

Посадки в клеевых соединениях на прямоугольные шипы

О. А. Рублева¹, А. Г. Гороховский²

¹кандидат технических наук, доцент кафедры машин и технологии деревообработки, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: olga_ru@vyatsu.ru

²доктор технических наук, и.о. зав. кафедрой автоматизации и инновационных технологий, Уральский государственный лесотехнический университет. Россия, г. Екатеринбург. E-mail: goralegr@yandex.ru

Аннотация. Склеивание деревянных заготовок по длине на прямоугольные шипы является перспективным способом сращивания в связи с его экономичностью и эксплуатационными показателями, но требует научного обоснования выбора посадок в соединении шип-проушина. Целью исследования является обоснование диапазона посадок для соединений по длине на многократные прямоугольные шипы. Анализ существующих требований по выбору посадок в типовых соединениях показал, что стандарты регламентируют натяг в соединении шип-проушина от 0 до 0,3 мм, однако не все рекомендованные в учебно-справочной литературе посадки отвечают этому требованию. Расчет посадок проведен на основе трех методов: вероятностного, на максимум-минимум, на средний натяг. Для толщин шипа до 3 мм наиболее близки к требованиям ГОСТ 9330 и рекомендациям ранее проведенных исследований посадки H13/k13 и H13/za13 с натягами до +0,27 мм. Результаты работы могут быть использованы при планировании и проведении экспериментальных исследований прочности клеевых соединений на прямоугольные шипы.

Ключевые слова: склеивание древесины, прямоугольные шипы, прочность, посадка.

Сращивание древесины по длине наиболее часто производится на зубчатые шипы [3, с. 273; 18, с. 3]. Данная технология имеет ряд недостатков: дорогостоящий в изготовлении и обслуживании инструмент, необходимость удаления стружки, сниженная прочность соединений, связанная с затуплением вершин шипов. В качестве альтернативного варианта соединения может быть применено сращивание на прямоугольные прессованные шипы [8, с. 1]. При отсутствии указанных выше технологических проблем соединения на прямоугольные шипы показывают достаточный уровень прочности [9, с. 126].

Прямоугольные фрезерованные шипы применяются в основном в угловых концевых и ящичных соединениях. Для формирования рамок используют одинарный, двойной, реже тройной шип; для формирования коробок, ящичков – многократные прямоугольные шипы. Исследователями установлено, что существенное влияние на прочность угловых соединений на прямоугольные шипы оказывает тип посадки [6, с. 23; 12, с. 462; 11, с. 297]. В связи с этим разработан ряд рекомендаций по выбору посадок для соединений данного типа [7, с. 150; 11, с. 301; 17, с. 505].

Прямоугольные шипы для сращивания по длине предложено использовать в работах [16, с. 24; 1, с. 1; 20, с. 1; 2, с. 150; 8, с. 1]. Выявлено, что по показателям прочности и эстетичности наиболее предпочтительны шипы малых толщин, до 2-4 мм [9, с. 130]. Промышленное внедрение способа сращивания на прямоугольные прессованные шипы сдерживается отсутствием научно обоснованных рекомендаций по выбору посадок в соединении шип-проушина и связанных с этим рекомендаций по параметрам и точности изготовления инструмента.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является обоснование диапазона посадок для соединений по длине на многократные прямоугольные шипы.

Задачи исследования:

- 1) анализ рекомендаций, приведенных в стандартах и научно-технической литературе, по выбору посадок в угловых концевых соединениях на прямоугольные шипы различных типов;
- 2) расчет посадок тремя методами: вероятностным, на максимум-минимум, по средним значениям зазора/натяга;
- 3) выработка рекомендаций по выбору посадок для клеевых соединений по длине на прямоугольные шипы малых толщин.

Ведущий подход. Объектом исследования являются клеевые соединения на прямоугольные шипы. Для обработки информации использовали эмпирико-теоретические методы, в частности, методы сравнения, обобщения, классификации, индукции и аналогии. Расчет зазоров и натягов проводили вероятностным методом, по методу максимума-минимума, по методу средних значений [10, с. 18].

Результаты исследований, их обсуждение. Вопросы, связанные с влиянием типа посадки на прочность клевого шипового соединения, рассмотрены в работах [6; 11, с. 297; 13, с. 209; 15, с. 1]. Установлено, что точность изготовления соединения и тип посадки по толщине шипа (ширине проушины) существенно влияют на его прочностные показатели [19, с. 493; 12, с. 462].

Рамные шипы рекомендуется изготавливать по 12–14 качеству [10, с. 22]. Для зубчатых шипов, используемых для сращивания по длине, установлен 13-й класс точности изготовления [4, с. 2].

Многие исследователи при определении прочностных характеристик соединений на прямоугольные шипы принимают в качестве базовой посадку с зазором 0,02–0,05 мм [13, с. 209] и более [15, с. 1], с толщиной клевого шва 0,1 мм [14, с. 283]. В то же время результаты экспериментальных исследований [6, с. 258; 11, с. 301] позволили заключить, что посадки с натягом имеют ряд преимуществ перед традиционно используемыми посадками с зазором. Данные, полученные в работах [6, с. 255; 12, с. 465], показывают высокую степень корреляции между уменьшением зазора (увеличением натяга) в посадке и повышением прочности. Это может объясняться поверхностным уплотнением древесины в соединении и сниженной толщиной клевого слоя [11, с. 297]. Численное моделирование на основе метода конечных элементов [14, с. 283] подтверждает влияние снижения толщины клевого шва и связанной с этим величины зазора на повышение прочности соединений.

ГОСТ 9330 регламентирует натяг в шиповых соединениях от 0 до 0,3 мм [5, с. 12]. Для шипов толщиной 10 мм в работе [11, с. 301] предложен натяг 0,1–0,2 мм, в работе [6, с. 258] – 0,3 мм, для шипов толщиной 16 мм – 0,2 мм в работе [17, с. 505].

Вместе с тем в учебно-справочной литературе [7, с. 150; 10, с. 22], разработанной на основе РТМ 13-330014-61-84 для применения при изготовлении угловых концевых и ящичных соединений, приводятся посадки по толщине шипа (ширине проушины) Н13/h13, Н13/js13, Н13/k13, Н13/za13. Расчет этих посадок по вероятностному методу (рис. 1) показал, что не все виды посадок и не для всех типовых толщин шипов отвечают требованиям ГОСТ 9330.

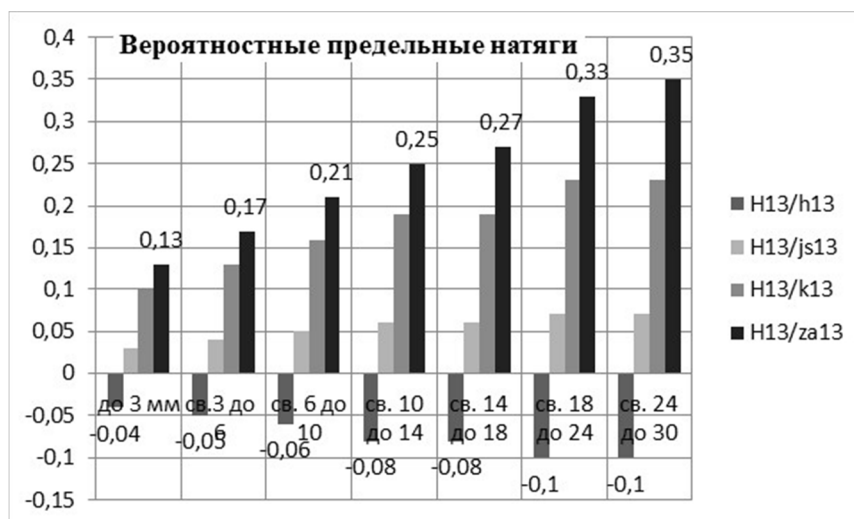


Рис. 1. Вероятностные предельные натяги для посадок Н13/h13, Н13/js13, Н13/k13, Н13/za13 в интервале размеров от 0 до 30 мм

Так, посадка Н13/h13 с величиной вероятностного предельного натяга, равной -0,04...-0,1 мм (т. е. зазору +0,04...+0,1 мм) для диапазона наиболее часто применяемых толщин шипов 0÷30 мм, не вписывается в регламентированный ГОСТ 9330 диапазон натягов от 0 до 0,3 мм. Посадка Н13/js13 с вероятностным предельным натягом от +0,03 до +0,07 мм в рассматриваемом диапазоне размеров соответствует ГОСТ 9330 лишь в части требований для твердых лиственных пород (от 0 до +0,2 мм) и не входит в диапазон натягов для соединений из хвойных и мягких лиственных пород (от +0,1 до +0,3 мм). Посадки Н13/k13 и Н13/za13 могут быть рекомендованы для большинства размеров из рассматриваемого диапазона, за исключением посадки Н13/za13 для размеров свыше 18 мм.

Для указанных посадок также проведены расчеты по методам максимума-минимума и средним значениям зазоров и натягов. Посадка Н13/js13 отвечает требованиям по величине максимального натяга в заготовках из хвойных пород в интервале размеров свыше 6 до 30 мм; посадка Н13/k13 – от 0 до 18 мм; посадка Н13/za13 – от 0 до 10 мм. Посадка Н13/za13 дает требуемый средний натяг в заготовках из хвойных пород в диапазоне размеров свыше 18 до 30 мм.

В таблице 1 приведены результаты анализа величин зазоров (натягов) в рекомендуемых посадках [7, с. 150] для размерного интервала наиболее часто применяемых толщин шипов 0–30 мм.

Таблица 1

Соответствие зазоров и натягов в посадках требованиям ГОСТ 9330*

Посадка	Метод расчета		
	вероятностный	на максимум-минимум	средние значения зазора/натяга
H13/h13	не соответствует	до 30 мм** до 30 мм**	не соответствует
H13/js13	до 30 мм не соответствует	до 30 мм свыше 6 до 30 мм	не соответствует
H13/k13	до 18 мм до 30 мм	до 6 мм до 18 мм	до 30 мм не соответствует
H13/za13	до 6 мм до 18 мм	до 3 мм до 10 мм	до 30 мм свыше 18 до 30 мм

* В числителе – значения для твердых лиственных пород, в знаменателе – для хвойных и мягких лиственных пород.

**При условии сочетания максимальной толщины шипа и минимальной ширины проушины.

Таким образом, в качестве предпочтительных посадок для прямоугольных шипов малых толщин до 3–10 мм в угловых соединениях можно отметить посадки H13/k13 и H13/za13 с натягами от 0 до +0,27 мм. По аналогии можно рекомендовать подобные посадки для соединений по длине на прямоугольные шипы, с их экспериментальным обоснованием. В задачи дальнейших исследований входит определение влияния типа посадки на прочностные свойства соединений по длине на прямоугольные прессованные шипы, с учетом точности, достигаемой при холодном торцовом прессовании шипов (11 квалитет).

Выводы:

1) Рекомендации по выбору посадок в угловых концевых соединениях на прямоугольные шипы, приведенные в учебно-справочной литературе, имеют расхожения с требованиями ГОСТ 9330 по обеспечению натяга от 0 до 0,3 мм и с заключениями по результатам проведенных ранее экспериментальных исследований по определению влияния величины натяга на прочность соединения. Представляется целесообразным уточнить требования в регламентирующих документах по величине натягов с учетом диапазона толщин шипа.

2) Расчет посадок тремя методами: вероятностным, на максимум-минимум, по средним значениям зазора/натяга показал, что посадка H13/h13 не соответствует требованиям стандарта, посадка H13/js13 ограниченно применима в части исследуемого интервала толщин шипа, посадка H13/k13 в основном отвечает требованиям в части исследуемого интервала, посадка H13/za13 соответствует требованиям при малых толщинах шипа.

3) Наиболее близки к требованиям ГОСТ 9330 и рекомендациям ранее проведенных исследований посадки H13/k13 и H13/za13 с натягами до +0,27 мм. Посадки H13/k13 и H13/za13 обеспечивают требуемые расчетные натяги в заготовках из твердых лиственных пород для шипов толщиной до 3 мм. Расчеты посадок H13/k13 и H13/za13 для заготовок из хвойных и мягких лиственных пород по вероятностному методу и на максимум-минимум показали их применимость для шипов толщиной до 10 мм, однако метод средних значений не позволяет однозначно рекомендовать данные посадки. Результаты исследований требуют экспериментального подтверждения и могут быть использованы при планировании и проведении экспериментальных исследований прочности клеевых соединений на прямоугольные шипы.

Список литературы

1. Аюков С. Прочность сращивания на прямые ящичные шипы // Сергей Аюков. 2008. URL: <http://www.ayukov.com/woodworking/tips/box-joint-strength.html> (дата обращения: 25.12.18).
2. Барташевич А. А., Трофимов С. П. Конструирование мебели. Мн. : Современная школа, 2006. 336 с.
3. Волынский В. Н. Технология клееных материалов. СПб. : ПРОФИКС, 2008. 392 с.
4. ГОСТ 19414-90. Древесина клееная массивная. Общие требования к зубчатым клеевым соединениям. М. : Издательство стандартов, 1990. 7 с.
5. ГОСТ 9330–2016. Основные соединения деталей из древесины и древесных материалов. Типы и размеры. М. : Стандартинформ, 2017. 16 с.
6. Куликов И. В. Основы взаимозаменяемости и технические измерения в деревообработке. М. : Лесная пром-ть, 1966. 376 с.

7. Радчук Л. И. Основы конструирования изделий из древесины : учеб. пособие. М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. 200 с.
8. 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.
9. Рублева О. А. Формирование прямоугольных шипов способом торцового прессования // Лесотехнический журнал. 2013. № 4 (вып. 12). С. 126–133. DOI: 10.12737/2191.
10. Стовнюк Ф. С. Технология изделий из древесины. Расчет допусков. Л. : ЛТА, 1986. 80 с.
11. Džinčić I., Živanić D. The influence of fit on the distribution of glue in oval tenon/mortise joint // Wood Research. 2014. Т. 59. №. 2. С. 297–302.
12. Effect of tenon geometry, grain orientation, and shoulder on bending moment capacity and moment rotation characteristics of mortise and tenon joints / Likos E at al. // Wood and Fiber Science. 2012. Т. 44. № 4. С. 462–469.
13. Erdil Y. Z., Kasal A., Eckelman C. A. Bending moment capacity of rectangular mortise and tenon furniture joints // Forest Products Journal. 2005. Т. 55. № 12. С. 209.
14. Experimental and numerical analysis of CFRP-strengthened finger-jointed timber beams / Khelifa M. at al. // International Journal of Adhesion and Adhesives. 2016. Т. 68. С. 283–297. DOI: 10.1016/j.jadhadh.2016.04.007.
15. Gawroński T., Smardzewski J. Rigidity-strength models and stress distribution in housed tenon joints subjected to torsion // Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU). 2006. Т. 9. №. 4. Ст. 32.
16. Guidice A. The Seven Essentials of Woodworking. Sterling, 2001. 128 p.
17. Hu W. G., Fu W. L., Guan H. Y. Optimal design of stretchers positions of mortise and tenon joint chair // Wood research. 2018. Т. 63. №. 3. С. 505–516.
18. Jokerst R. W. Finger-Jointed Wood Products. Forest Products Lab Madison Wi. № FSRP-FPL-382. 1981. 26 p.
19. Tankut N. The effect of adhesive type and bond line thickness on the strength of mortise and tenon joints // International journal of adhesion and adhesives. 2007. Т. 27. №. 6. С. 493–98. DOI: 10.1016/j.jadhadh.2006.07.003.
20. Wood connections with a finger joint // Free construction plans for home made scaffold furniture. URL: <https://homemade-furniture.com/woodworking-joints/finger-joint> (дата обращения: 25.12.18).

Fits in rectangular finger joints

O. A. Rubleva¹, A. G. Gorohovsky²

¹PhD of Technical Sciences, associate professor of the Department of machinery and woodworking technology, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: olga_ru@vyatsu.ru

²Doctor of Technical Sciences, deputy head of the Department of automation and innovative technologies, Ural State Forest Engineering University. Russia, Ekaterinburg. E-mail: goralegr@yandex.ru

Abstract. Gluing wood blanks along the length of rectangular spikes is a promising method of splicing due to its efficiency and performance, but requires scientific justification of the choice of fits in the mortise and tenon joint. The aim of the study is to substantiate the range of fits for connections along the length of multiple rectangular spikes. Analysis of the existing requirements for the choice of landings in standard connections showed that the standards regulate the overlap in the joint tenon-eye from 0 to 0.3 mm, but not all recommended in the reference literature fit meet this requirement. The calculation of fits was carried out on the basis of three methods: probabilistic, maximum-minimum, average tension. For stud thicknesses up to 3 mm fitting H13/k13 and H13/za13 with tightness up to +0.27 mm are closest to the requirements of GOST 9330 and the recommendations of previous studies. The results of the work can be used in planning and conducting experimental studies of the strength of adhesive joints on rectangular spikes.

Keywords: wood bonding, rectangular spikes, strength, fitting

References

1. Ayukov S. Prochnost' srashchivaniya na pryamye yashchichnye shipy [The strength of the splice box for direct spikes] // Sergey Ayukov. 2008. Available at: <http://www.ayukov.com/woodworking/tips/box-joint-strength.html> (date accessed: 25.12.18).
2. Bartashevich A. A., Trofimov S. P. Konstruirovaniye mebeli [Furniture design]. Mn. Sovremennaya shkola. 2006. 336 p.
3. Volynskiy V. N. Tekhnologiya kleenyykh materialov [Technology of glued materials]. SPb. Profix. 2008. 392 p.
4. GOST 19414-90. Solid glued wood. General requirements for toothed adhesive joints. M. Standards. 1990. 7 p. (in Russ.)
5. GOST 9330-2016. Basic connections of parts made of wood and wood materials. Types and sizes. M. Standartinform. 2017. 16 p. (in Russ.)
6. Kulikov I. V. Osnovy vzaimozamenyaemosti i tekhnicheskie izmereniya v derevoobrabotke [Basics of interchangeability and technical measurements in woodworking]. M. Lesnaya prom-t'. 1966. 376 p.
7. Radchuk L. I. Osnovy konstruirovaniya izdelij iz drevesiny : ucheb. posobie [Bases of designing of products from wood : tutorial]. M. State Educational Establishment of Higher Professional education MSUW. 2006. 200 p.
8. Rubleva O. A. Sposob formirovaniya elementov shipovykh soedinenij derevyannykh zagotovok [Method of forming elements of spike joints of wooden billets] // Pat. 2741614 Rus. Federation. No. 2011116271/13; publ. 25.04.2011; publ. 10.01.2013, priority 25.04.11.

9. Rubleva O. A. *Formirovanie pryamougol'nyh shipov sposobom torcovogo pressovaniya* [Formation of rectangular spikes by means of face pressing] // *Lesotekhnicheskij zhurnal* – Forest engineering journal. 2013. No. 4 (vol. 12). Pp. 126–133. DOI: 10.12737 / 2191.
10. Stovpyuk F. S. *Tekhnologiya izdelij iz drevesiny. Raschet dopuskov* [Technology of wood products. The calculation of tolerances]. L. LTA. 1986. 80 p.
11. Džinčić I., Živanić D. The influence of fit on the distribution of glue in oval tenon/mortise joint // *Wood Research*. 2014. Vol. 59. No. 2. Pp. 297–302.
12. Effect of tenon geometry, grain orientation, and shoulder on bending moment capacity and moment rotation characteristics of mortise and tenon joints / Likos E at al. // *Wood and Fiber Science*. 2012. Vol. 44. No. 4. Pp. 462–469.
13. Erdil Y. Z., Kasal A., Eckelman C. A. Bending moment capacity of rectangular mortise and tenon furniture joints // *Forest Products Journal*. 2005. Vol. 55. No 12. P. 209.
14. Experimental and numerical analysis of CFRP-strengthened finger-jointed timber beams / Khelifa M. at al. // *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2016. Vol. 68. Pp. 283–297. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2016.04.007.
15. Gawroński T., Smardzewski J. Rigidity-strength models and stress distribution in housed tenon joints subjected to torsion // *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU)*. 2006. Vol. 9. No 4. Art. 32.
16. Guidice A. *The Seven Essentials of Woodworking*. Sterling, 2001. 128 p.
17. Hu W. G., Fu W. L., Guan H. Y. Optimal design of stretchers positions of mortise and tenon joint chair // *Wood research*. 2018. Vol. 63. No 3. Pp. 505–516.
18. Jokerst R. W. *Finger-Jointed Wood Products*. Forest Products Lab Madison Wi. No FSRP-FPL-382. 1981. 26 p.
19. Tankut N. The effect of adhesive type and bond line thickness on the strength of mortise and tenon joints // *International journal of adhesion and adhesives*. 2007. Vol. 27. No 6. Pp. 493–98. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2006.07.003.
20. Wood connections with a finger joint // *Free construction plans for home made scaffold furniture*. Available at: <https://homemade-furniture.com/woodworking-joints/finger-joint> (date accessed: 25.12.18).