

Лисов С.В., Дмитриев П.П., Калинин С.В.
Оренбургский государственный университет
E-mail: organ-2003@bk.ru

АНАЛИЗ СПОСОБОВ СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНОГО ПРОФИЛИРОВАННОГО ЛИСТА С ДЕРЕВЯННЫМ КАРКАСОМ

Обобщён и проанализирован накопленный опыт конструкторских разработок, проведённых отечественными и зарубежными авторами в области соединений деревянных элементов каркаса со стальной тонколистовой обшивкой. Отмечены основные достоинства и недостатки соединений. С учетом критического анализа известных способов соединения разработано новое конструктивное решение соединительного элемента, позволяющего упростить сборку конструкции и повысить надёжность и жесткость соединения.

Ключевые слова: стальная тонколистовая обшивка, профилированный лист, деревянный каркас, деревометаллическая балка, соединительный элемент.

В современных условиях проблема снижения материалоемкости строительных конструкций приобретает особую остроту. Одним из путей экономии материалов в строительстве является разработка и применение конструкций из разномодульных материалов в виде блоков, плит покрытий, стеновых панелей, блочных конструкций. Положительный результат от применения подобных конструкций был известен уже в 50-ые годы, когда отечественные и зарубежные строители стали сочетать в одном строительном элементе стальные плоские или профилированные листы и деревянный каркас. Помимо экономии материалов, получаемой в результате включения деревянных каркасов в совместную работу с тонкими стальными листами, существенное снижение стоимости строительства достигается при применении гидроизоляционного покрытия из стального профнастила за счет исключения кровельных работ, как правило необходимых при использовании традиционных деревянных конструкций.

В настоящее время в России разработкой и исследованием облегченных конструкций, сочетающих в себе разномодульные материалы, занимаются научно-исследовательские институты и высшие учебные заведения, такие как ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, Московский государственный строительный университет, Санкт-Петербургский ГАСУ, Владимирский государственный университет, Новосибирский ГАСУ (Сибстрин), Оренбургский государственный университет, Пензенский ГУАС, Самарский ГАСУ, Сибирский федеральный университет (г. Красноярск), Томский ГАСУ.

Наиболее характерным примером строительного несущего элемента на основе стального

профилированного листа и деревянного каркаса можно считать деревометаллическую балку, предложенную в Оренбургском государственном университете (рис. 1). Предложенная конструктивная форма отличается от известных аналогов низкой материалоемкостью, стоимостью и более полным использованием прочностных свойств каждого из применённых материалов [1, 2], при этом она сохраняет в себе основные достоинства конструкций из мономатериалов.

Совместность работы и степень включения в общую работу стальных профилированных листов напрямую зависит от способа их соединения с деревянным каркасом. При выборе типа соединительных элементов необходимо учитывать комплекс условий, в частности, простоту и трудоёмкость изготовления, производственные возможности изготовителя, наличие методики расчёта и конструирования для рассматриваемого случая, условия эксплуатации конструкции и т.п. Выбор и конструирование узловых соединений элементов пространственных конструкций отражается не только на целостности и надёжности всей системы, но и на конечном ком-



Рисунок 1. Общий вид деревометаллической балки со стенками из стальных профилированных листов с ориентацией гофров вдоль поясов

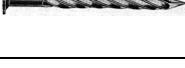
мерческом результате. Ошибки, допущенные при проектировании, могут привести к чрезмерным затратам на изготовление из-за усложнённой сборки конструкций и привести к их неправильной работе. Поэтому столь важно рассматривать выбор узловых соединений комплексно, со всех позиций, уделяя им особое внимание.

Эффективное включение тонкой стальной обшивки в общую работу балочной конструкции возможно лишь при надёжном соединении металла и древесины. Такое соединение, как в России, так и за рубежом, чаще всего обеспечивается различного рода гвоздями, самонарезающими винтами, дюбелями-гвоздями (таблица 1). В отечественном строительстве наибольшее применение для рассматриваемого случая нашли гвозди строительные по ГОСТ 4028-63, гвозди кровельные по ГОСТ 4030-63, самонарезающие винты по ТУ 67-269-79 и дюбели-гвозди по ТУ 14-4-1231-83.

Наиболее простым и широко распространённым способом соединения является гвоздевой забой (рис. 2). Следуя правилам расстановки гвоздей, легко обеспечить надёжное сопряжение стальной тонколистовой обшивки с деревянными элементами, в результате чего достигается их совместная работа. Гвозди забивают в массив древесины через тонколистовую обшивку при помощи гвоздебойных пистолетов или молотка, выполняя, при необходимости, предварительную рассверловку отверстий в стальном настиле меньшим диаметром, чем диаметр гвоздя. Количество связей в соединении определяется путем соответствующего расчёта на восприятие

сдвигающих усилий. При этом забитые гвозди должны иметь и достаточную несущую способность на выдергивание, которое может возникнуть в случае потери устойчивости листа в зоне забивки гвоздя, т.е. при конструировании рассматриваемого типа соединения на гвоздях не-

Таблица 1. Типы стальных связей для соединения тонколистовой обшивки с деревянными элементами

1.		6.	
2.		7.	
3.		8.	
4.		9.	
5.		10.	

1-5 – гвоздь строительный по ГОСТ 4028-63; 2 – гвоздь кровельный с широкой шляпкой по ГОСТ 4030-63; 3, 4 – гвозди ершовые (гребенчатые) по DIN 68163; 5, 6 – гвозди винтовые по ТУ 14-4-1161-03; 7 – самонарезающий винт с круглой головкой; 8 – самонарезающий винт с плоской конической головкой; 9 – самонарезающий винт с герметизирующей прокладкой и шайбой по ТУ 67-269-79; 10 – дюбель - гвоздь по ТУ 14-4-1231-83

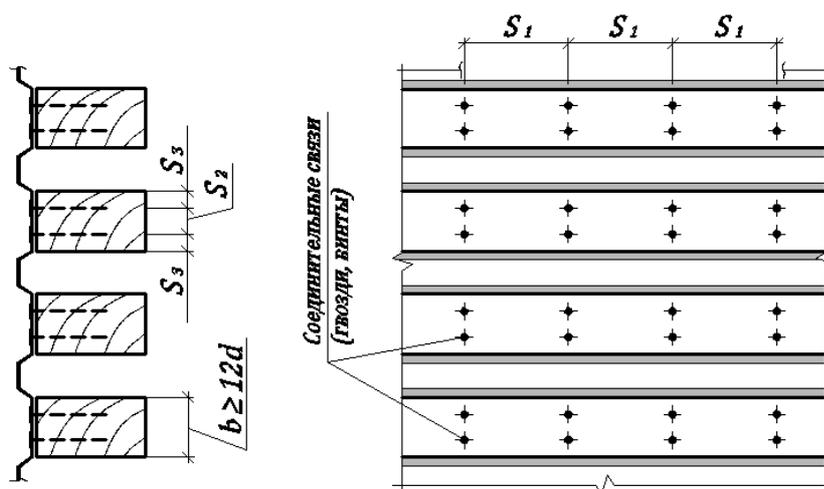


Рисунок 2. Вариант расстановки гвоздей (винтов) в соединении профилированного листа с деревянным каркасом

обходимо искать оптимальное сочетание между диаметром гвоздя и глубиной его внедрения в массив древесины. Заметим, что до настоящего времени в нормативной литературе отсутствуют сведения, необходимые для проектирования рассматриваемых соединений. Указания строительных норм [3] по расчёту гвоздей в соединениях деревянных элементов на металлических накладках здесь не применимы, в частности, из-за малой толщины листов.

Нормативными документами регламентируется расчётная несущая способность самонарезающих винтов в соединениях стальных тонколистовых обшивок с деревянными элементами. Однако, данные о несущей способности и деформативности самонарезающих винтов, используемых для соединения стальных тонколистовых обшивок с элементами деревянных конструкций, в нормативной литературе, к сожалению, отсутствуют. Также отсутствуют и чёткие указания по технологии выполнения таких соединений (величины крутящих моментов при постановке винтов, диаметры отверстий, рассверливаемые под винты и др.). Отметим, что самонарезающие винты в сравнении с гвоздями отличаются существенно большей несущей способностью на выдергивание. С другой стороны, при их применении трудоемкость изготовления конструкции при их применении, в сравнении с гвоздевым сопряжением, увеличивается в 1,2...1,3 раза.

Использование дюбель-гвоздей для выполнения креплений стальной тонколистовой обшивки к деревянным элементам представляется целесообразным из-за простоты и относительно малой трудоемкости их выполнения. Однако, из-за относительно высокой стоимости патронов, пристрелку дюбелей нельзя признать достаточно дешёвой технологической операцией. В связи с этим авторами предложено оригинальное приспособление для забивки нескольких дюбелей одним выстрелом [4] с рассмотрением вариантов увеличения несущей способности забитых дюбелей, что достигается при помощи объединения дюбелей общей шайбой (рис. 3, 4). Несущая способность при этом повышается за счёт заземления дюбелей в относительно толстых шайбах. Габаритные размеры шайб (и их очертания) определяются количеством дюбелей, требованиями норм в части расстановки гвоздей и типом применённого листа.

Как видно из рисунка 4 б, шайба усиления имеет зубья, выштампованные по её краям при изготовлении, и отверстие в центре диаметром, равным диаметру дюбеля, на который она надевается. При забивке дюбеля зубья шайбы прокалывают металл листа и при восприятии сдвигающих усилий работают совместно с дюбелем, что и обуславливает увеличение несущей способности соединения.

Отметим, что дюбели по ТУ 14-4-1321-83 изготавливают из высокопрочной стали, за счёт чего их цена значительно превышает цену строительных или кровельных гвоздей за штуку. Также дюбели обладают большой изгибной жёсткостью, которая практически не используется в рассматриваемом типе соединения, так как его разрушение происходит либо от смятия древесины, либо от смятия тонкого металла листа. Забивка дюбелей в древесину ручным способом является достаточно трудоёмким процессом, а в случае их пристрелки при помощи монтажных пистолетов (типа ПЦ-84) со стандартным набором патронов очень трудно контролировать глубину забивки и исключить прорыв листа при выстреле. Кроме этого, из-за относительно высокой стоимости патронов пристрелку дюбелей нельзя признать достаточно дешёвой технологической операцией.

Вышеприведённые доводы позволяют констатировать, что применение дюбелей в соединениях профилированного листа с деревянным каркасом целесообразно только в наиболее ответственных зданиях и сооружениях, когда требуется применить конструкции с повышенной жёсткостью. В других случаях предпочтение следует отдавать гвоздям и самонарезающим винтам.

Рассматривая соединения на гвоздях, самонарезающих винтах и дюбелях, авторами предложены соответствующие формулы, позволяющие определить несущую способность связей как наименьшую величину из трёх условий:

– из условия смятия древесины гнезда (на один условный срез):

$$T_{см.сп.} = K_c 1dR_{см.сп.}(H), \quad (1)$$

– из условия изгиба связи (на один условный срез):

$$T_{и.сп.} = K_u 1d^2 \sqrt{R_{см.сп.}R_T}(H), \quad (2)$$

– из условия овализации отверстий в профилированном листе:

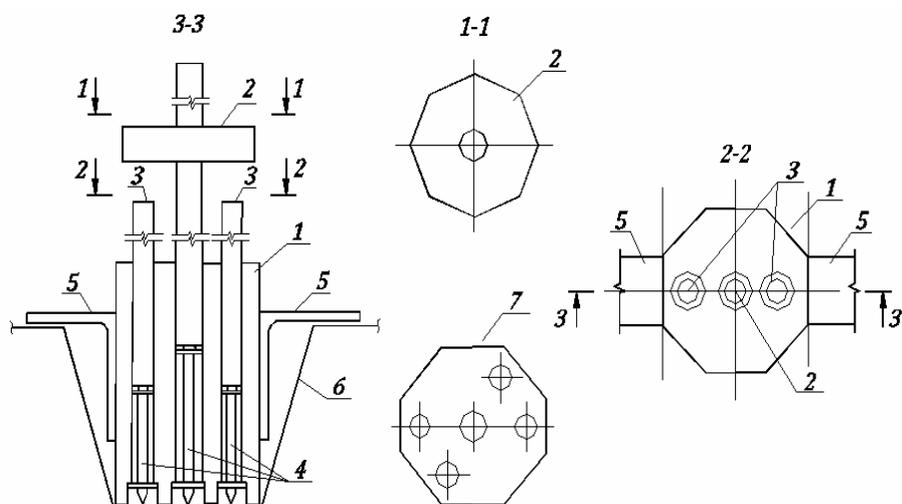
$$T_{o.вр.} = KR_{dp}dt\gamma_c (H), \quad (3)$$

где l – расчётная длина связи (гвоздя, дюбеля), см; d – диаметр связи, см; $R_{см}$ – расчётное сопротивление древесины смятию в отверстии, МПа; R_m – расчётное сопротивление стали связи, МПа; R_{dp} – расчётное сопротивление стального профлиста, МПа; K_c, K_w, K_d – коэффициенты, определённые экспериментальным путём. Обратим внимание на простоту предложенных формул, адекватность которых подтверждена экспериментальными методами.

Рассмотренными вариантами соединения стальных профилированных листов с деревянным каркасом не исчерпываются возможности

их совершенствования. Например, представляется целесообразным повысить несущую способность гвоздевого соединения за счёт придания гвоздям рациональной формы. Оптимальным для рассматриваемого случая является применение специальных, термически обработанных гвоздей со специальной заточкой острия, рассчитанных на забивку пневматическим или электрическими пистолетами без предварительной рассверловки отверстий в листе. Вариант такого гвоздя показан на рисунке 5а.

Эффективным способом соединения профилированного листа и деревянного каркаса, по мнению авторов, может оказаться применение стальных П-образных скоб (рис. 5б). Кон-



1 – корпус; 2 – ударник; 3 – бойки; 4 – дюбели; 5 – фиксирующие уголки; 6 – стальной профилированный лист; 7 – вариант для забивки 5-ти дюбелей

Рисунок 3. Приспособление для забивания нескольких дюбелей монтажным пистолетом при помощи одного выстрела



а)



б)

Рисунок 4. Варианты повышения несущей способности дюбелей при помощи общей шайбы (а) или дополнительной зубчатой шайбы (б)

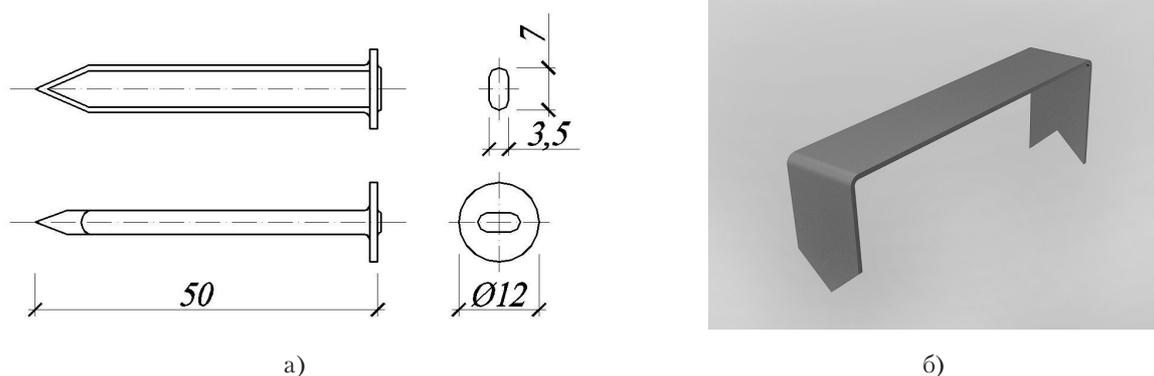


Рисунок 7. Предлагаемые приёмы увеличения несущей способности гвоздей с помощью придания им более рационального поперечного сечения (а) и П-образной формы (б)

струкция скобы представляет собой стальную полосу, загнутую с двух сторон, причём оба загнутых конца заострены.

Толщина полосы, длина и ширина скобы, а также длина загнутых частей варьируются в зависимости от требуемых условий по несущей способности соединения. Полка скоб, вплотную примыкая к профилированному листу, позволяет снизить вероятность потери устойчивости стенки в области примыкания к сжатому поясу. Изготовление скобы технологически достаточно просто и не требует специального оборудования. Из расчёта подбираются геометрические размеры и толщина листа будущей скобы. Затем полосу пропускают через обычную гильотину и под углом 45° производят рез на требуемом расстоянии.

Для ускорения процесса можно предусмотреть кондуктор. Далее заготовка отправляется на листогибочный станок, где приобретает требуемую П-образную форму. Процесс производства П-образных скоб и их забивки в массив древесины можно легко автоматизировать, применив принцип канцелярского степлера.

Несомненно, что предлагаемые усовершенствованные способы соединения стального профилированного листа с деревянным каркасом требуют детального экспериментально-теоретического исследования, результатом которого должны быть практические рекомендации по их конструированию и расчету, внедренные в оте-

чественные нормативные документы. Такие исследования в настоящее время проводятся на кафедре строительных конструкций Оренбургского государственного университета.

Выводы

1. Предлагаемые технические решения конструктивных элементов для соединения профилированного листа с деревянным каркасом, полученные как результат синтеза достоинств и положительных качеств известных способов соединения при одновременном преодолении выявленных недочётов, позволяют:

- упростить сборку конструкции за счёт возможности автоматизации соединения профилированного листа с деревянным каркасом как на стройплощадке так и в условиях их массового заводского производства;

- повысить надёжность соединения в целом за счёт жёсткого крепления соединительного элемента в массиве древесины и включения его плоских участков в общую работу конструкции.

2. Для внедрения предложенных способов соединения стального профилированного листа с деревянным каркасом в практику отечественного и зарубежного строительства необходим комплекс экспериментально-теоретических исследований, направленных на изучение фактического напряженно-деформированного состояния узлов соединения с оценкой их прочности, жесткости и эксплуатационной надежности.

13.04.2013

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.U02.21.0129

Список литературы:

1. Жаданов В.И., Калинин С.В. Деревометаллические балочные конструкции со стенкой из стального профилированного листа. - Известия вузов. Строительство, 2012, №6. - с. 90-96.
2. Жаданов В.И., Калинин С.В. Экспериментальные исследования дерево-металлических балок со стенкой из стального профилированного листа при поперечном изгибе. - Вестник ТГАСУ, 2012, №3. - с. 117-125.
3. СП 64.13330.2011. Деревянные конструкции. Актуализированная версия СНиП II-25-80. ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко – институт ОАО «НИИЦ «Строительство». М.: 2011. – 87 с.
4. Дмитриев П. П. Комплексные конструкции на основе древесины с профилированными обшивками: автореф. дис. канд. техн. наук / П. П. Дмитриев. – Новосибирск, 1995. – 21 с.

Сведения об авторах:

- Лисов Сергей Вячеславович**, преподаватель кафедры строительные конструкции
Оренбургского государственного университета, e-mail: lisoff@bk.ru
- Калинин Сергей Владимирович**, преподаватель кафедры строительные конструкции
Оренбургского государственного университета, e-mail: bibis@rambler.ru
460018, г. Оренбург, пр-т Победы 13, ауд. 3137, тел. (факс): (3532) 912123
- Дмитриев Пётр Петрович**, директор ООО «Инженерные конструкции и архитектура»,
г. Новосибирск, e-mail: dpr.dpr@rambler.ru
630091, г. Новосибирск, ул. Урицкого, 12, офис 45, тел. (факс): (383) 3591405

UDC 624.011.2

Lisov S.V., Dmitriev P.P., Kalinin S.V.

Orenburg state university, e-mail: organ-2003@bk.ru

ANALYSIS OF WAYS OF CONNECTION STEEL PROFILED LEAF WITH THE WOODEN FRAMEWORK

The saved up experience of the design development which has been carried out by domestic and foreign authors in the field of connections of wooden elements of a framework with a steel thin-sheet covering is generalized and analysed. The main merits and demerits of connections are noted. Taking into account the critical analysis of known ways of connection the new constructive solution of the connecting element, allowing to simplify assembly of a design and to increase reliability and rigidity of connection is developed.

Key words: steel thin-sheet covering, profiled leaf, wooden framework, woodmetal beam, connecting element.

Bibliography:

1. Zhadanov V.I., Kalinin S.V. Woodmetal beam construction with a wall from steel profiled sheet. - News high school. Building, 2012, №6. - p. 90-96.
2. Zhadanov V.I., Kalinin S.V. Experimental researches woodmetal beam with a wall from steel profiled sheet at a cross bend. - Bulletin TSABU, 2012, №3. - p. 117-125.
3. SP 64.13330.2011. Wood construction. Actualization version II-25-80. CNIIISK of V.A. Kucherenko – institute OAO «Research center «Building». M.: 2011. – 87 p.
4. Dmitriev P.P. Complex construction on the basis of wood with profiled coverings: abstract dissertation candidate of technical sciences / P.P. Dmitriev. – Novosibirsk, 1995. – 21 p.