным значением принят коэффициент запаса $\gamma_m = 1$.

$$F_{b,СП} = \alpha \cdot \frac{R_{un}}{\gamma_m} \cdot d \cdot t =$$

$$= 2,1 \cdot \frac{29,5}{1} \cdot 0,65 \cdot 0,2 = 8,05 \text{ кН}. \quad (2)$$

Расхождение в несущей способности составляет:

$$\Delta = \frac{F_{bn} - F_{b,СП}}{F_{b,СП}} \cdot 100 \% =$$

$$= \frac{9,8 - 8,05}{8,05} \cdot 100 \% = 21,7 \%. \quad (3)$$

Выводы. 1. Соединение ведет себя надежно, так как результаты определения несущей способности двухзаклепочного соединения полностью совпали с однозаклепочным контрольным образцом.

2. Соединения с пуклевкой могут иметь несущую способность на 20 % выше, чем соединения плоских элементов.

3. С целью получения более близких результатов вычисления нормативной несущей способности к экспериментальным, возможно следует устанавливать коэффициент запаса γ_m меньше, чем 1,5. Необходимо отметить, что в работе [4] проводились в основном испытания заклепок диаметром 4,8 мм и образцы имели толщину 0,55±2 мм.

4. Необходимы дальнейшие исследования подобных соединений при различных диаметрах заклепок, толщинах соединяемых листов и т. п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенов В.С., Черных-Раишевский В.С., Токарский А.В. Узловые соединения стальных тонкостенных конструкций. Основные типы, особенности работы // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова. 2015. №4. С. 27–33.

2. Куражова В.Г., Назмеева Т.В. Виды узловых соединений в легких стальных тонкостенных конструкциях // Инженерно-строительный журнал. 2011. №3. С. 47–52.

3. Alpatov V.Yu., Soloviev A.V. Thin-walled profiles and their joint assembly units built with screws: numerical studies of load bearing capacity // Matec Web of Conferences. 2018. №196. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819601008>

4. Катранов И.Г. Несущая способность винтовых и заклепочных соединений стальных тонкостенных конструкций: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. М., 2011. 202 с.

5. Катранов И.Г., Кунин Ю.С. Экспериментальные исследования работы вытяжных заклепок и винтов в соединениях ЛСТК // Наука и безопасность. 2011. №2. С. 62–68.

6. Катранов И.Г., Кунин Ю.С. Вытяжные заклепки в узлах соединений легких стальных тонкостен-

ных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №3. С. 48–50.

7. Катранов И.Г. Безаварийная работа соединенный ЛСТК на вытяжных заклепках и винтах // Наука и безопасность. 2011. №2. С. 57–61.

8. Кунин Ю.С., Катранов И.Г. Оптимизация применения вытяжных заклепок и самосверлящих самонарезающих винтов в соединениях ЛСТК // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2010. №7. С. 35–37.

9. Мысак В.В., Туснина О.А., Данилов А.И., Туснин А.Р. Особенности работы соединений металлических элементов на заклепках различных типов // Вестник МГСУ. 2014. №3. С. 82–91.

REFERENCES

1. V.S. Semenov, I.A. Chernykh-Rashevskii, A.V. Tokarskii. Nodes connected by steel thin-walled structures. Main featureswork analysis of results of experimental studies. *Vestnik Kyrgyzskogo gosudarstvennogo universiteta stroitel'stva, transporta i arhitektury im. N.Isanova* [The Herald of Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture Named after N. Isanov], 2015, no. 4, pp. 27-33. (in Russian)

2. Kurazhova V.G., Nazmeeva T.V. Types of nodal connections of steel thin-walled structures. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal* [Magazine of Civil Engineering], 2011, no. 3, pp. 47-52. (in Russian)

3. Alpatov V.Yu., Soloviev A.V. Thin-walled profiles and their joint assembly units built with screws: numerical studies of load bearing capacity. *Matec Web of Conferences*, 2018, no. 196. Available at: doi.org/10.1051/mateconf/201819601008

4. Katranov I.G. *Nesushchaya sposobnost' vintovyh i zaklepochnyh soedinenij stal'nyh tonkostennyh konstrukcij* [Bearing capacity of screw and rivet joints of thin-walled steel structures. Cand. Diss.] Moscow, 2011. 202 p.

5. Katranov I.G., Kunin Yu.S. Experimental studies of operation of pop-up rivets and screws of LSTK (light steel thin-wall structures). *Nauka i bezopasnost'* [Science and Safety], 2011, no. 2, pp. 62-68. (in Russian)

6. Katranov I.G., Kunin Yu.S. Extracted rivets in junctions of light steel thin-walled structures. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2010, no. 3, pp. 48-50. (in Russian)

7. Katranov I.G. Accident-free operation of LSTK (light steel thin-wall structures) using pop-up rivets and screws. *Nauka i bezopasnost'* [Science and Safety], 2011, no. 2, pp. 57-61. (in Russian)

8. Kunin Yu.S., Katranov I.G. Optimal use of exhaust rivets and self-drilling and self-tapping screws in lsc junction. *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka* [Building materials, equipment, technologies XXI century], 2010, no. 7, pp. 35-37. (in Russian)

9. Mysak V.V., Tushina O.A., Danilov A.I., Tushin A.R. The features of riveted connections of metal elements. *Vestnik MGSU*, 2014, no. 3, pp. 82-91. (in Russian)

Об авторах:

ШИРОКОВ Вячеслав Сергеевич

заведующий лабораторией кафедры металлических и деревянных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: ShirokovViacheslav@gmail.com

СОЛОВЬЁВ Алексей Витальевич

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой металлических и деревянных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: savsmr@rambler.ru

ИГОЛКИН Сергей Алексеевич

технический директор ООО «Электрохолдинг» 443022, Россия, г. Самара, Совхозный проезд, 6

SHIROKOV Viacheslav S.

Head of Laboratory of the Metal and Wood Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: ShirokovViacheslav@gmail.com

SOLOVEV Alexey V.

PhD in Engineering Science, Associate Professor, Head of the Metal and Wood Structures Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: savsmr@rambler.ru

IGOLKIN Sergey A.

Technical Director LLC «Electroholding» 443022, Russia, Samara, Sovhozny str., 6

Для цитирования: Широков В.С., Соловьёв А.В., Иголкин С.А. Испытание соединения на вытяжных заклепках с пуклевкой // Градостроительство и архитектура. 2020. Т. 10, №3. С. 21–25. DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.4. For citation: Shirokov V.S., Solovev A.V., Igolkin A.V. Testing of the Joints on Pop Rivets with Bulge. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2020, Vol. 10, no. 3, Pp. 21–25. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2020.03.4.