ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ВЫТЯЖНЫХ ЗАКЛЕПОК И ВИНТОВ В СОЕДИНЕНИЯХ ЛСТК

Катранов Иван Георгиевич
Аспирант кафедры «Испытания сооружений» Московского государственного строительного университета

Кунин Юрий Саулович
Заведующий кафедрой «Испытания сооружений» Московского государственного строительного университета, профессор, доктор технических наук

Легкие стальные тонкостенные конструкции получают всё большее распространение в строительстве. В область применения ЛСТК входят каркасы зданий, стропильные и ферменные конструкции, подсистемы навесных фасадов с вентилируемым зазором, элементы несъемной опалубки (рис.1).

Профили для ЛСТК изготавливаются из оцинкованного листа толщиной до 4 мм [1, 2] методом гибки на листогибочных машинах и линиях автоматизированного профилирования.

Рис. 1. Область применения ЛСТК

Суммарная масса цинка на двух поверхностях рулонной стали должна составлять не менее 275 г/м^3, что обеспечивает коррозионную стойкость профилей в течение не менее 25 лет при эксплуатации каркаса в условиях неагрессивной или слабоагрессивной среды [3].

Одной из отличительных особенностей ЛСТК является то, что соединения гнутых профилей осуществляются преимущественно с помощью вытяжных заклепок и самосверлящих самонарезающих винтов (рис. 2) [4].

Соединения ЛСТК (рис.3) на вытяжных заклепках и самосверлящих самонарезающих винтах работают на срез либо на растяжение, также возможны случаи комбинированного нагружения. Особенности работы данного нового вида крепежа ввиду интенсивного развития ЛСТК применительно к тонколистовой стали требуют детального изучения.

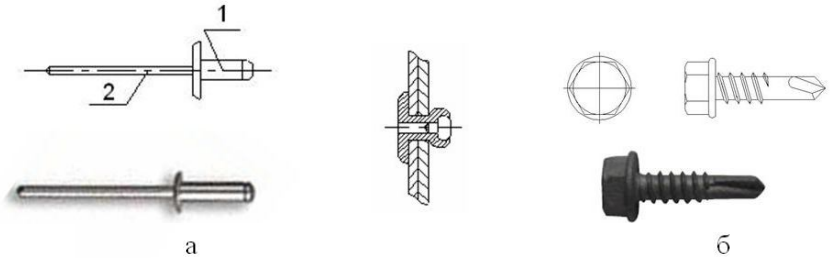

Рис.2. Вытяжная заклепка (а) и самосверлящий самонарезающий винт (б)

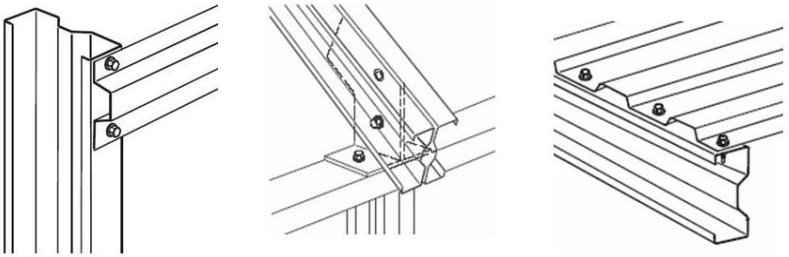

Рис. 3. Узлы ЛСТК

Рассмотрим возможные типы отказов соединений ЛСТК на вытяжных заклепках и винтах (рис. 4 и 5).

Вырыв из листа (разрушение по листу) при работе соединения на растяжение возможен как со стороны формируемой головки заклепки, так и со стороны опорной поверхности бортика [5]. Аналогично и у винтовых соединений, вырыв листа происходит как по резьбе, так и через пресс-шайбу винта.

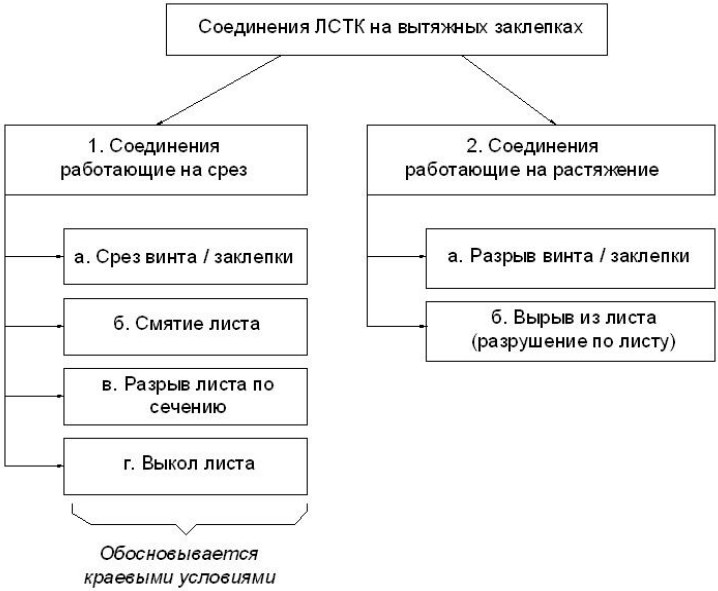

Рис. 4. Типы отказов соединений ЛСТК на вытяжных заклепках и винтах

Целью настоящей работы являлось подробное экспериментальное изучение характера разрушения и работы на срез соединений на вытяжных заклепках и самосверлящих самонарезающих винтах. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры «Испытание сооружений» (МГСУ).

Для испытаний соединений на срез были изготовлены специальные образцы (рис. 6). Каждый образец представлял собой две пластины из оцинкованной стали марки С255, соединенные между собой вытяжной заклепкой или самосверлящим самонарезающим винтом. В соединениях применялись вытяжные заклепки марки Harpoon диаметром 4,8 мм из углеродистой стали марки С 1008 с длиной гильзы, применяемой согласно рекомендациям производителя в зависимости от толщины скрепляемого пакета, и самосверлящие самонарезающие винты Harpoon диаметром 4,8 мм по DIN 7504K. Диаметр крепежных элементов 4,8 мм был выбран как наиболее широко распространенные в ЛСТК (табл. 1).

Ширина образцов *(b)* для испытаний на срез и растяжение принята равной 30 мм, аналогично образцам для испытаний таблицы 15 ГОСТ Р 52246-2004 [2, 6].

Испытания проводились на испытательной машине Instron модели 3382 в комплектации для испытания металлов (рис. 7).

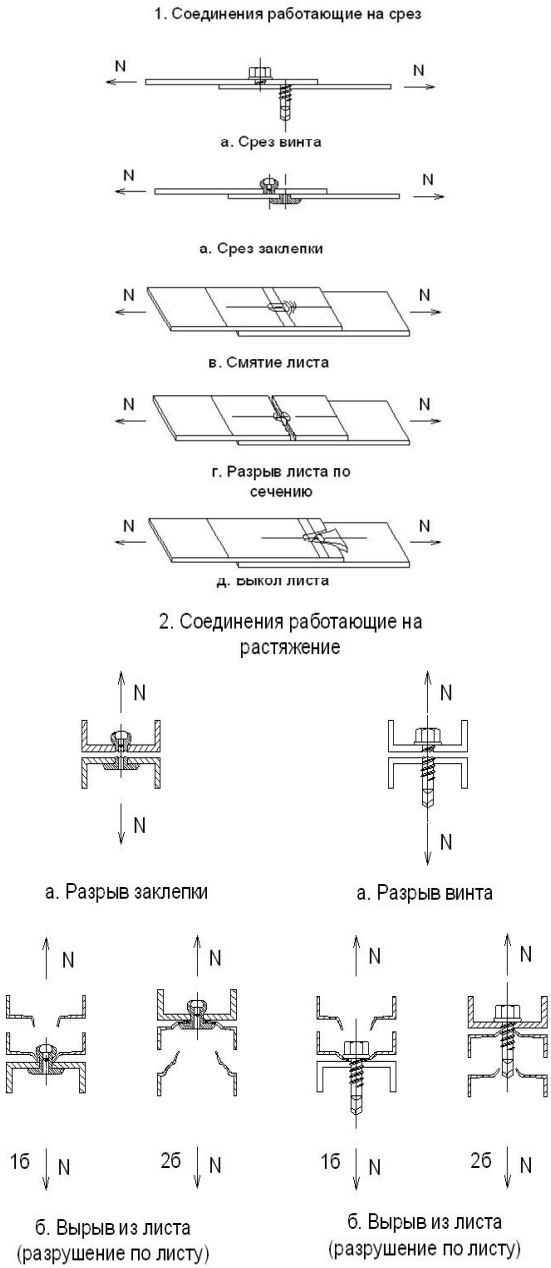

Рис.5. Типы отказов соединений ЛСТК на вытяжных заклепках и винтах

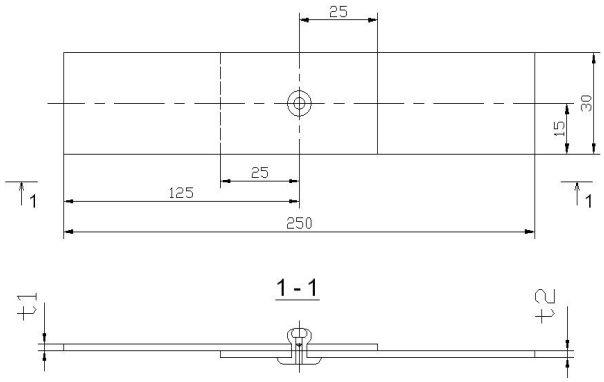

Рис.6. Образец для испытания соединений на срез:
1– вытяжная заклепка; 2 – соединяемые пластины

Таблица 1

Геометрические характеристики крепежных элементов

№ п/п	Крепежный элемент	Размеры, мм					Материал	Стандарт производства
		d	D_k	K	F	L		
1	Вытяжная заклепка Harpoon	4,8	9,5	1,1	5,0	6	St/St	ISO 15979:2002(E)
2	Вытяжная заклепка Harpoon	4,8	9,5	1,1	5,0	8	St/St	ISO 15979:2002(E)
3	Винт самосверлящий самонарезающий Harpoon	4,8	-	-	-	19	St	DIN 7504K

Рис. 7. Образец для испытания соединений на срез

Испытания проводились сериями по три образца каждого типа. Различия в результатах в серии не превышали 10%, что говорит о стабильной работе крепежных элементов и материала пластин, а также хорошем качестве подготовки образцов. Средние результаты по серии представлены в табл.2. На основании полученных результатов построены диаграммы нагрузки/удлинения (рис.8).

На основании полученных результатов и построенных диаграмм возможно сравнить работу вытяжных заклепок и винтов в соединении ЛСТК.

Последовательно рассмотрим процесс работы под нагрузкой соединений на вытяжных заклепках и винтах при разных типах отказа соединения при работе на срез.

Так на начальной стадии диаграммы нагружения соединения на вытяжной заклепке отчетливо наблюдается зона выбора зазоров (А-Б) (рис.9), образованная разницей диаметров вытяжной заклепки и отверстия, выполненного в базовом материале, в то время как в работе соединения на винтах данная зона значительно меньше (А-Б) (рис.10). Переход к упругой стадии работы также происходит стремительней.

Таблица 2

Результаты испытаний образцов на срез

Номер образца	Толщины соединяемых пластин $t_1=t_2$, мм	Тип крепежного элемента	N(max) (kN)	Деформация при N(max), мм	Тип отказа
1,1	0,50	Вытяжная заклепка 4,8 St/St	1818,8	0,98	Смятие материала
1,2	0,70		2630,4	3,96	Смятие материала
1,3	1,00		2822,6	2,58	Срез заклепки
1,4	1,20		2980,0	2,21	Срез заклепки
1,5	1,50		3122,1	1,77	Срез заклепки
1,6	2,00		2987,7	1,71	Срез заклепки
2,1	0,50	Винт самосверлящий самонарезающий 4,8 мм DIN7504K	1210,5	3,04	Смятие материала
2,2	0,70		1791,6	2,57	Смятие материала
2,3	1,00		2943,7	3,20	Смятие материала
2,4	1,20		3988,2	3,12	Смятие материала
2,5	1,50		5134,8	3,73	Смятие материала
2,6	2,00		6709,8	2,82	Срез винта

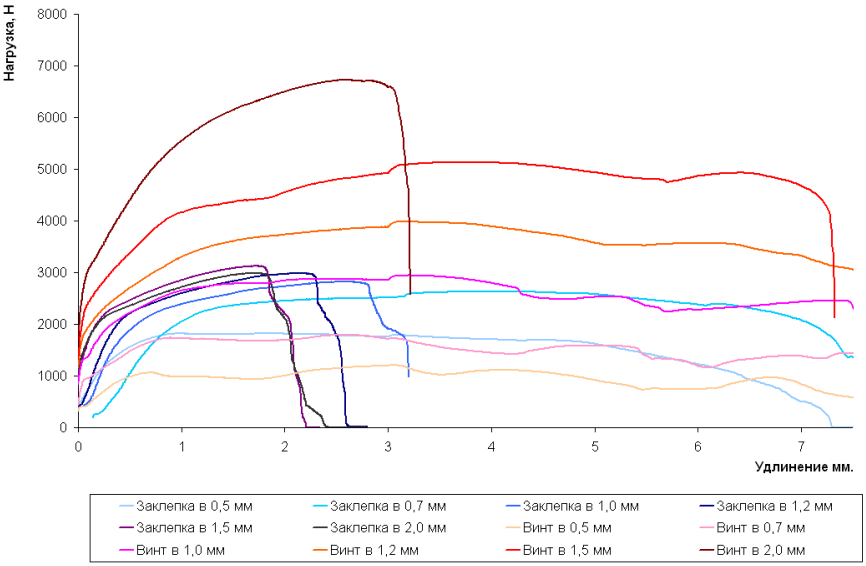

Рис.8. Работа на срез соединений на вытяжных заклепках и винтах

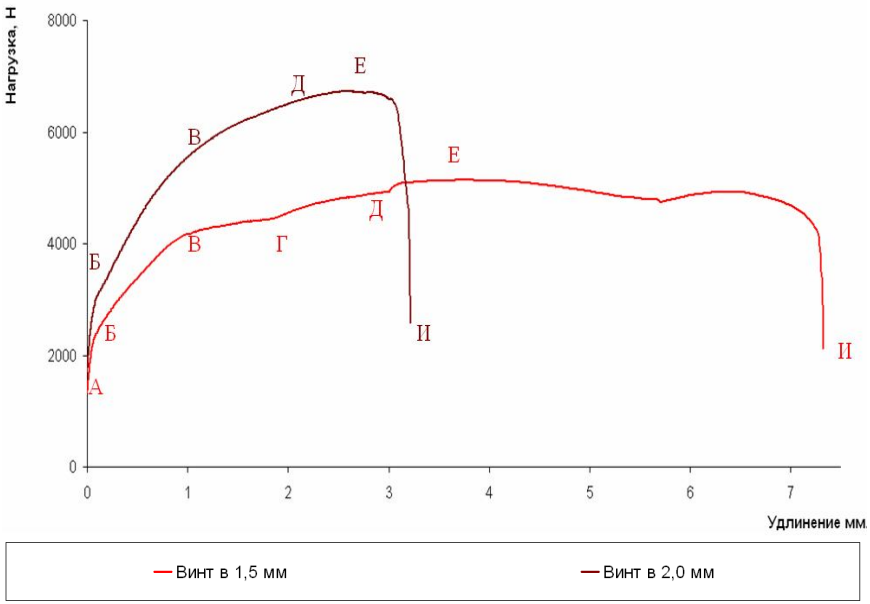

Рис. 9. Сравнение отказа по крепежу и по материалу
на диаграмме нагрузка/удлинение

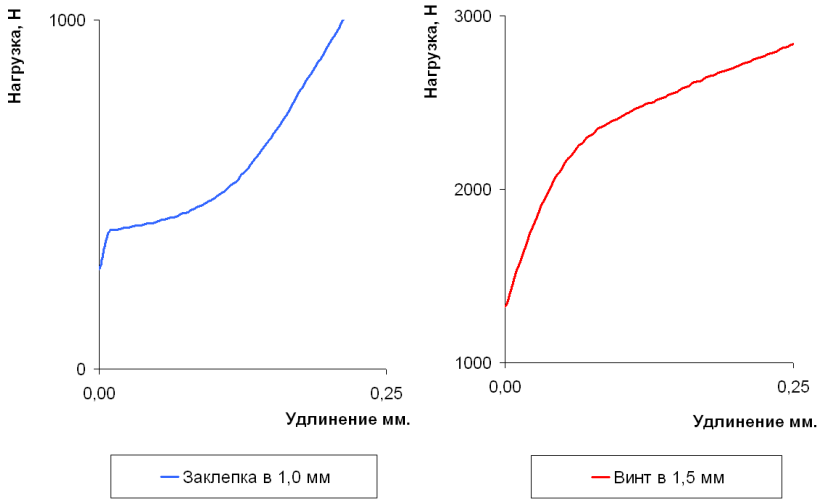

Рис.10. Зона выбора зазоров на диаграмме нагрузка/удлинение

Далее следует стадия упругих деформаций (Б-В). После зоны упругих деформаций при разрушении по материалу следуют площадка текучести (В-Г), переходящая в стадию переупрочнения (Г-Д), смятие листа, достижение предела прочности соединения (Е) и окончательный отказ соединения. В случае разрушения по крепежу четко выраженная площадка текучести практически отсутствует, упругая стадия переходит в стадию переупрочнения с последующим достижением предела прочности.

Необходимо отметить, что при увеличении толщины скрепляемых пластин, стабильность работы соединения возрастает. При соединении тонких пластин особое внимание должно уделяться качественной установке крепежных элементов и подготовке отверстий под вытяжные заклепки.

При отказе по крепежному элементу предел прочности достигается при деформациях в пределах 1,5-3,0 мм, в то время как при отказе по материалу предел прочности в большинстве случаев достигается при 2,5-4,5 мм.

При применении винтов и вытяжных заклепок одинакового диаметра 4,8 мм типы отказов при одинаковых толщинах базового материала различны и связаны с конструктивными особенностями крепежных элементов.

На основании полученных результатов возможно сделать вывод о целесообразности дальнейшего исследования работы соединений ЛСТК для подготовки рекомендаций по проектированию и расчету конструкций.

Библиографический список

1) ГОСТ 14918-80. Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия. – Введ. 1981-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1981.
2) ГОСТ Р 52246-2004. Прокат листовой горячеоцинкованный. Технические условия. – Введ. 2004-05-09. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004.
3) Айрумян Э.Л., Камынин С.В., Каменщиков Н.И. Журнал "СтройПРОФИль". 2005. №1 (39).
4) Катранов И.Г. Винты в соединениях легких стальных тонкостенных конструкций. Ассортимент и область применения // Журнал «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века». 2010. №3 (134).
5) Кунин Ю.С., Катранов И.Г. Вытяжные заклепки в метизных соединениях легких стальных тонкостенных конструкций. Ассортимент и область применения: Сборник научных трудов Института строительства и архитектуры. 2009.
6) Айрумян Э.Л., Камынин С.В., Ганичев С.В. Вытяжные заклепки или самонарезающие винты // Журнал "Монтажные и специальные работы в строительстве». 2009. №3.