

УДК 691.11:674.21

Д. Л. Рапинчук, ассистент (БГТУ); Л. М. Бахар, ассистент (БГТУ)

АНАЛИЗ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТОЛЯРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

На основе различных стандартных методик определены физико-механические характеристики клеевых соединений, образованных при склеивании древесины различными клеями. Дана оценка клеевых материалов, используемых при изготовлении столярно-строительных деталей. Разработаны рекомендации по применению клеев в производстве столярно-строительных изделий.

On the basis of various standard techniques physicomachanical characteristics of the glutinous connections formed at pasting of wood by various glues are certain. The estimation of the glutinous materials used at manufacturing of joiner-building details is given. Recommendations on application of glues in manufacture of joiner-building products are developed.

Введение. Достоинством натуральной древесины являются: высокая прочность, низкая звуко- и теплопроводность; высокая морозостойкость; легкость в обработке; простота утилизации; низкий коэффициент температурного линейного расширения. По этим причинам натуральная древесина и стала основным материалом для производства столярно-строительных изделий. В последнее время наряду с цельной древесиной при производстве стеновых и оконных систем в строительстве стал все чаще использоваться клееный брус.

Надлежащее качество выпускаемого клееного бруса обеспечивается многими факторами, среди которых одним из важнейших является применяемый клей. В связи с этим сегодня актуальным является вопрос использования того или иного клея из целой гаммы клеевых материалов на рынке Республики Беларусь. Предприятия по выпуску столярно-строительных изделий наиболее часто применяют клеевые материалы европейских фирм-изготовителей, например Kleiberit, Bindulin, Rakoll, Akzo Nobel и др.

В соответствии с основными нагрузками, возникающими при эксплуатации клееной древесины, клеевые соединения чаще всего подвергаются испытаниям на прочность при сдвиге или скалывании вдоль волокон древесины.

В нашей стране распространен метод испытания прочности клеевых соединений на скалывание вдоль волокон древесины по действующему ГОСТ 15613.1–84 [1]. При определении водостойкости клеевых соединений используют метод, основанный на определении группы водостойкости по прочности клеевых соединений при скалывании вдоль волокон после выдержки образцов в воде и их кипячении ГОСТ 17005–82 [2].

В европейских странах наиболее распространенным методом испытания клеевых соединений является определение прочности клеевого соединения при сдвиге DIN EN 205 [3]. Нормативы прочности клеевых соединений древесины на сдвиг в соответствии с DIN EN 205 [3] приво-

дятся в европейском стандарте DIN EN 204 [4], в котором одновременно регламентируются требования к водостойкости соединений. Изучение и возможность адаптации европейских стандартов в Республике Беларусь вызвана следующими причинами. Во-первых, значительная часть клееной древесной продукции отечественных производителей экспортируется за рубеж, а во-вторых, происходящие интеграционные экономические процессы между нашим государством и европейскими странами предъявляют единые и достаточно высокие требования к продукции деревообработки вообще и к клееным изделиям из массивной древесины в частности.

Целью проводимых исследований являлись:

– апробация вышеперечисленных методов по определению свойств клеевых соединений в столярно-строительных изделиях;

– исследование физико-механических характеристик клеевых соединений, образованных при склеивании древесины различными клеями;

– оценка методик испытаний клеевых соединений и клеевых материалов, используемых при производстве столярно-строительных деталей.

Основная часть. Прочность клеевого соединения на скалывание вдоль волокон древесины по ГОСТ 15613.1 определяется на образцах, у которых площадь клеевого соединения (предполагаемая площадь скалывания при испытании) составляет 600 мм^2 ($30 \times 20 \text{ мм}$) (рис. 1, а). До испытания заготовки, из которых впоследствии выпиливают образцы, выдерживают в помещении при температуре 20°C и относительной влажности воздуха 60% не менее трех суток после склеивания. Для испытания образцов необходима испытательная машина с максимальным усилием до $50\,000 \text{ Н}$, а также специальное приспособление. При испытании образцы нагружают непрерывно при скорости перемещения нагружающей головки испытательной машины $0,60 \pm 0,15 \text{ мм/мин}$.

Для определения прочности клеевого соединения при сдвиге по методике, изложенной в европейских стандартах DIN EN 205, используют

деревянные пластины, вырезанные из древесины бука, при этом строго регламентируется плотность ($700 \pm 100 \text{ кг/м}^3$) и влажность древесины (12%). Волокна древесины должны располагаться вдоль плоскости склейки (по направлению растяжения при испытании), а годовые кольца – под углом 30–90° к плоскости склейки. В соответствии с DIN EN 205 образцы для испытаний представляют собой склеенные по пластям две пластинки длиной 150 мм, шириной 20 мм и толщиной 5 мм каждая. Образцы имеют поперечные прорези с расстояниями между ними 10 мм, что и составляет размер площади склеивания 200 мм^2 ($10 \times 20 \text{ мм}$) (рис. 1, б). Образцы вырезают из склеенных заготовок не ранее чем через 7 сут после склеивания и сразу проводят испытания.

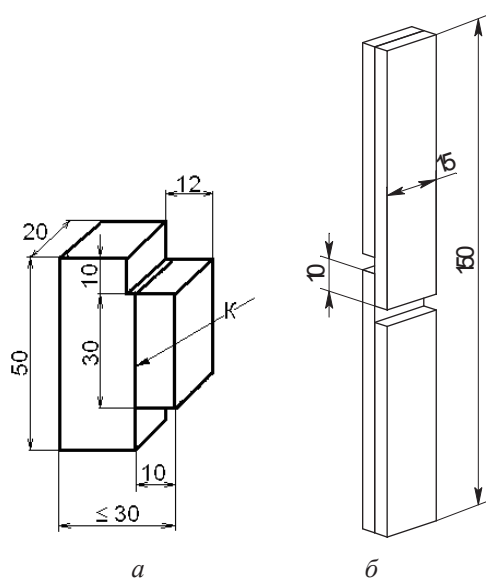


Рис. 1. Образцы для определения прочности клеевых соединений:
 а – образец для определения прочности клеевого соединения на скалывание вдоль волокон по ГОСТ 15613.1;
 б – образец для определения прочности клеевого соединения на сдвиг по DIN EN 205

Поскольку площадь склеивания у образцов, изготовленных по DIN EN 205, в 3 раза меньше, чем у образцов, изготовленных по ГОСТ 15613.1, это позволяет использовать менее мощные разрывные машины. Кроме того, для испытания образцов, изготовленных по методике DIN EN 205, нет необходимости в изготовлении специальных приспособлений.

Испытания образцов на сдвиг по DIN EN 205 проводят при скорости перемещения нагружающей головки испытательной машины 50 мм/мин, что на порядок выше, чем при испытании образцов по ГОСТ 15613.1. Это способствует снижению затрат времени на проведение испытаний.

Полученные в результате испытаний значения прочности клеевых соединений оценивают путем сопоставления с нормативными значениями, которые также регламентируются стандартами.

Нормативы прочности клеевых соединений древесины на сдвиг в соответствии с DIN EN 205 приведены в европейском стандарте DIN EN 204. Этот стандарт предусматривает классификацию клеевых соединений на четыре группы нагрузки по водостойкости D1, D2, D3 и D4 (табл. 1). Нормативные значения в зависимости от выдержки образцов в различных условиях приведены в табл. 2.

В ГОСТ 17005–82 представлено деление клеевых соединений по степени водостойкости на четыре группы, которые устанавливаются средним арифметическим показателем прочности на скалывание вдоль волокон древесины (табл. 3) испытанных образцов, изготовленных из древесины сосны.

Метод определения водостойкости клеевых соединений, описанных в ГОСТ 17005–82, основан на определении группы водостойкости по прочности клеевых соединений при скалывании вдоль волокон (ГОСТ 15613.1) после выдержки образцов в воде и их кипячения. Нормативные требования, приведенные в табл. 3, менее жесткие, чем по стандарту DIN EN 204.

Таблица 1

Классификация клеев по DIN EN 204

Группа нагрузки	Примеры климатических условий и примеры применения нагрузки
D1	Внутри помещений, причем температура может превышать 50°C лишь время от времени и только кратковременно, влажность древесины может достигать 15%
D2	Внутри помещений при кратковременном воздействии проточной или конденсированной воды и (или) повышении на короткое время влажности воздуха
D3	Внутри помещения при частом кратковременном воздействии проточной или конденсированной воды и (или) повышении на короткое время влажности воздуха
D4	Применение снаружи помещений при защите от длительного воздействия погодных условий. Внутри помещений при сильном воздействии проточной или конденсированной воды и при длительном воздействии высокой влажности воздуха. Снаружи помещений, где клеевое соединение подвергается любым погодным условиям, однако, по возможности, с соответствующей защитной поверхностью

Таблица 2

**Минимальные показатели
прочности склеивания**

№ группы выдержек	Вид и продолжительность выдержек	Прочность на сдвиг по DIN EN 205, Н/мм ² , не менее			
		D1	D2	D3	D4
1	7 сут при норм. условиях	10	10	10	10
2	7 сут при норм. условиях				
	3 сут в холодной воде 7 сут при норм. условиях		8		
3	7 сут при норм. условиях				
	4 сут в холодной воде			2	4
4	7 сут при норм. условиях				
	4 сут в холодной воде				
	7 сут при норм. условиях			8	
5	7 сут при норм. условиях				
	6 ч в кипящей воде				
	2 ч в холодной воде				4
6	7 сут при норм. условиях				
	6 ч в кипящей воде				
	2 ч в холодной воде				
	7 сут при норм. условиях				8

По ГОСТ 17005–82 показатель водостойкости клеевых соединений определяют на образцах, выполненных из древесины сосны, а по стандарту DIN EN 204 – из древесины бука.

Известно, что прочность на скалывание древесины сосны ниже, чем древесины бука, и этот факт сказывается на достоверности оценки показателей прочности по ГОСТ 17005–82. Однако учитывая, что в этих двух стандартах рассмотрены различные условия и методы испытаний, сравнивать их вряд ли можно.

В БГТУ были проведены исследования по определению водостойкости клеевых соединений по вышеописанным методикам с использованием четырех марок клеев:

- меламинокарбамидоформальдегидный «Akzo Nobel №1247» с отвердителем № 2526;
- полимеризоцианатный клей (EPI) «Cascolit 1973» с отвердителем № 1993;
- поливинилацетатный клей «Cascol 3344» с отвердителем № 3336;
- поливинилацетатный эмульсионный клей «Multibond SK 8».

Принятые клеи применяются для склеивания оконного и стенового бруса, дверей, стеновых панелей, садовой мебели и прочих изделий, где нужна высокая влаго- и водостойкость, т. е. данные клеи должны соответствовать группе нагрузок D4.

Для проведения испытаний были изготовлены образцы, которые склеивались по технологическим режимам, рекомендованным производителями данных клеевых материалов. Режимы склеивания заготовок представлены в табл. 4.

Таблица 3

Группы водостойкости клеевых соединений по ГОСТ 17005 и минимальные значения прочности склеивания на скалывание вдоль волокон древесины по ГОСТ 15613.1

Вид и продолжительность выдержки	Продолжительность клеевых соединений при скалывании вдоль волокон древесины по группам водостойкости, Н/мм ²			
	низкая	средняя А	средняя Б	повышенная
48 ч в холодной воде при температуре (20±2)°С	до 3,2	3,2 и более	3,2 и более	3,2 и более
3 ч в кипящей воде, 30 мин в холодной воде при температуре (20±2)°С	–	до 2,0	от 2,0 до 3,2	3,2 и более

Таблица 4

Технологические режимы склеивания заготовок

Наименование параметра	AkzoNobel № 1247	Cascolit № 1973	Cascol № 3344	Multibond SK
Порода древесины	Бук (DIN EN 204/205) Сосна (по ГОСТ 17005 и ГОСТ 15613.1)			
Плотность, кг/м ³ :				
бук	670±70			
сосна	480±50			
Влажность древесины, %	12±1			
Расход клея, г/м ²	300 (одностор.)	200 (двустор.)	200 (одностор.)	200 (одностор.)
Время выдержки, мин:				
открытой	Около 5	Около 5	Max 5	Около 5
закрытой	Около 10	Около 10	Max 12	Около 10
Время прессования при t = 20±2°С, мин	90	120	120	90
Давление прессования, МПа	1,0	0,9	0,8	1,0
Технологическая выдержка, сут:				
ГОСТ	3	3	3	3
DIN EN	7	7	7	7

После технологической выдержки из каждой партии заготовок вырезали по 20 образцов для каждого вида испытаний согласно табл. 2 и табл. 3 (испытания по DIN EN 205 производили для групп нагрузок D4) и по 20 контрольных образцов.

Испытания на водостойкость клеевого соединения проводили согласно стандартам и методам, описанным выше. Показатели исследуемых фи-

зико-механических свойств рассчитываем по формулам, приведенным в соответствующих методиках.

На рис. 2, 4, 6, 8 представлены результаты проведенных опытов на соответствие исследуемых клеев группе нагрузок D4 согласно норме DIN EN 204 и DIN EN 205. На рис. 3, 5, 7 представлены результаты испытания этих же клеев на водостойкость по ГОСТ 17005–82.

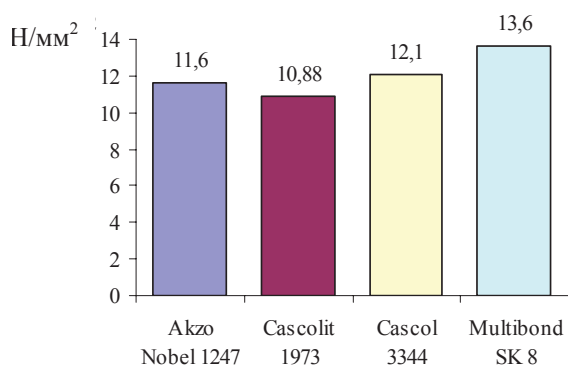


Рис. 2. Значение показателей прочности клеевого соединения на сдвиг контрольных образцов (7 сут при $t = 23^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 65,5\%$) по DIN EN 204/205

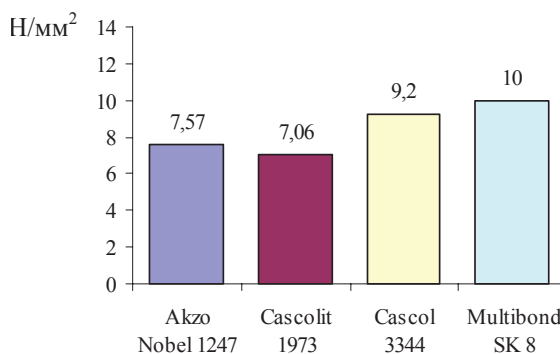


Рис. 3. Значение показателей прочности клеевого соединения на скалывание вдоль волокон контрольных образцов (3 сут при $t = 23^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 65,5\%$) по ГОСТ 17005 и ГОСТ 15613.1

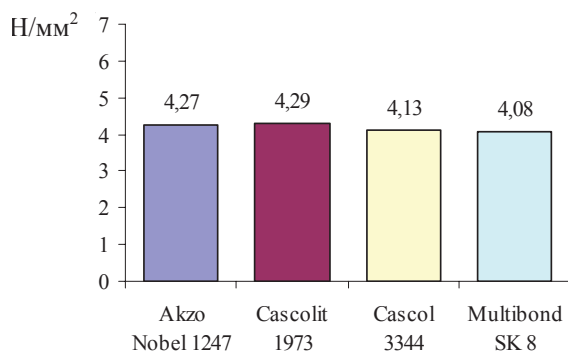


Рис. 4. Значение показателей прочности клеевого соединения на сдвиг (7 сут при $t = 23^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 65,5\%$, 4 сут в холодной воде) по DIN EN 204/205

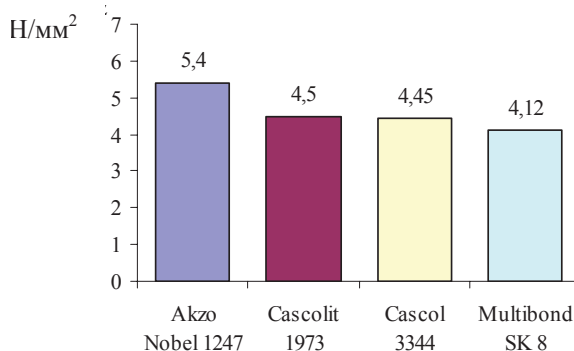


Рис. 5. Значение показателей прочности клеевого соединения на скалывание вдоль волокон (3 сут при $t = 23^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 65,5\%$, 2 сут в холодной воде) по ГОСТ 17005 и ГОСТ 15613.1

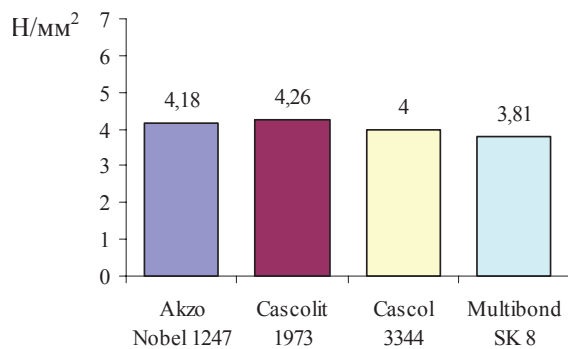


Рис. 6. Значение показателей прочности клеевого соединения на сдвиг (7 сут при $t = 23^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 65,5\%$, 6 ч в кипящей воде, 2 ч в холодной воде) по DIN EN 204/205

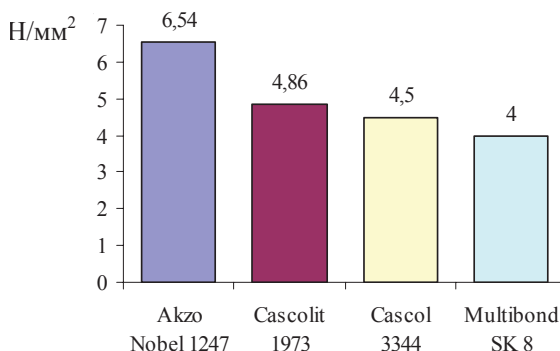


Рис. 7. Значение показателей прочности клеевого соединения на скалывание вдоль волокон (3 сут при $t = 23^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 65,5\%$, 3 ч в кипящей воде) по ГОСТ 17005 и ГОСТ 15613.1

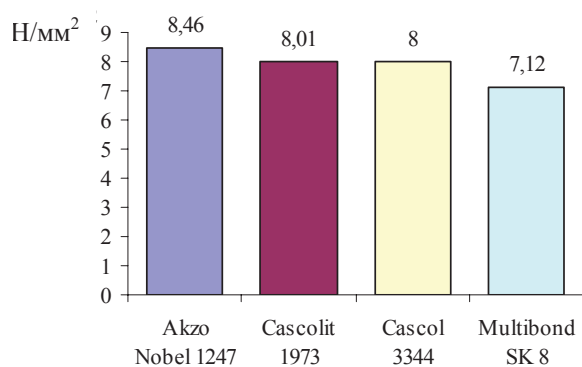


Рис. 8. Значение показателей прочности клеевого соединения на сдвиг (7 сут при $t = 23^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 65,5\%$, 6 ч в кипящей воде, 2 ч в холодной воде, 7 сут при нормальных условиях) по DIN EN 204/205

Анализ полученных результатов показал, что прочность клеевых соединений контрольных образцов, испытанных по методике DIN EN 204/205, а также и по ГОСТ 15613.1, удовлетворяют требованиям для всех типов исследуемых клеев. Прочность клеевых соединений на сдвиг по DIN EN 204/205 должна быть не менее 10 МПа, а по данным опытов она в 1,09–1,36 раза выше нормативной. Характер разрушения образцов 80–95% по древесине.

Прочность клеевых соединений контрольных образцов, испытанных по ГОСТ 15613.1, ниже, чем у образцов, испытанных по DIN EN 204/205. Это можно объяснить тем, что для определения прочности клеевых соединений по европейскому стандарту (DIN EN 205) используют древесину бука, обладающую высокой прочностью на сдвиг (более 12 МПа), а при использовании методики по ГОСТ 15613.1 – древесину сосны. Разрушение образцов до 95% идет по древесине, а так как сосна имеет прочность на скалывание ниже, чем у древесины бука (около 7 МПа), то этим можно объяснить, что результаты исследований, полученные по ГОСТ 15613.1, ниже, чем по DIN EN 204/205.

Наиболее прочное клеевое соединение для контрольных образцов получено при использовании клея «Multibond SK 8».

При определении соответствия испытываемых образцов в группе нагрузки D4 по DIN EN 204/205 установлено:

– клеи «Akzo Nobel № 1247», «Cascolit 1973», «Cascol 3344» соответствуют группе нагрузки D4. По показателю прочности клеевого соединения на сдвиг необходимую прочность склеивания можно достичь используя клей

«Akzo Nobel № 1247» (8,46 Н/мм²), а прочность клеевых соединений образованных двумя другими клеями – «Cascol 3344» и «Cascolit 1973», практически на одном допустимом уровне, соответственно 8,01 Н/мм² и 8,00 Н/мм²;

– прочность клеевого соединения, образованного клеем «Multibond SK 8», не соответствует группе нагрузки D4, так как после кипячения образцов в воде в течение 6 ч с последующей выдержкой в холодной воде и выдержкой в нормальных условиях (температура воздуха – 23°C, влажность воздуха – 65%) прочность составляет 7,12 Н/мм², что ниже нормативного (8,00 Н/мм²).

Прочное клеевое соединение (ГОСТ 17005) получают также при использовании клея «Akzo Nobel № 1247» (6,54 Н/мм²).

При определении группы водостойкости по методике ГОСТ 17005 все клеевые соединения выдержали испытания, прочность клеевого соединения соответствует требованиям стандарта и относится к группе водостойкости – повышенная.

Заключение. 1. Анализ показателей прочности клеевых соединений, полученных в результате использования различных методик (DIN EN 204/205 и ГОСТ 17005/15613.1) показал, что методика, изложенная в европейских стандартах, более жесткая, чем методика по ГОСТ 17005/15613.1.

2. Для комплексного определения качественных показателей клеевых соединений необходимо совместное применение отечественных и зарубежных нормативных документов.

Литература

1. Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон: ГОСТ 15613.1–84. – Введ. 01.07.86. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 5 с.

2. Конструкции деревянные клееные. Метод определения водостойкости клеевых соединений: ГОСТ 17005–82. – Введ. 01.01.83. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 4 с.

3. Классификация термопластичных клеев для древесины для применения не в производстве конструкционного силового бруса: DIN EN 204–2001 – Введ. 01.05.2001. – CEN, 2001. – 4 с.

4. Клеи для древесины для применения не в производстве конструкционного силового бруса – определение предела прочности: DIN EN 205–2003. – Введ. 21.11.2002. – CEN, 2003. – 10 с.

Поступила 01.04.2010