

УДК 674.028.9+674.049.2

О.А. Рублева<sup>1</sup>, А.Г. Гороховский<sup>2</sup>, Е.Е. Шишкина<sup>2</sup>  
(О.А. Rubleva<sup>1</sup>, А.Г. Gorokhovskiy<sup>2</sup>, Е.Е. Shishkina<sup>2</sup>)  
(<sup>1</sup>ВятГУ, г. Киров; <sup>2</sup>УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: olga\_ru@vyatsu.ru

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИИ ТОРЦОВОГО ПРЕССОВАНИЯ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ШИПОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**PROSPECTS OF LONGITUDINAL PRESSING  
FOR THE MANUFACTURING OF JOINTS ELEMENTS**

*Технология формирования шипов прямоугольной формы способом торцового прессования обладает рядом преимуществ перед фрезерованием: малая стоимость инструмента, отсутствие отходов, возможность получения длинного клеевого шва. Механические испытания клеевых соединений по длине на прямоугольные прессованные шипы подтверждают их относительно высокую прочность, соответствующую требованиям стандартов. Обоснование оптимальных посадок в исследуемых соединениях позволит максимально раскрыть потенциал их прочности.*

*The pressing technology of forming rectangular tenons in longitudinal direction has a number of advantages over milling: low tool cost, no waste, the possibility of obtaining a long glue line. Mechanical tests of splicing joints on rectangular pressed tenons confirm their relatively high strength, which meets the requirements of the standards. Justification of the optimal fit in the studied joints will maximize the potential of their strength.*

Преимущества клеевых шиповых соединений древесины – высокая прочность, эстетичность, технологичность – позволяют применять их в различных изделиях промышленного и бытового назначения, как с целью сращивания или сплачивания, так и в качестве сборочных узлов. Соединения подразделяют на боковые, угловые и соединения по длине. Среди последних в производстве клееной продукции наиболее распространены зубчатые шиповые соединения, ввиду их достаточной прочности и экономичности. Формообразование профиля шипов может осуществляться различными методами, в числе которых можно выделить три основных подхода [1].

Формирование элементов шиповых соединений за счёт использования режущих инструментов. Наиболее распространён способ фрезерования профиля шипов, при котором в зависимости от профиля соединения и типа технологического оборудования могут использоваться фрезы различных конструкций, в том числе, цельные, сборные или наборные; цилиндрические или концевые и т. д. Для получения проушин и гнезд можно применять также способы сверления, долбления, пиления. При формировании конструкционных соединений критичное влияние на их прочность оказывает точность изготовления и сборки инструмента: отклонение в несколько десятых долей миллиметра может существенно снизить плотность посадки и прочностные показатели соединений [1]. Для дорогостоящего режущего инструмента, требующего периодической заточки, решение этой проблемы ещё более повышает стоимость его эксплуатации. К другим недостаткам технологий формирования шипов процессами резания древесины относятся шум [2], появление отходов в виде стружки, удаление которых увеличивает энергоёмкость процесса, наличие обусловленного конструкцией инструмента затупления в вершинах шипов, снижающего прочность соединений [3].

*Комбинированный способ формирования шипов за счёт дополнения процессов резания штампованием* позволяет полностью или частично устранить некоторые недостатки предыдущего метода [1, 4]. Так, использование двухэтапного способа формирования зубчатых шипов за счёт горячей штамповки по местам предварительных пропилов [4, 5] снижает затраты на режущий инструмент и транспортировку отходов. С другой стороны, введение дополнительной операции предварительного пропиливания усложняет технологический процесс, увеличивает трудоёмкость изготовления шипов.

*Формирование элементов шиповых соединений штампами.* Известны способы холодного [6] и горячего [4] штампования шипов на торцах деревянных заготовок. Преимуществами данных способов являются высокая точность формируемых элементов, обеспечивающая воспроизведение заданных параметров посадки в соединениях [4], то есть стабильное качество и прочность соединений. Особенностью формирования шипов треугольной формы поперечного сечения (зубчатых шипов) является возникновение ограничений по их размерам и геометрии. Это связано с деформационными возможностями древесины при сжатии поперёк волокон. Исследователь М.Д. Стриклер, изучая процесс штампования зубчатых шипов [4], подтвердил известные в теории прессования закономерности [7]: при исходной плотности древесины порядка  $500 \text{ кг/м}^3$  деформация не может превысить 70 %; ограничительным пределом по размерам получаемого соединения выступает плотность древесного вещества. В связи с этим способ штампования зубчатых шипов ориентирован в основном на изготовление соединений неконструкционного назначения.

Альтернативная технология формирования прямоугольных шипов способом холодного торцового прессования [6] нацелена на устранение указанных ограничений.

Проушины прямоугольной формы формируются за счёт иных процессов деформации древесины: скалывания и местного смятия древесины под рабочим торцом пуансона. В связи с этим технология позволяет изготавливать шипы значительных высот – до 20 мм и более [8]. Это позволяет увеличить относительную длину клеевого шва до 10–12 толщин заготовки и более, тем самым обеспечив потенциально более высокую прочность склеивания по сравнению со склеиванием на зубчатые шипы.

В зубчатых шиповых соединениях, как правило, на практике не удается достичь длины шва, превышающей 8–10 толщин заготовки, по причинам, связанным с конструкцией фрез. Кроме того, при прямоугольной форме шипов склеивание производится по боковым граням шипов, на гладкую поверхность, параллельно волокнам древесины, без их перерезания. Это также повышает прочность склеивания. С этой точки зрения по данной технологии предпочтительно формировать шипы возможно большей длины.

С другой стороны, особенностью рассматриваемой технологии является формирование под дном проушины «пробки» из спрессованной древесины (рис. 1), подобной по своему влиянию на прочность сучкам в пиломатериалах из массивной древесины [9]. Известно, что наличие сучков в пиломатериалах снижает их прочность до 60–75 % [3]. С увеличением размеров сучков, а в нашем случае – «пробки», возрастает их влияние на снижение прочности. Таким образом, меньшие размеры шипов по высоте будут более предпочтительны с точки зрения прочности соединений. Кроме того, шипы меньших размеров выглядят более эстетично. С учетом этого предпочтительно формировать шипы возможно меньших размеров.

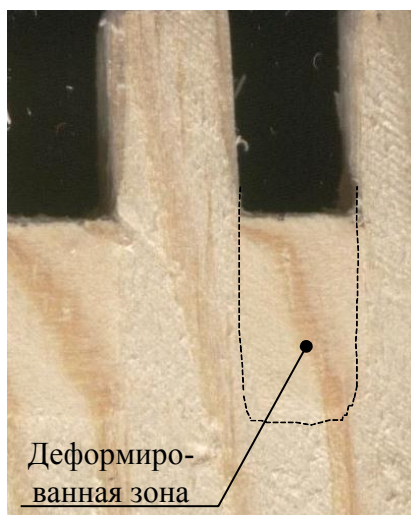


Рис. 1. «Пробка» из уплотнённой древесины под дном проушины шириной 2 мм, глубиной 10 мм в образце из древесины сосны,  $W = 8\%$

Для промышленного внедрения данной технологии необходима разработка научно обоснованных рекомендаций по выбору геометрических параметров соединения, в том числе требований к посадкам и связанной с этим точности изготовления инструмента.

Конструкция и размеры соединения оказывают непосредственное влияние на качество изготавливаемых соединений. Основным показателем качества соединения и критерием его выбора для конкретных условий эксплуатации является прочность [8, 10, 11]. На прочность соединения в процессе эксплуатации будут оказывать влияние исходное состояние материала заготовки, конструкторско-технологические факторы, конструкция и размеры соединения, эксплуатационные факторы.

К наиболее существенным относятся следующие факторы: исходное состояние материала заготовки; геометрические параметры соединения, например, размеры шипов, посадки; не менее важны длина клеевого шва, его расположение относительно направления волокон древесины. Ниже рассмотрены структурные особенности прессованных заготовок и прочность их склеивания.

Как уже было показано ранее, основным отличием в структуре древесины, подвергнутой процессу прессования, является наличие зон деформированной древесины в виде «пробок» под дном проушины. Возникают основания предполагать, что при механической нагрузке они могут выступать концентраторами напряжений и снижать прочность соединений по длине. Проведены исследования микроструктуры деформированной зоны методом сканирующей электронной микроскопии. Результаты исследования показали, что размеры поперечных трещин под нижней границей деформированной зоны минимальны; при местном торцовом прессовании происходит преимущественно односторонний изгиб поздних трахеид, образующих равномерные складки в радиальном направлении (рис. 2). Остальные структурные элементы древесины остаются практически неповрежденными, что предполагает сохранение основных положительных свойств древесины как природного конструкционного материала.

Проведены исследования прочности клеевых соединений по длине на прессованные шипы при изгибе и растяжении (см. таблицу). Относительная прочность рассчитана как соотношение прочности шипового соединения и прочности цельной древесины. Соединения типа А имели длину шипа 10 мм, толщину шипа – 2 мм; соединения типа Б – 20 мм и 4 мм соответственно.

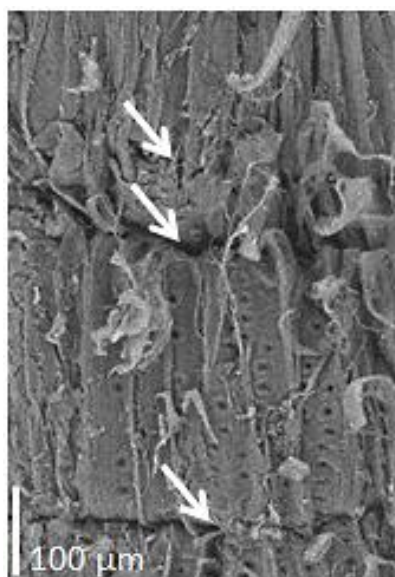


Рис. 2. Микрофотография деформированной зоны древесины сосны под проушиной образца, радиальный разрез

#### Результаты испытаний шиповых соединений на растяжение и изгиб

| Тип соединения | Вид испытания | Предел прочности, МПа | Относительная прочность соединения, % |
|----------------|---------------|-----------------------|---------------------------------------|
| А              | На растяжение | 41,1–53,0             | 52,3–67,6                             |
| Б              | На растяжение | 39,9–43,1             | 50,8–55,0                             |
| А              | На изгиб      | 41,9–54,9             | 69,5–89,7                             |
| Б              | На изгиб      | 40,9–57,9             | 66,9–94,6                             |

Соединения соответствуют классам прочности пиломатериалов до класса С30 включительно и могут быть отнесены к достаточно высокому классу прочности элементов конструкций К36.

Статистическая обработка данных позволила установить для соединения типа А – относительную прочность на растяжение 59,5 % (с доверительной вероятностью 95 % лежит в интервале 55,8–63,2 %), на изгиб – 80,7 % (75,1–86,2 %) (рис. 3); для соединения типа Б – соответственно 53,2 % (52,0–54,5) и 79,8 % (71,9–87,7 %) (рис. 3). Результаты испытаний колеблются в сравнительно узком диапазоне, что говорит о стабильном качестве клеевых соединений. Более высокая прочность на растяжение отмечена у соединения типа А (с меньшими размерами шипов). Это явление может быть объяснено меньшими размерами деформированной зоны древесины под дном проушины.

Средняя прочность при растяжении может быть с достаточной достоверностью охарактеризована средним для двух типов соединений значением 56,4 %. Ещё более высокого уровня достигает средняя для двух типов соединений прочность при изгибе 80,2 %. Именно этот показатель преимущественно используется при оценке класса прочности соединений. Это подтверждает возможность использования соединений на прессованные шипы в заготовках для столярно-строительных и других изделий, в том числе изделий конструкционного назначения. Для сравнения: зубчатые шиповые соединения чаще всего показывают относительную прочность не выше 65–75 % [3].

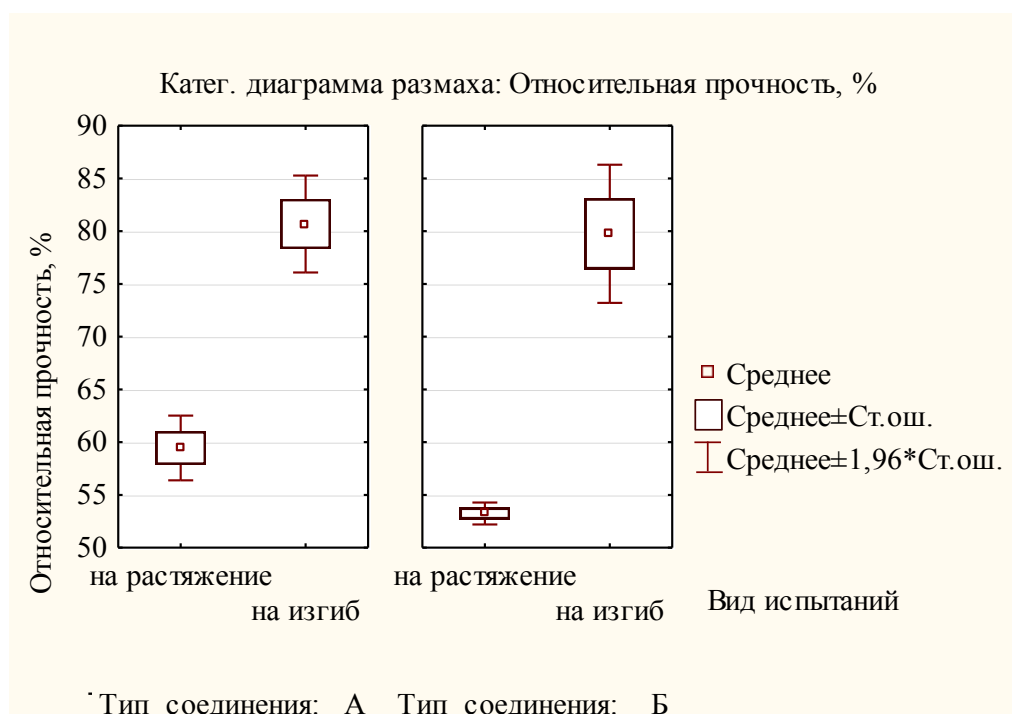


Рис. 3. Диаграммы размаха для данных, сгруппированных по типам соединений и видам испытаний

Комплексная квалиметрическая оценка соединений, учитывающая требования стандартов, потребителей и производителей, в том числе эстетические показатели, показывает высокий уровень качества соединений на прессованные шипы [12].

Приведённые выше заключения получены для указанных размеров соединений с посадкой с зазором, обеспечивающей в соответствии с рекомендациями для зубчатых соединений по длине толщину клеевого слоя 0,1 мм.

На следующем этапе работы авторы провели исследование влияния посадок на прочность клеевых соединений на прямоугольные шипы. Выявлено, что в качестве предпочтительных посадок для прямоугольных шипов малых толщин можно отметить посадки H13/k13 и H13/za13, поэтому представляется целесообразным уточнить требования к посадкам в регламентирующих документах в части рекомендаций по выбору посадок, а также величине натягов с учётом диапазона размеров шипа по толщине.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на экспериментальное подтверждение полученных теоретических закономерностей. В заключение стоит подчеркнуть, что технология торцового прессования является перспективным способом формирования элементов шиповых соединений, позволяющим достичь высокого качества клеёной продукции при снижении затрат на её производство.

### Библиографический список

1. Jokerst R.W. Finger-Jointed Wood Products // Forest Products Lab Madison Wi. 1981. № FSRP-FPL-382. 26 с.
2. Черемных Н.Н. Методология комплексного решения задач совершенствования оборудования и технологических процессов лесопильно-деревообрабатывающих производств в направлении снижения шума // Вестник московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2013. № 3. С. 130–133.

3. Волинский В.Н. Технология клееных материалов. СПб.: ПРОФИКС, 2008. 392 с.
4. Strickler M.D. Finger jointing of lumber: пат. 3262723 (США). Вашингтон: U.S. Patent and Trademark Office, 1966. URL: <https://patents.google.com/patent/US3262723A/en>; (дата обращения 06.05.2019).
5. А. с. 1380946 СССР, МКИЗ 4 В 27 F 1/00. Способ изготовления рамок из деревянных брусков / С.Б. Астахов, В.И. Русинов, П.А. Каменкович, В.П. Молодкина (СССР): пат. 1380946 Рос. Федерация. № 3993608/29–15; заявл. 19.12.85; опубл. 15.03.88, Бюл. № 10. 3 с.
6. Рублева О.А. Способ формирования элементов шиповых соединений деревянных заготовок: пат. 2741614 Рос. Федерация. № 2011116271/13; заявл. 25.04.2011; опубл. 10.01.2013, приоритет 25.04.11.
7. Хухрянский П.Н. Прессование древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 352 с.
8. Рублева О.А. Формирование элементов шиповых соединений способом торцового прессования: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / Киров, 2011. 215 с.
9. Hesselbach J., Hoffmeister H.W., Looß T. Punching in industrial wood machining: an alternative production process to drilling // Production Engineering. 2007. №. 4. Т. 1. С. 365–370.
10. Özçifçi A., Yarıcı F. Structural performance of the finger-jointed strength of some wood species with different joint configurations // Construction and Building Materials. 2008. №. 7. Т. 22. С. 1543–1550. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2007.03.020.
11. Barboutis I., Vasileiou V. Strength of finger-jointed beech wood (*Fagus sylvatica*) constructed with small finger lengths and bonded with PU and PVAC adhesives // PROLigno, ISSN-L4737. 2013. № 4. Т. 9. С. 359–364.
12. Рублева О.А. Формирование прямоугольных шипов способом торцового прессования // Лесотехнический журнал. 2013. № 4 (Вып. 12) С. 126–133. DOI: 10.12737/2191.

**УДК 674.815**

**Е.С. Синегубова, О.В. Кузнецова, М.П. Чепчугов**  
(E.S. Sinegubova, O.V. Kuznetsova, M.P. Cherpchugov)  
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)  
E-mail для связи с авторами: kkkontrol@yandex.ru

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНОГО КОМПОЗИТА С ДОБАВЛЕНИЕМ ВЕРМИКУЛИТА РАЗНОЙ ФРАКЦИИ**

### **THE STUDY OF THE PROPERTIES OF WOOD COMPOSITE WITH ADDITION OF VERMICULITE DIFFERENT FACTIONS**

*С каждым годом объемы производства древесно-стружечных плит возрастают. Гарантом развития конкурентоспособного производства древесно-стружечных плит на рынке производства древесных композитов послужит улучшение эксплуатационных свойств, что расширит области их применения в мебельных и строительных конструкциях.*

*В работе представлены результаты экспериментальных исследований зависимости размера фракции природного наполнителя вермикулит в составе древесно-стружечных плит на их физико-механические свойства.*