

Открытия. Изобретения.—1988.—№ 13.—С. 85. [3]. Заявка 56—167433 (Япония). Способ изготовления легких древесностружечных плит / Хигути Сэджи. Эйдай сантё к. к. Оубл. 23.12.1981 г. [4]. Заявка 57—27741 (Япония). Способ изготовления древесностружечных плит / Фукуи Цуйоси. К. к. мейнан сэйсакусё. Оубл. 15.02.82 г. [5]. Bryant B. S. Interaction of Wood Surface And Adhesive Variables // Forest Products Journal.—June 1968.—Vol. XVI, 96.—P. 57—62.

УДК 624.011.1

НОВОЕ УЗЛОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Б. В. ЛАБУДИН, А. В. ВЕШНЯКОВ, В. Д. ПОПОВ,
В. В. ЯКОВЛЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Инженерно-строительный институт (г. Санкт-Петербург)
ДОЗ «Вельский»

В настоящее время для соединения стержней деревянных несущих конструкций (ДК) используют металлические узлы различных типов [1—6]. К ним относятся следующие.

Узлы с применением круглых шпонок (дисковые, гладкие, кольцевые, зубчато-кольцевые и т. д.) совместно с накладками и стяжными болтами [2, 3]. Их недостатками являются трудоемкость изготовления, необходимость использования в соединении высококачественной древесины, существенное ослабление сечений деревянных элементов.

Узлы с использованием металлических призматических шпонок для растянутых и сжато-изогнутых деревянных элементов [4] в сочетании с металлическими накладками. Недостатками данных узлов является необходимость обеспечения высоких требований к точности производства работ, хрупкость соединения из-за значительного ослабления поперечного сечения стержней пропилами.

Узлы с применением шпонки Буффо, состоящей из тонкой пластинки с двухсторонним гофром и отверстием для стяжного болта [1]. Недостатками их являются пониженная прочность и повышенная деформативность соединений, вызванные усушкой-разбуханием древесины при изменении температурно-влажностного режима эксплуатации. Это требует периодической подтяжки болтов и снижает надежность конструкции.

В практике изготовления ДК из дощатых элементов в 70-е годы получили широкое распространение соединения стержней с помощью коннекторов — плоских стальных пластинок, оснащенных зубьями, шипами или их комбинацией [6]. Такие узлы обеспечивают хорошее соединение стержней. Однако для запрессовки зубьев и шипов необходимо специальное оборудование. При этом наблюдается раскалывание древесины, кроме того, соединения стержней при эксплуатации имеют высокую деформативность.

Таким образом, все применяемые в настоящее время узлы для соединения ДК имеют ряд недостатков. Их устранение позволит повысить надежность и несущую способность как отдельных узлов, так и конструкции в целом. С этой целью нами предложен коннектор новой конструкции. Узловое соединение, общий вид которого показан на рис. 1, включает стержневые элементы из досок (примыкающих пластинами друг к другу) в зоне поясов 3 и раскосов 6; стальной сердечник 4, расположенный внутри узла; стяжные болты 1; шпонки в виде стальной пластинки 8 с кольцевыми двухсторонними гофрами 9 и отверстиями по центру под болт 7, установленные между досками; желоба на

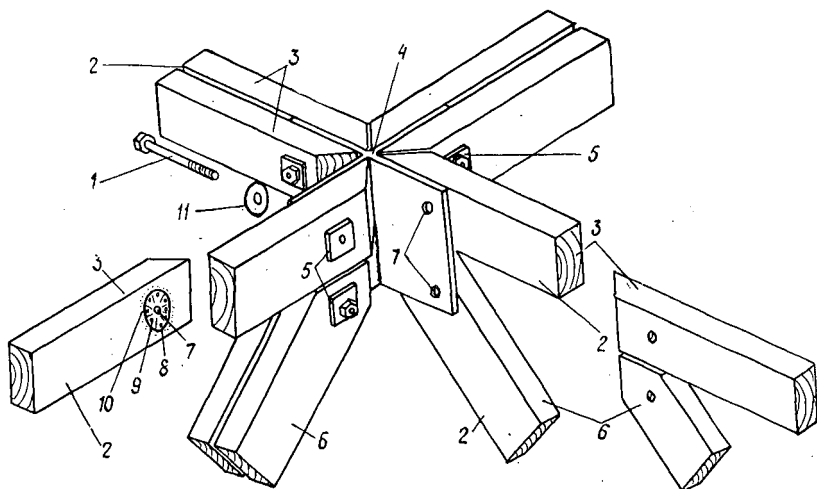


Рис. 1. Общий вид узлового соединения элементов пространственного каркаса с использованием КСВЗШ

пластьях в виде гофров и внешние прижимные шайбы 5 под головкой болта и гайкой.

Между деревянными элементами 3, 6 и сердечником 4 вплотную к шпонкам 8 установлена внутренняя шайба 11 с односторонними кольцевыми гофрами и отверстием по центру под болт. Шпонка 8 снабжена зубьями 12 и шипами 13, расположенными соответственно на впадинах и гребнях шпонки с радиально-осевой симметрией. При этом пласти деревянные элементы в зоне 10 соединения усилены локальной модификацией древесины и подпрессовкой ее волокон без разрушения.

Шпонка соединяется на пласти с деревянными элементами с помощью водостойкого клея. Локальная модификация зоны соединений полимерной композицией может производиться в поле токов высокой частоты (ТВЧ), ультразвуком и т. д. Это обеспечивает упрочнение древесины в зоне передачи усилий от одного деревянного элемента другому, уменьшение релаксации при снятии запрессовочного давления, создание на концевых участках фиксированных желобков, повторяющих очертание гофров на поверхности клеестальных волнистых зубчатых шпонок (КСВЗШ). На рис. 2 показан соединительный элемент типа КСВЗШ с тремя вариантами его профиля, на рис. 3 — деревянный элемент с КСВЗШ на разрезах Б—Б и В—В.

Зубья и шипы обеспечивают повышение прочности и надежности соединения в целом, предотвращают его хрупкое разрушение при эксплуатации в условиях переменного температурно-влажностного режима. Это достигается за счет вдавливания и сцепления зубьев и шипов с модифицированной древесиной.

Особенностью предлагаемого технического решения является также наличие, кроме внешних, внутренних прижимных шайб, расположенных между КСВЗШ и сердечником, имеющих со стороны шпонки поверхность, повторяющую очертание КСВЗШ, а по центру — отверстие для пропуска стяжного болта.

В результате установки КСВЗШ в предварительно выполненные и усиленные модификацией и прессованием древесины углубления шпонки работают на сдвиг с равномерным прижимом поперек волокон. Они передают усилия от одного элемента другому через зону качественно улучшенной древесины. Осевые усилия от КСВЗШ элементу передаются через прилегающие к шпонке продольные волокна древесины,

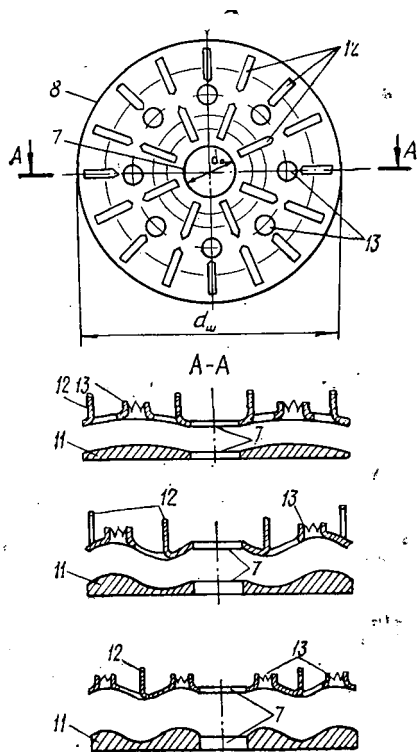


Рис. 2. Соединительный элемент КСВЗШ с тремя вариантами профиля для одной, двух и трех волн

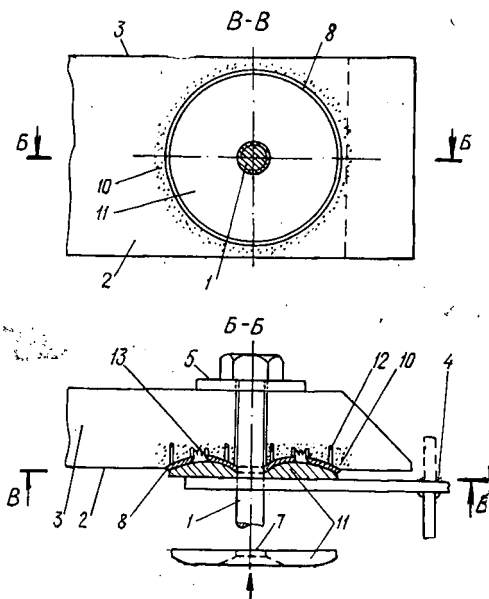


Рис. 3. Фрагмент соединения с применением КСВЗШ

не перерезанные стальной волнистой шпонкой при запрессовке. Крепление КСВЗШ на деревянные элементы вогнутостью кромок наружу обеспечивает цельность волокнистой структуры древесины без разрыва ее долевых волокон, т. е. зона установки КСВЗШ обладает повышенной формостабильностью.

Внутренняя шайба 11 выполнена из того же материала, что и КСВЗШ. Одна сторона шайбы, примыкающая вплотную к шпонке, повторяет очертания ее поверхности, т. е. имеет концентрические гофры или волны. Гребни шайбы попадают во впадины шпонки и, наоборот, впадины шайбы соответствуют гребням шпонки, что обеспечивает их плотное сцепление в узле.

Диаметр КСВЗШ 50 или 100 мм. Их изготавливают из стали не ниже марки ВСт.3 в специальных пресс-формах на гидравлическом прессе при последовательном или одновременном создании гофрированной поверхности, а также зубьев и шипов с отверстием по центру шпонки. Зубья и шипы выполняют только на одной стороне КСВЗШ с одной, двумя и более волнами.

Установка КСВЗШ на концы деревянных деталей 3 и 6 выполняется в следующей последовательности. Из предварительно высушенных, отсортированных и остроганных пиломатериалов с соответствующими расчету сечениями выпиливают и торцуют определенной длины заготовки для поясов и раскосов. В них сверлят отверстия для болтов 1, концы деталей подвергают локальной модификации в зоне 10 (с одной или двух сторон в зависимости от числа КСВЗШ). Модифицирование осуществляют известным способом, например, нагнетанием под давлением полимерного состава в поверхностный слой пластей 2 древесины.

соединяемых элементов. До начала полимеризации выполняют желоба в пресс-форме, повторяющей очертания поверхности КСВЗШ. Для ускорения отверждения полимерного состава и стабилизации формы с углублениями желателен применение установки ТВЧ. Процессы модификации древесины и подготовки гнезда для КСВЗШ можно совместить в одну операцию. Размеры модифицированного участка должны быть на 15...20 мм больше диаметра КСВЗШ, глубина проникновения состава 10...15 мм от наружных граней, высота деревянных деталей на 20 мм больше диаметра шайбы.

Вышеуказанные операции переводят древесину на участке модификации и уплотнения в качественно новое состояние с более высокими прочностными и деформативными свойствами. При этом не происходит разрыва волокон в зоне установки КСВЗШ. Кроме того, внедренная в древесину шпонка компенсирует ослабление деревянных деталей отверстиями для болтов. В процессе эксплуатации соединения модифицированная древесина практически не будет реагировать на изменение влажности.

Несущую способность КСВЗШ можно определять по приближенным формулам в зависимости от угла направления вектора внешних усилий по отношению к направлению волокон:

$$T_{\alpha} = 0,2d_{ш}K_fK_eK_{\alpha},$$

где T_{α} — несущая способность одного «среза», кН;
 $d_{ш}$ — диаметр шайбы, см;
 K_f — коэффициент, учитывающий кривизну поверхности шайбы,

$$K_f = \sqrt[n]{1 + (nf/d_{ш})^3};$$

n — число волн в КСВЗШ;

f — высота стрелы полуволны, см;

K_e — коэффициент, учитывающий эксцентриситет,

$$K_e = 1/\sqrt{1 + e/d_{ш}};$$

e — эксцентриситет между внешним усилием и КСВЗШ, см;

K_{α} — коэффициент, учитывающий угол α ,

$$K_{\alpha} = 1/(1 + 0,33 \sin^3 \alpha);$$

α — угол между направлением вектора внешних усилий T_{α} по отношению к волокнам древесины, град.

Проверку металла на срез и смятие выполняют в соответствии с действующими нормами. Болты на изгиб и древесину в гнезде на смятие можно не проверять.

Соединение в сборке работает следующим образом. При осевом растяжении (сжатии) усилие с парных элементов 3 и 6 передается через боковые внутренние пласти 2 по клеевому шву и зубчатые шипы на шпонки 8, с них на внутреннюю шайбу 11, далее через стяжной болт 1 на сердечник 4 и на противоположные деревянные элементы в обратном порядке.

В отличие от соединения с волнистыми шайбами Буффо [1], работа которого основана на трении с неравномерным сжатием древесины в зоне гофров, предлагаемая конструкция снабжена внутренними шайбами, расположенными между сердечником и шпонками. При этом одна сторона шайбы плотно входит в гребни и впадины КСВЗШ, а другая, примыкающая к сердечнику, — плоская. Кроме того, шпонка со стороны деревянных элементов имеет зубья и шипы, входящие в за-

цепление с деревянными элементами. Следовательно, даже при знакопеременных усилиях она одинаково хорошо работает в любом направлении, обеспечивая дополнительную прочность соединения на сдвиг и смятие в зоне КСВЗШ, так как последняя расположена на одинаковом расстоянии от центра шпонки с радиально-осевой симметрией. При сдвиге и смятии будут происходить на древесине, предварительно упрочненной, т. е. обладающей более высокими прочностными и деформационными характеристиками.

В результате адгезионной связи КСВЗШ и соединяемых предварительно упрочненных деталей стык работает как единое целое, компенсируя ослабление соединяемых деталей отверстиями. В случае передачи усилия от одного элемента другому под углом или поперек к направлению волокон (например в решетке ферм структурных конструкций и т. д.) прочность и деформативность соединения уменьшаются незначительно по сравнению с работой вдоль волокон, а конструктивный расчет может производиться по вышеприведенным формулам.

Выводы

1. Предлагаемое узловое соединение ДК имеет повышенную несущую способность и надежность благодаря новой форме КСВЗШ, локальному упрочнению древесины за счет местной модификации и уплотнения путем подпрессовки, а также создания углублений в виде гофров.

2. Криволинейность формы шпонок увеличивает площадь поверхности приклеивания. При этом в работу включается весь деревянный элемент, компенсируется ослабление, а в стыке достигается равнопрочность с основным сечением. Односторонние внутренние волнистые шайбы способствуют равномерному прижиму и расклиниванию между парными элементами.

3. Применение КСВЗШ возможно в плоскостных и пространственных решетчатых конструкциях из обычных пиломатериалов. При этом облегчается центрирование узлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Деревянные конструкции. Справочник проектировщика промышленных сооружений / Под ред. Г. Ф. Кузнецова.—М.; Л.: Стройиздат.—1937.—С. 86. [2]. Иванов В. Ф. Конструкция из дерева и пластмасс. Учебник для вузов.—М.; Л.: Стройиздат, 1966.—С. 82—84. [3]. Конструкции из дерева и пластмасс. Учебник для вузов / Под ред. Г. Г. Карлсена.—М.: Стройиздат, 1986.—688 с. [4]. Коченов В. М. Несущая способность элементов и соединений деревянных конструкций.—М.: Стройиздат, 1953.—С. 130. [5]. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25—80) / ЦНИИСК.—М.: Стройиздат, 1976.—С. 70—71. [6]. Malinowski Cz. Zur Geschichte der Verbindungstechnik—Verbinder aus Stahlblech: Eine Auswertung der Patentliteratur // Bauen mit Holz.—1989.—N 11.—S. 776—779; N 12.—S. 872—877.

Поступила 8 апреля 1992 г.