

УДК 624.011

DOI:10.25686/2542-114X.2019.3.59

## УЗЛОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ФЕРМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ВКЛЕЕННЫХ ПЛОСКИХ СТЕРЖНЕЙ

**И. И. Лисицкий, В. И. Жаданов**

*Оренбургский государственный университет, г. Оренбург*

Применение новых видов соединительных элементов в узлах сквозных конструкций из цельной древесины позволяет повысить их несущую способность и эксплуатационную надежность. Соответственно расширяется область применения и увеличивается номенклатура конструкций из цельной древесины. Развитие этого направления актуально для регионов, в которых отсутствуют заводы, выпускающие продукцию из клееной древесины. Предложен новый вид соединительного элемента для узлов сквозных конструкций из цельной древесины в виде стальных плоских клеенных стержней. Вклеиваемую часть таких стержней необходимо дополнительно обрабатывать для увеличения адгезии по слою «клеевая композиция-металл». Предложено такую обработку проводить путем устройства на поверхности стержней профрезерованных наклонных пазов или при помощи сверления сквозных отверстий. Описаны требования к рекомендуемым материалам для изготовления узловых соединений – древесина, металл стержней, клеевая композиция. Рассмотрены возможные пути унификации рассматриваемого класса узлов на основе соединительных элементов в виде клеенных стержней на примере сборно-разборного соединения, работающего на растяжение, и опорного узла треугольной цельнодеревянной фермы.

Приведены особенности предложенного способа соединения растянутых элементов в ферменной конструкции на основе стальных клеенных плоских стержней, который обеспечивает упрощение конструкции узла и его монтажа, создает универсальное сборно-разборное узловое соединение, обеспечивающее равнопрочность узловых элементов цельнодеревянному нижнему поясу с сохранением его габаритов, повышает жесткость соединения. Рассмотрен способ соединения в сборно-разборном варианте. По своей конструкторской сути предложенное узловое сборно-разборное соединение деревянных стержней включает вставленные в пропилы балок стальные пластины (стержни), скрепленные с древесиной посредством клея, стальные закладные детали, болты специальные с разноименной резьбой на разных концах одного болта.

Показана целесообразность применения стальных клеенных плоских стержней в опорных узлах ферм, что позволяет обеспечивать их требуемую несущую способность и высокую жесткость. В таких узлах до их сборки ребра опорных башмаков приваривают к вклеиваемым плоским стержням и затем производят непосредственную вклейку этих стержней в массив древесины. Результаты экспериментальных исследований подтвердили высокую эксплуатационную надежность разработанного опорного узла, в том числе при действии длительных нагрузок. Полученные данные позволили предложить и запатентовать усовершенствованную конструкцию опорного узла, который включает в себя вклеиваемые плоские стержни, стальную опорную плиту, стальную обойму, выполненную, например, из профильной трубы, продольные пазы, расположенные в нижнем поясе для вклеивания в них стержней. Предложенное конструктивное решение обеспечивает более равномерную передачу нагрузки по длине пластин.

Проанализированы преимущества предложенных принципиальных конструктивных решений узлов сквозных конструкций, определена область их применения.

*Ключевые слова:* цельнодеревянные фермы; узловое соединения; клеенный плоский стержень; древесина; сталь; клеевая композиция; повышение несущей способности и жесткости; новые конструкции узлов.

**Введение.** В настоящее время развитие клееных деревянных конструкций обусловило

снижение объемов применения сквозных конструкций из цельной древесины ввиду нецеле-

сообразности их использования из-за недостаточной несущей способности. Однако этот недостаток вызван не столько характеристиками древесины как конструкционного материала, а обусловлен несовершенством большей части известных и применяемых типов их узловых соединений, выполненных с применением традиционных типов стальных связей в виде гвоздей, винтов, нагелей, разнообразных зубчатых пластин и шпонок [1-4]. В то же время ферменные конструкции из цельной древесины сохраняют свой потенциал и могут быть эффективно применены при перекрытии пролетов до 24 м. Развитие и совершенствование типов и конструкций узловых соединений ферм из цельной древесины невозможно без применения новых типов соединительных элементов, которые были бы технологичными и по возможности универсальными. Кроме того, повышение технических и эксплуатационных характеристик сквозных конструкций

напрямую связано с качеством изготовления как самих деревянных элементов, так и их узловых соединений.

**Объект исследования** – узловые соединения сквозных цельнодеревянных конструкций с применением клеенных плоских стержней.

**Цель исследования** – разработка новых типов узловых соединений деревянных элементов на клеенных плоских стержнях применительно к ферменным конструкциям.

**Методика исследования.** В качестве примеров рассмотрены конструкции стыка растянутого нижнего деревянного пояса (узел 1 на рисунке 1) и опорного узла треугольной цельнодеревянной фермы пролетом 12 м (узел 2). Исследования были направлены на поиск рациональных конструктивных решений узлов сквозных цельнодеревянных конструкций с повышенной несущей способностью и жесткостью в сравнении с известными отечественными и зарубежными аналогами.

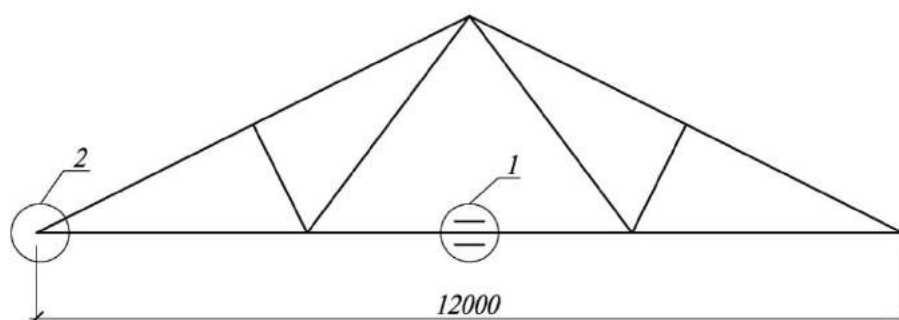


Рисунок 1. Геометрическая схема фермы пролетом 12 м: 1 – стык нижнего пояса; 2 – опорный узел

Конструирование предлагаемых типов соединений велось с учетом рекомендаций, выполненных по результатам предшествующих исследований [5]. Для разрабатываемых типов узлов были применены стальные плоские стержни, у которых клеиваемая часть дополнительно обрабатывалась для увеличения адгезии по слою «клеевая композиция-металл». Обработка заключалась в устройстве на поверхности стержней наклонных пазов путем фрезерования или в сверлении сквозных отверстий. Технологические параметры такой обработки, её преимущества перед традиционной обработкой клеиваемой части плоских стержней в виде механической накатки или

насечки исследованы ранее и опубликованы в статье [6]. Также при проведении конструкторских разработок учитывались требования СП 64.13330.2017 в части определения размеров поперечных сечений элементов фермы, СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» и требования «Руководства по обеспечению долговечности деревянных клееных конструкций при воздействии на них микроклимата зданий различного назначения и атмосферных факторов».

Для соединяемых деревянных элементов приняты брусья цельного сечения, качество которых соответствует ГОСТ 8486 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические усло-

вия» и ГОСТ 24454 «Пиломатериалы хвойных пород. Размеры», а также дополнительным требованиям по приложению Б СП 64.13330.2017. В качестве материала клеиваемых стержней применена сталь Ст3 обыкновенного качества группы поставки «А» с пределом текучести не менее 220 МПа. Изготовление плоских стержней предусмотрено из полосового горячекатаного проката по ГОСТ 103-2006 «Прокат сортовой стальной горячекатаный полосовой». Применение марки стали с более высоким пределом текучести нецелесообразно, так как в этом случае не полностью используются прочностные свойства стали. Для клеивания стержней предусмотрен клей на базе эпоксидной смолы ЭД20 с наполнителем – молотым песком (маршалитом) или цементом.

Рассматриваемые типы соединений элементов деревянных конструкций на стальных клеенных плоских стержнях можно применять в конструкциях из цельной древесины, эксплуатируемых в условиях, соответствующих классам 1 и 2, согласно классификации, приведенной в таблице 1 СП 64.13330.2017. При дополнительном проведении исследований на температурно-влажностные воздействия область применения предложенного типа соединений может быть расширена.

**Результаты исследований.** Существует множество типов соединений элементов из цельной древесины [7-9], но мало разработано универсальных соединений, которые могли бы применяться повсеместно в узлах сквозных конструкций, обеспечивая при этом требуемую степень прочности и жесткости.

В качестве универсального соединительного элемента для узлов сквозных конструкций из цельной древесины предложен плоский стержень, клеиваемый в пазы и соединяющий элементы, при необходимости, под разными углами. Узлы с такими соединительными элементами обладают высоким потенциалом для дальнейших исследований с целью повышения несущей способности и жесткости. Значительно упрощается процесс конструирования соединений, облегчается задача центрации элементов в узлах.

С целью создания универсального сборно-разборного узла на базе кафедры «Строительные конструкции» Оренбургского государственного университета проведена разработка принципиально нового типа соединения двух элементов из цельной древесины, причем предлагаемый способ соединения применим как при сращивании, так и при сплачивании, а также при незначительной модернизации для соединения деревянных элементов под углом друг к другу (рис. 2). Такое соединение имеет также большой потенциал при использовании в перекрестно-балочных системах. По результатам проведенных разработок была оформлена заявка и получен патент на изобретение [10], которое относится к области строительства и может быть использовано при соединении деревянных элементов в решетчатых плоских и пространственных конструкциях. В рассматриваемой ферменной конструкции такой узел может быть применен в узле 1 (см. рис. 1).

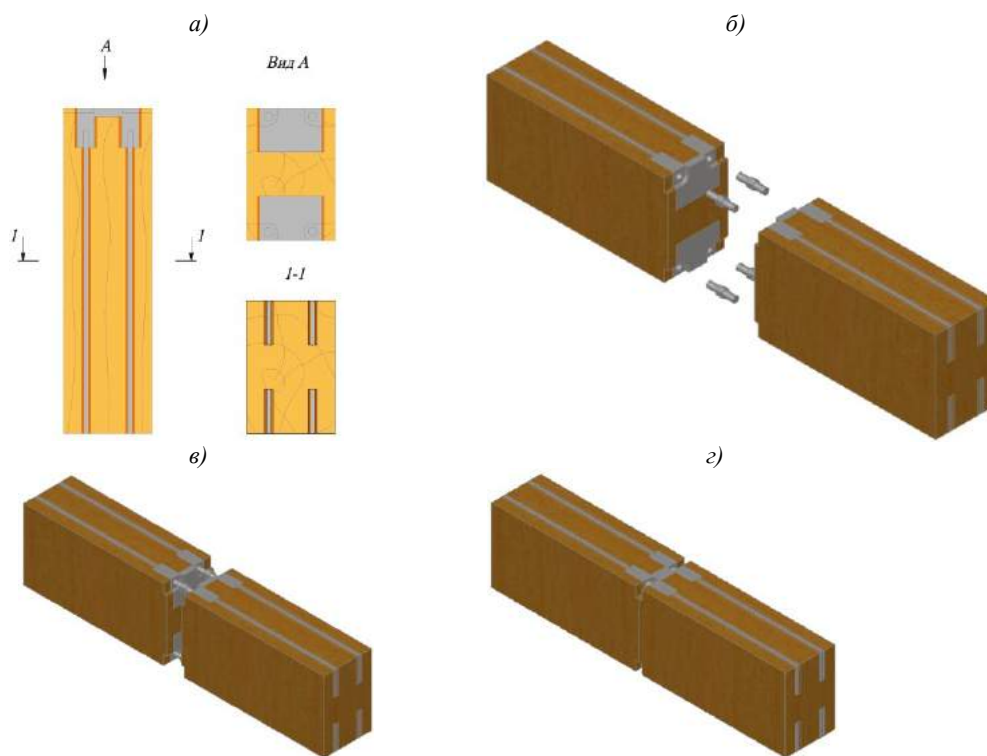
Разработанный способ соединения растянутых элементов в ферменной конструкции на основе стальных клеенных плоских стержней обеспечивает упрощение конструкции узла и его монтажа, создает универсальное сборно-разборное узловое соединение, обеспечивающее равнопрочность узловых элементов цельнодеревянному нижнему поясу с сохранением его габаритов, повышает жесткость соединения. Немаловажным фактом является то, что соединения могут быть выполнены в сборно-разборном варианте.

По своей конструкторской сути предложенное узловое сборно-разборное соединение деревянных стержней включает вставленные в пропилы балок стальные пластины (стержни), скрепленные с древесиной посредством клея, стальные закладные детали, болты специальные с разноименной резьбой на разных концах одного болта. При растяжении болты, вкрученные в стальные закладные детали, воспринимают растягивающие усилия, передаваемые через стальные клеенные плоские стержни. При сжатии контактные поверхности стальных закладных деталей, а также деревянные части торцов воспринимают сжимающие усилия и перераспределяют по древесине. При изгибе

болты растянутого пояса воспринимают растягивающие усилия, передаваемые через стальные вклеенные стержни, а усилия сжатия воспринимаются контактными поверхностями

стальных закладных деталей и перераспределяются по древесине.

Натурный образец в разобранном и собранном виде представлен на рисунке 3.



**Рисунок 2. Узловое сборно-разборное соединение на стальных вклеенных пластинах:**

*а* – общий вид стыкуемого элемента; *б* – два элемента, подготовленные к соединению;

*в* – процесс соединения двух элементов; *г* – узел в сборе

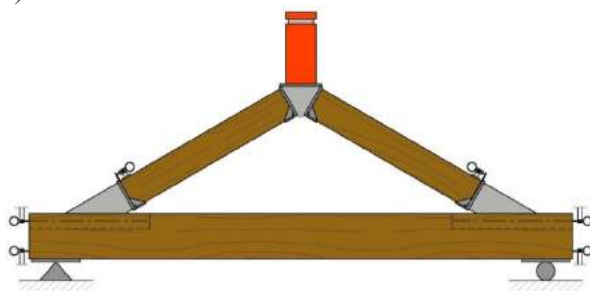


**Рисунок 3. Узловое сборно-разборное соединение (натурная модель):**

*а* – два стыкуемых элемента; *б* – конструкция в сборе

Представляется целесообразным также применение стальных клеенных плоских стержней в опорных узлах ферм (узел 2 на рисунке 1), что позволяет обеспечивать их требуемую несущую способность и высокую жесткость. В таких узлах, как правило, до их сборки ребра опорных башмаков приваривают к клеиваемым плоским стержням и затем производят непосредственную вклейку

а)



этих стержней в массив древесины. Нагрузка от верхнего пояса фермы передается на клеенные плоские стержни под углом, что потребовало проведения дополнительных экспериментальных исследований с целью подтверждения их эксплуатационной надежности. Принципиальная схема лабораторного стенда и опытный образец, подготовленный к проведению испытаний, показаны на рисунке 4.

б)



**Рисунок 4. Экспериментальная модель опорного узла треугольной фермы:**

а – концепция лабораторного стенда; б – натуральный образец

Экспериментальный образец опорного узла (при одном испытании исследовалось два однотипных узла) состоял из бруса нижнего пояса и двух деревянных брусьев из сосны второго сорта, представлявших собой элемент верхнего пояса. В верхней грани бруса нижнего пояса с двух его концов выбирались дисковой фрезой толщиной 10 мм полуглухие пазы с механической доработкой паза в зоне выхода фрезы, с последующей зачисткой пазов. В качестве плоских стержней для образца использовался полосовой прокат 5×50 мм по ГОСТ 103-2006 из стали Ст3пс. С обеих сторон предварительно выровненных стержней концевой фрезой выбирались пазы. На дно пазов в пяти сечениях наклеивались пленочные тензодатчики типа ПКС-12-200 на клей «Циакрин ЭО» по ТУ 6-09-30-86. Также при помощи индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 и 0,001 мм измеряли деформации плоских стержней относительно массива древесины и деформации смятия древесины в узлах.

Вклеивание стержней производилось в пазы бруса нижнего пояса эпоксидно-цементным компаундом «Эпокси-Универсал» на базе эпоксидной смолы ЭД-20. Длина вклейки при-

нималась равной 350 мм. В дальнейшем, после вклейки стержней в брус, тензодатчики подключались по одиночной схеме к тензосистеме ММТС 64.01.

В качестве конькового нагрузочного узла была изготовлена сварная конструкция, имеющая две наклонные грани, в которые упирались торцы брусьев верхнего пояса, с горизонтальной пластиной, на которую передавалось усилие. В коньковом узле образца был установлен домкрат, подключённый к насосной станции, позволяющей развивать усилие в 500 кН. Усилие от домкрата через коньковый узловой элемент передавалось на брусья верхнего пояса и далее через опорный карман на клеенные плоские стержни. Контроль нагрузки осуществлялся по прецизионному манометру МЦП-2-0,3 с помощью корреляционной таблицы, входящей наряду с домкратами и насосной станцией в комплект оборудования «Энерпред».

При проведении испытаний (всего было испытано три образца или шесть узлов) прямопропорциональная зависимость между нагрузкой и сдвигом клеенных стержней относительно массива древесины наблюдалась

до величины нагрузки, равной  $1,5 R_{расч}$  (при этой нагрузке механические приборы были сняты с образца).

Следует отметить, что экспериментальные данные соответствовали результатам численных расчетов, при этом разница между теоретическими и усредненными величинами экспериментальных данных не превышала 12 %, что для условий натурного эксперимента является приемлемой величиной.

Опытные образцы разрушились при нагрузке 168 кН, 175 кН и 194 кН соответственно. Разрушение во всех трех образцах произошло от потери устойчивости ребер жесткости, устроенных для обеспечения сопряжения в узле верхнего пояса с нижним с последующим частичным доломом клеевого соединения и древесины (рис. 5).

Усредненный коэффициент безопасности составил 2,87 при требуемой величине этого коэффициента 2,45, что подтверждает высокую эксплуатационную надежность разработанного опорного узла, в том числе при действии длительных нагрузок.



**Рисунок 5. Разрушение опорного узла из-за потери устойчивости ребер**

Для увеличения несущей способности опорного узла на клеенных плоских стержнях за счет более равномерной передачи нагрузки по длине пластин было предложено в конструкцию узла ввести стальную опорную плиту, для размещения которой во клеенных стержнях предусмотрены специальные выемки. На рисунке 6 представлена суть кон-

струкции такого опорного узла фермы. Помимо верхнего и нижнего поясов он включает в себя клеиваемые плоские стержни, стальную опорную плиту, стальную обойму, выполненную, например, из профильной трубы, продольные пазы, расположенные в нижнем поясе для вклеивания в них стержней. Для расположения стальной опорной плиты в пределах высоты нижнего пояса в последнем выполняют углубление на толщину плиты. Кроме этого, во клеенных плоских стержнях выполняют сквозные отверстия, что существенно повышает монолитность клеевого соединения.

Предложенный опорный узел деревянной фермы работает следующим образом. Сжимающее усилие от верхнего пояса воспринимается стальной обоймой и стальной опорной плитой и передается через поверхность углубления и стальные плоские клеенные стержни на нижний пояс.

Горизонтальная составляющая сжимающего усилия воспринимается стальной обоймой, передается на стальную опорную плиту, расположенную в выемках, затем через сварные швы на стальные плоские стержни, от них – на стенки пазов и затем на нижний пояс.

Поперечная сила от внеузловой нагрузки в верхнем поясе, действующая по нормали к его продольной оси, воспринимается частично стальной обоймой и передается на стальную опорную плиту, остальная часть поперечной силы воспринимается непосредственно опорной плитой и распределяется на стальные пластины и на поверхность углубления.

Предложенная конструкция опорного узла может быть использована при конструировании деревянных ферм в их опорных узлах, а также в узлах соединения сжатых элементов решетки с поясами. Такое решение узла является эффективным как с конструктивной точки зрения, так и с экономической [11].

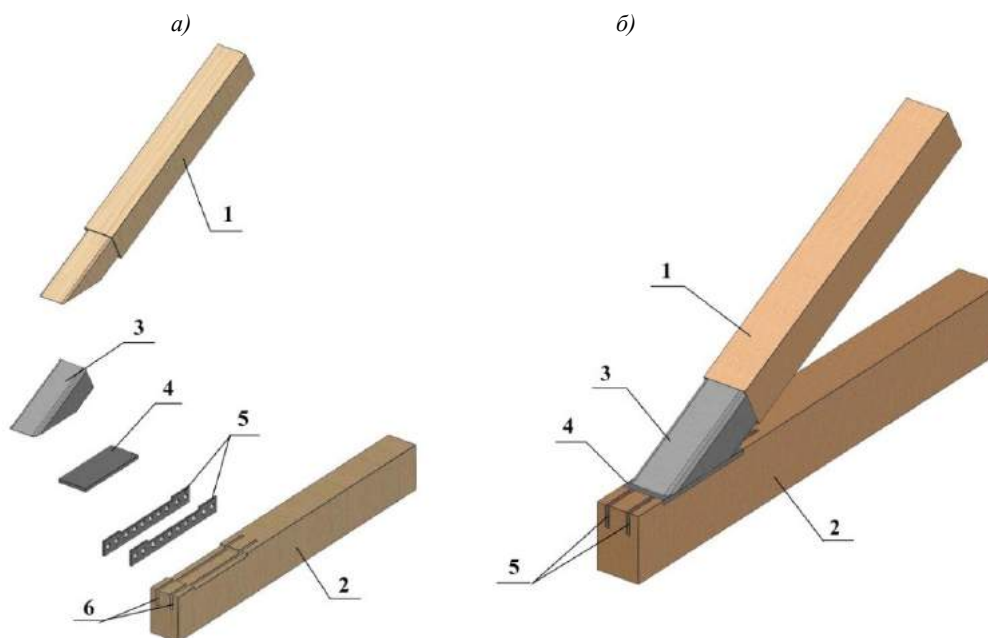
Сборку узла производят в следующем порядке. До вклеивания стержней стальную опорную плиту вставляют в выемки стальных пластин и приваривают к ним, стальную обойму приваривают к стальной опорной плите. Сваренную конструкцию вставляют в профрезерованные продольные пазы и углуб-



ление нижнего пояса, зазоры пазов для жесткой фиксации, например, заливают эпоксидной клеевой композицией.

Отверстия в стальных плоских стержнях улучшают адгезию клея со стальными пластинами и, как следствие, обеспечивают повыше-

ние несущей способности узла в целом [6, 12]. Конец верхнего пояса обтачивают таким образом, чтобы он плотно входил в стальную обойму, и заводят в стальную обойму, при этом возможна его фиксация при помощи клея или нагельного болта.



**Рисунок 6. Вариант конструктивного решения опорного узла деревянной фермы:**

*а* – поэлементный комплект опорного узла деревянной фермы; *б* – опорный узел деревянной фермы в сборе:

*1* – верхний пояс, *2* – нижний пояс; *3* – стальная обойма; *4* – стальная опорная плита;  
*5* – стальные плоские стержни; *б* – пазы в нижнем поясе

### Выводы

1. Узлы с предложенным соединительным элементом в виде стального вклеенного в деревянный массив стержня по своим техническим характеристикам превосходят многие известные типы соединений.

2. Предложенные соединительные элементы обладают высоким потенциалом как для разработки новых конструкций узлов, так

и для исследований в области увеличения несущей способности узлов на их основе.

3. Предложенные варианты узлов и методы подготовки соединительных элементов не являются единственно возможными, а всего лишь задают направление для дальнейших исследований такого класса соединений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлович Р. Б., Гиль З., Дмитриев П. А. Тенденции в развитии соединений деревянных конструкций в строительстве за рубежом // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2004. № 11. С. 4-9.
2. Атлас деревянных конструкций / пер. с нем. Н. И. Александровой; под ред. В. В. Ермолова. Москва: Стройиздат, 1985. 272 с.
3. Пуртов В. В. Легкие деревянные стропильные фермы с соединениями на стальных пластинах и дюбелях: дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск: НИСИ, 1988. 279 с.
4. Котлов В. Г. Пространственные конструкции из деревянных ферм с узловыми соединениями на МЗП: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. Казань, 1992. 16с.

5. Руднев И. В., Жаданов В. И., Лисов С. В. Соединения элементов деревянных конструкций с применением клеенных стальных пластин // Известия высших учебных заведений. Строительство. Новосибирск. 2014. № 4. С. 5-12.
6. Лисицкий И. И., Жаданов В. И., Руднев И. В., Украинченко Д. А. Способы повышения несущей способности соединений деревянных конструкций на стальных клеенных пластинах // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 5. С. 31-43.
7. Дмитриев П. А. Экспериментальные исследования соединений элементов деревянных конструкций на металлических и пластмассовых нагелях и теория их расчета с упруго-пластических деформаций: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Новосибирск, 1975.
8. Цапаев В. А., Колобов М. В. Коэффициент надежности соединений деревянных конструкций на металлических зубчатых пластинах // Жилищное строительство. 2008. № 5. С. 26-27.
9. Вдовин В. М., Арискин М. В., Дудорова Д. Д. Вклеенные металлические шайбы в соединениях деревянных конструкций: монография. Пенза: ПГУАС, 2012. 184 с.
10. Патент РФ на изобретение №2633897. МПК E04B 1/58. Узловое сборно-разборное соединение деревянных стержней / И. И. Лисицкий, В. И. Жаданов, И. В. Руднев, М. А. Аркаев, С. В. Лисов. Опубл. 19.10.17. Бюл. № 29. 6 с.
11. Деревянные фермы с узловыми соединениями на стальных клеенных пластинах / И. И. Лисицкий, И. И. Яричевский, В. И. Жаданов, И. В. Руднев // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 11. С. 8-13.
12. Лисицкий И. И., Руднев И. В. Проблемы увеличения несущей способности клееного соединения стальных пластин с древесиной // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции / Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург, 2018. С. 283-286.

#### Информация об авторах

*ЛИСИЦКИЙ Иван Иванович* – аспирант кафедры строительных конструкций, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург. Область научных интересов – совершенствование узловых соединений деревянных строительных конструкций зданий и сооружений. Автор 14 публикаций. E-mail: organ-2003@bk.ru.

*ЖАДАНОВ Виктор Иванович* – доктор технических наук, профессор, советник РААСН, заслуженный строитель России, заведующий кафедрой строительных конструкций, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург. Область научных интересов – совершенствование строительных конструкций зданий и сооружений. Автор 360 публикаций. E-mail: organ-2003@bk.ru.

---

UDC 624.011

DOI:10.25686/2542-114X.2019.3.59

## JOINT CONNECTIONS ON THE BASIS OF THE PASTED FLAT CORES IN TRUSS STRUCTURES

***I. I. Lisitskii, V. I. Zhadanov***  
*Orenburg State University (Orenburg)*

The use of new connecting elements in the joints of framed solid wood structures allows increasing their bearing capacity and operational reliability. Therefore, the area of application extends and the nomenclature of designs made of solid wood increases. The development of this research area is quite relevant for the regions where there are no enterprises producing glued wooden products. The new type of the connecting element in the form of steel flat pasted cores for joints of framed solid wood structures has been offered. In order to increase adhesion between the adhesive composition and the metal plate, the adhesive part of the cores needs additional processing. Such processing should be carried out by installing milled inclined grooves or by drilling openings on the surface of the core. The authors also developed the requirements to the recommended materials for the production of joint connections – wood, metal cores, and glue



composition. Possible ways of unification of the considered class of joints based on connecting elements in the form of pasted cores on the example of the collapsible stretching connection and basic joint of a triangular solid truss have also been considered.

The paper examines the peculiarities of the suggested method of connection of the stretched elements in a truss construction on the basis of the steel pasted flat cores, which ensure simplification of joint design and installation, create the universal collapsible joint connection providing uniform strength of nodal elements to a solid lower belt, at the same time, preserving its dimensions. This is supposed to increase the rigidity of the connection. The method of connection in the collapsible option is considered in the paper. By its structural nature the joint collapsible connection of wooden cores includes steel plates (cores) inserted into plunge cuts of beams, glued to wood, steel embedded parts, special bolts with a different carving on the ends of one bolt.

The applicability of steel pasted flat cores in basic joints of trusses is also considered in the paper. This fact allows providing their required bearing capacity and high rigidity. In such joints the edges of basic boots should be welded to the pasted flat cores and then inserted into the mass of wood before assembly. The conducted pilot studies confirmed high operational reliability of the developed basic joint, including on action of long-term loadings. The obtained results allowed patenting the advanced design of the basic joint, which includes the pasted flat cores, steel support plate, steel ferrule produced from a profile pipe, the longitudinal grooves located in the lower belt meant for gluing cores. The proposed constructive solution provides more uniform transfer of loading over the entire length of the plate. The paper analyses the advantages of the proposed basic constructive solutions for the joints of framed structures and defines the sphere of their application.

**Keywords:** solid wood trusses; joint connections; pasted flat core; wood; steel; glue composition; increase in bearing capacity and rigidity; new designs of joints.

#### REFERENCES

1. Orlovich R. B. Gil Z., Dmitriev P. A. Tendencii v razvitii soedinenij derevyannykh konstrukcij v stroitel'stve za rubezhom [Trends in the development of connections of wooden structures in construction abroad], *Izvestija vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [Proceedings of higher educational institutions. Construction], 2004, No. 11, pp. 4-9.
2. Gyotc K.-G., Hoor D., Myoler K., Natterer Iu. Atlas derevyannykh konstrukcij [Atlas of wooden structures], translated from German by N. I. Aleksandrovoj, edited by V. V. Ermolova, Moscow: Strojizdat, 1985, 272 p.
3. Purtov V. V. Legkie derevyannye stropil'nye fermy s soedineniyami na stal'nykh plastinakh i dyubelyah [Light wooden trusses with connections on steel plates and dowels], dissertation for the Candidate of Engineering Sciences, Novosibirsk, NISI, 1988, 279 p.
4. Kotlov V. G. Prostranstvennye konstrukcii iz derevyannykh ferm s uzlovymi soedineniyami na MZP [Spatial structures of wooden trusses with nodal connections on the MZP], Dissertation abstract for the Candidate of Engineering Sciences: 05.23.01, Kazan, 1992, 16 p.
5. Rudnev I. V. Zhadanov V. I., Lisov S. V. Soedineniya elementov derevyannykh konstrukcij s primeneniem vkleennykh stal'nykh plastin [Connections of elements of wooden structures with the application of glued steel plates], *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [Proceedings of higher educational institutions. Construction], Novosibirsk, 2014, No. 4, pp. 5-12.
6. Lisickij I. I., Zhadanov V. I., Rudnev I. V., Ukrainchenko D. A. Sposoby povysheniya nesushchej sposobnosti soedinenij derevyannykh konstrukcij na stal'nykh vkleennykh plastinakh [Methods of increasing the bearing capacity of joints of wooden structures on steel glued plates], *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Stroitel'stvo* [Proceedings of higher educational institutions. Construction], 2018, No. 5, pp. 31-43.
7. Dmitriev P. A. Eksperimentalnye issledovaniya soedinenij elementov derevyannykh konstrukcij na metallicheskih i plastmassovykh nagelyah i teoriya ih rascheta s uprugoplasticheskih deformacij [Experimental studies of connections of elements of wooden structures on metal and plastic nails and the theory of their calculation with elastic-plastic deformations], Dissertation abstract for the Doctor of Engineering Sciences, Novosibirsk, 1975.
8. Tsepaev V. A., Kolobov M. V. Koefficient nadezhnosti soedinenij derevyannykh konstrukcij na metallicheskih zubchatykh plastinakh [Coefficient of reliability of joints of wooden structures on metal gear plates], *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction], 2008, No. 5, pp. 26-27.
9. Vdovin V. M., Ariskin M. V., Dudorova D. D. Vkleennyye metallicheskie shajby v soedineniyakh derevyannykh konstrukcij [Glued metal washers in the joints of wooden structures], monograph, Penza, PGUAS, 2012, 184 p.

10. Lisickij I. I., Zhadanov V. I., Rudnev I. V., Arkaev M. A., Lisov S. V. Patent RF na izobretenie No 2633897. МПК E04V 1/58. Uzlovoe sborno-razbornoe soedinenie derevyannyh sterzhnej [RF patent for the invention No 2633897. IPC E04B 1/58. Nodal collapsible connection of wooden rods], published on 19.10.17, Moscow, Bulletin No. 29, 6 p.

11. Lisickij I. I., Yarichevskij I. I., Zhadanov V. I., Rudnev I. V. Derevyannye fermy s uzlovymi soedineniyami na stal'nyh vkleennyh plastinah [Wood trusses with nodal connections to steel plates], *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil construction], 2018, No. 11, pp. 8-13.

12. Lisickij I. I., Rudnev I. V. Problemy uvelicheniya nesushchej sposobnosti kleevogo soedineniya stalnyh plastin s drevesinoj [Problems of increasing the bearing capacity of the adhesive connection of steel plates with wood], *Universitetskij kompleks kak regionalnyj centr obrazovaniya, nauki i kultury, materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoj konferencii* [University complex as a regional center of education, science and culture: materials of the all-Russian scientific and methodological conference], Orenburg State University, Orenburg, 2018, pp. 283-286.

### Information on authors

*LISITSKII Ivan Ivanovich* – Graduate student of Building Constructions Department, Orenburg State University, Orenburg. Research interests – improvement of nodal connections of wooden designs in buildings and constructions. Author of 14 publications. E-mail: organ-2003@bk.ru

*ZHADANOV Victor Ivanovich* – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Adviser of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Honoured Builder of the Russian Federation, Head of Building Constructions Department, Orenburg State University, Orenburg. Research interests – improvement of building constructions and designs. Author of 360 publications. E-mail: organ-2003@bk.ru

### Библиографическая ссылка

Лисицкий И. И., Жаданов В. И. Узловые соединения ферменных конструкций на основе вклеенных плоских стержней // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2019. – № 3(11). – С. 59-68. – DOI:10.25686/2542-114X.2019.3.59