

2. При одинаковом объеме производства пиломатериалов снижение процента выхода основных компонентов баланса древесины влечет за собой снижение общей стоимости всей выпускаемой продукции. При рациональном использовании сопутствующей продукции стоимость можно значительно повысить.

3. Повышение процента выхода пиломатериалов уменьшает расход сырья, затраты на его подготовку, хранение, транспортировку и т. д.

4. Предложенная методика, связанная с анализом различного комплексного использования древесины, позволяет обоснованно подходить к оценке и выбору оптимальных вариантов переработки сырья на основную и сопутствующую продукцию с учетом наиболее эффективных направлений ее использования.

5. Полный комплексный анализ эффективности лесопиления можно провести с учетом всех затрат на сырье.

### Библиографический список

1. Песоцкий А. П., Ясинский В. С. Рациональное использование древесины в лесопилении. – М. : Лесн. пром-сть, 1977. – 128 с.

2. Куроптев П. Ф., Щеглов В. Ф., Панасевич Т. Г. Справочник мастера лесопильного производства. – М. : Лесн. пром-сть, 1990. – 208 с.

3. Нормы расхода сырья и материалов в лесной промышленности: справочник. – М. : Лесн. пром-сть, 1973. – 176 с.

4. Азаренок В. А., Кошелева Н. А., Меньшиков Б. Е. Лесопильно-деревообрабатывающие производства лесозаготовительных предприятий : учеб. пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 593 с.

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>, A. G. Gorokhovskiy<sup>2</sup>, E. E. 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

### МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПО ДЛИНЕ И ИХ СТОЙКОСТИ К ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

### METHODS FOR ESTIMATING THE LONG-TERM STRENGTH OF GLUED END JOINTS AND THEIR RESISTANCE TO THE TEMPERATURE AND HUMIDITY EFFECTS

*Сращивание по длине является востребованной мерой для выработки длинномерных заготовок. Для определения прочности соединений по длине наиболее часто применяют механические испытания. Эти методы наиболее целесообразны и для опытных образцов соединений новых типов, к которым относится разработанное авторами соединение на прессованные прямоугольные шипы. Типовые испытания на растяжение и изгиб показали применимость этих соединений для производства несущих конструкций. Для определения возможности расширения сферы применения соединений на прессованные шипы необходимо установить ряд дополнительных показателей. К ним относятся длительная прочность и стойкость к температурно-влажностным воздействиям. В существующих стандартах эти методы предполагают*

другие виды испытаний, например определение прочности при скалывании. Поэтому предложенные ранее методы требуют адаптации применительно к клеевым соединениям по длине.

*Lengthwise splicing is a popular measure for the production of long workpieces. Mechanical tests are most often used to determine the strength of end joints. These methods are most appropriate for prototypes of new types of joints, which include the joint on pressed rectangular tenons developed by the authors. Tensile and flexural type tests have shown the applicability of these joints for the production of non-structural structures. It is necessary to establish a number of additional indicators to determine the possibility of expanding the scope of the joints on pressed tenons. These include long-term strength and resistance to the temperature and humidity effects. In existing standards, these methods involve other types of tests, for example, determination of shear strength. Therefore, the previously proposed methods require adaptation in relation to glued joints for splicing.*

В условиях дефицита качественного пиловочного сырья сращивание по длине является необходимой и весьма востребованной мерой для выработки длинномерных деталей из короткомерных заготовок. Клееные детали применяют для производства широкого спектра продукции деревообрабатывающих производств: столярных плит, клееных щитов, клееного бруса, оконных и дверных блоков, клееных деревянных конструкций. Качество клеевых соединений играет ключевую роль в обеспечении эксплуатационных показателей, качества и долговечности этих изделий.

Перечни показателей качества изделий и требования к качеству соединений изложены в ряде нормативных документов: ГОСТ 4.223-83, ГОСТ 4.226-83, ГОСТ 475-2016, ГОСТ 20850-2014, СП 64.13330.2017; стандартах для деревянных клееных конструкций серии СТО 36554501, например СТО 36554501-001-2006 «Деревянные клееные конструкции. Методы испытаний клеевых соединений при изготовлении» и др. [1–8]. Среди показателей качества соединений рассматриваются прочность, точность формирования шипов, толщина клеевого слоя, зазор в стыках и др. Наиболее значимым показателем качества клеевого соединения является его прочность [9]. Оценка показателей прочности с помощью выборочных испытаний типовых образцов механическим разрушением является максимально информативной для серии однородной продукции и особенно целесообразна при проектировании и изготовлении опытных образцов [10].

Авторами предложена новая технология формирования профиля шипового соединения торцовым прессованием, отличающаяся экономичностью и широкой вариативностью геометрических параметров шипов [11–14]. В работе [15] показаны результаты механических испытаний прочности соединений на прессованные прямоугольные шипы при изгибе и растяжении по ГОСТ 15613.5-79, ГОСТ 15613.4-78, ГОСТ 33120-2014. Установлено, что показатели прочности клеевых соединений нового типа соответствуют требованиям, предъявляемым к заготовкам для изготовления изделий, эксплуатируемых во внутренних отапливаемых помещениях, в том числе ненесущих и самонесущих ограждающих конструкций и предметов интерьера, в частности дверных и оконных блоков (ГОСТ 30972-2002, ГОСТ 24700-99), деталей мебели, напольных покрытий, подоконников и т.п.

Для определения возможности расширения сферы применения соединений на прессованные шипы необходимо установить ряд дополнительных показателей, используемых для оценки длительной прочности и стойкости к температурно-влажностным воздействиям. Эти показатели не регламентируются стандартами на клеевые соединения по длине (ГОСТ 19414), детали и изделия деревянные для зданий (ГОСТ 11047), заготовки и детали деревянные клееные для оконных и дверных

блоков (ГОСТ 30972) и другими стандартами на несущие и самонесущие ограждающие конструкции, конструкции предметов интерьера. Такие требования приведены в основном в стандартах на клееные несущие деревянные конструкции. Для разработки показателей длительной прочности и стойкости к температурно-влажностным воздействиям клеевых соединений по длине на прессованные шипы необходим анализ этой нормативной документации.

Требования к клееным несущим деревянным конструкциям приведены в ГОСТ 20850-2014. В стандарте регламентируются значения показателей прочности как элементов конструкций в целом, так и их слоев. Для соединений по длине нормированы значения минимального предела прочности на изгиб, определенного по ГОСТ 33120-2014. Остальные методы определения показателей прочности относятся к другим типам соединений, например предел прочности на послойное скалывание – к боковому соединению на гладкую фугу.

В другом ссылочном стандарте ГОСТ 33121-2014 установлены методы определения стойкости клеевых соединений к температурно-влажностным воздействиям. Для механических испытаний используются образцы для определения прочности при скалывании вдоль волокон. Для соединений по длине таких испытаний не предусмотрено. Предшествовавшие ГОСТ 33121 стандарты ГОСТ 19100-73, ГОСТ 17580-82 рекомендовали применение указанных методов при разработке технических требований к конструкциям, при проверке новых видов клеев и разработке технологических режимов склеивания.

Методы определения длительной прочности клеевых соединений деревянных клееных конструкций установлены ГОСТ 34349-2017. Стандарт предусматривает испытание образцов на скалывание при растяжении и растяжение клеевого торцевого соединения впритык.

Таким образом, в рассмотренных стандартах не предложены методы оценки длительной прочности и стойкости к температурно-влажностным воздействиям непосредственно для клеевых соединений по длине. При разработке методов и режимов проведения подобных испытаний для клеевых соединений по длине можно опираться на положения, изложенные в рассмотренных выше стандартах.

По аналогии с методиками, предложенными в ГОСТ 33121-2014, показатели могут быть определены следующим образом.

1. Водостойкость может быть определена путем испытаний соединений на прочность при растяжении и изгибе по ГОСТ 15613.5-79, ГОСТ 15613.4-78, ГОСТ 33120-2014 после вымачивания их в воде в течение 48 ч и кипячения в течение 3 ч в мокром и сухом состоянии. Относительная прочность клеевых соединений мокрых и высушенных образцов рассчитывается как отношение среднего арифметического результатов испытаний к результатам испытаний контрольных образцов, не подвергавшихся вымачиванию и кипячению. Группа водостойкости устанавливается в зависимости от абсолютных и относительных значений прочности соединений (по п. 6.10 ГОСТ 33121-2014).

2. Стойкость к циклическим температурно-влажностным воздействиям может быть определена путем испытаний соединений на прочность при растяжении и изгибе по ГОСТ 15613.5-79, ГОСТ 15613.4-78, ГОСТ 33120-2014 после 40 циклов температурно-влажностных воздействий (при проведении научно-исследовательских работ количество циклов может быть изменено). Цикл включает вымачивание в течение 20 ч, выдержку в морозильной камере при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 6 ч, оттаивание в течение 16 ч, сушку при температуре  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 6 ч. Относительная прочность соединений рассчитывается как отношение среднего арифметического результатов испытаний к результатам испытаний контрольных образцов, не подвергавшихся

циклическим температурно-влажностным воздействиям. Полученные значения относительной прочности позволят установить группу стойкости (по п. 7.9 ГОСТ 33121-2014).

3. Теплостойкость соединений может быть определена путем испытаний соединений на прочность при растяжении и изгибе по ГОСТ 15613.5-79, ГОСТ 15613.4-78, ГОСТ 33120-2014 после выдержки в термокамере при температуре 90 °С в течение двух недель, морозостойкость – после вымачивания в течение 48 ч, выдержки в морозильной камере при температуре –20 °С в течение двух недель, выдержки в нормальных температурно-влажностных условиях в течение двух недель. Относительная прочность соединений рассчитывается как отношение среднего арифметического результатов испытаний к результатам испытаний контрольных образцов, не подвергавшихся температурно-влажностным воздействиям. Полученные значения относительной прочности позволят установить группу тепло- или морозостойкости (по п. 8.10 ГОСТ 33121-2014).

4. Атмосферостойкость соединений может быть определена путем испытаний соединений на прочность при растяжении и изгибе по ГОСТ 15613.5-79, ГОСТ 15613.4-78, ГОСТ 33120-2014 после выдержки на испытательных стендах испытательных площадок в атмосферных условиях в течение 1, 3, 6, 9, 12 мес. и выдержки в нормальных температурно-влажностных условиях в течение двух недель. Относительная прочность соединений рассчитывается как отношение среднего арифметического результатов испытаний к результатам испытаний контрольных образцов, не подвергавшихся атмосферным воздействиям. Полученные значения относительной прочности позволят установить группу атмосферостойкости (по п. 9.10 ГОСТ 33121-2014).

5. Стойкость соединений к расслаиванию может быть определена путем испытаний соединений на прочность при растяжении и изгибе по ГОСТ 15613.5-79, ГОСТ 15613.4-78, ГОСТ 33120-2014 после обработки в автоклаве или вымачивания в холодной или кипящей воде. Режимы назначаются в зависимости от класса функциональной ответственности конструкции в соответствии с нормативными требованиями (например по ГОСТ 20850). В соответствии с п. 10.10 ГОСТ 33121-2014 за положительный результат испытаний будет приниматься относительное значение предела прочности не менее 10 % от прочности контрольных образцов.

6. Длительная прочность может быть найдена путем определения времени до разрушения при заданном уровне нагрузки (0,7; 0,8; 0,9 от кратковременной прочности контрольных образцов) при растяжении и изгибе по ГОСТ 15613.5-79, ГОСТ 15613.4-78, ГОСТ 33120-2014.

Предложенные методы оценки длительной прочности клеевых соединений по длине и их стойкости к температурно-влажностным воздействиям могут быть применены для определения возможности использования соединений нового типа в различных конструкциях, в том числе несущих. Недостатком предложенных методов является отсутствие в настоящий момент времени результатов подобных испытаний для аналогов – соединений на фрезерованные зубчатые шипы. В этой связи применимость предложенных методов требует конструктивной дискуссии.

### Библиографический список

1. ГОСТ 15613.4-78. Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при статическом изгибе. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 5 с.
2. ГОСТ 15613.5-79. Древесина клееная массивная. Метод определения предела прочности зубчатых клеевых соединений при растяжении. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 7 с.
3. ГОСТ 19414-90. Древесина клееная массивная. Общие требования к зубчатым клеевым соединениям. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 7 с.

4. ГОСТ 20850-2014. Конструкции деревянные клееные несущие. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2019. – 15 с.
5. ГОСТ 23166-99. Блоки оконные. Общие технические условия. – М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000. – 45 с.
6. ГОСТ 24700-99. Блоки оконные деревянные со стеклопакетами. Технические условия. – М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000. – 55 с.
7. ГОСТ 475-2016. Блоки дверные деревянные и комбинированные. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2017. – 33 с.
8. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции : свод правил : актуализированная редакция СНиП II-25-80: дата введения 2017-08-28 / разработаны Центральным научно-исследовательским институтом строительных конструкций имени В. А. Кучеренко. – М. : Стандартинформ, 2019. – 140 с.
9. Рублева О. А., Гороховский А. Г. Прочность склеивания древесины по длине на прямоугольные шипы // Хвойные бореальной зоны. – 2019. – Т. XXXVII. – № 5. – С. 358–366.
10. Рублева О. А., Гороховский А. Г. Оценка прочности клеевых соединений по длине на прямоугольные шипы // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы : социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики : матер. XII Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2019. – С. 59–61.
11. Пат. 2741614 Российская Федерация, В27F1. Способ формирования элементов шиповых соединений деревянных заготовок / Рублева О. А. – № 2011116271/13 ; заявл. 25.04.2011 ; опубл. 10.01.2013 ; приоритет 25.04.11.
12. Rubleva O. A., Gorokhovskiy A. G. Prediction model for the pressing process in an innovative forming joints technology for woodworking // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Т. 537. – № 2. – Ст. 022064. DOI: 10.1088/1757-899X/537/2/022064.
13. Rubleva O. A. Structural changes of Scots pine wood caused by local pressing in the longitudinal direction // Drewno. – 2019. – Т. 62. – № 204. – С. 23–39. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.268.06.
14. Рублева О. А. Формирование прямоугольных шипов способом торцового прессования // Лесотехн. жур. – 2013. – № 4 (вып. 12). – С. 126–133. DOI: 10.12737/2191.
15. Рублева О. А., Гороховский А. Г. Экспериментальная оценка прочности склеивания древесины по длине на прямоугольные прессованные шипы // Лесн. жур. – 2020. – № 3. – С. 128–142. DOI 10.37482/0536-1036-2020-3-128–142.

УДК 674.049

**Н. А. Тарбеева, О. А. Рублева**  
**(N. A. Tarbeeva, O. A. Rubleva)**

(ВятГУ, г. Киров, РФ) nataly.ntar534@yandex.ru

## **МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЗАГОТОВОК ИЗ ДРЕВЕСИНЫ**

## **THE MECHANISM OF FORMATION OF THE MODIFIED SURFACE LAYER OF WOOD BLANKS**

*Комбинированный способ модифицирования заготовок из древесины на основе обжига, браширования, прессования и термической обработки позволяет комплексно повышать физико-механические и декоративные показатели свойств сырья. Для понимания механизма формирования модифицированного слоя поэтапно исследованы*