

Лабораторная работа № 7
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦЫ ПРОЧНОСТИ
ЗУБЧАТЫХ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ
ПРИ ИСПЫТАНИИ НА СТАТИЧЕСКИЙ ИЗГИБ

Общие положения

Склеивание заготовок из древесины по длине позволяет получить детали с требуемыми размерами, увеличить их формоустойчивость, улучшить декоративные свойства изделий, повысить полезный выход деталей и заготовок.

Склеиваемые заготовки должны быть обработаны в соответствии с требованиями конструкторской и технологической документации. Точность формирования зубчатых шипов должна отвечать качеству 13. Шероховатость поверхностей $R_{m \max}$, образующих просматриваемый (наружный) шов, должна быть не выше 200 мкм. Винтовая покособленность заготовок не должна превышать 2 мм на 1000 мм длины.

Влажность древесины, предназначенной для склеивания, имеет большое значение. На практике принимают среднюю величину влажности древесины $W = (10 \pm 2)\%$. Склеиваемые между собой заготовки не должны отличаться по влажности более чем на 6%. Перепад влажности в соседних слоях не должен превышать 2,0–2,5%. Рекомендуется принимать влажность заготовок на 2–3% ниже величины влажности, равновесной условиям эксплуатации, так как набухание волокон и сжатие их в поперечном направлении менее опасно, чем усушка, вызывающая в древесине отрывающие и скалывающие усилия.

Основным пороком, нормируемым в склеиваемых заготовках, являются сучки, которые более других пороков влияют как на механическую прочность самой древесины, так и на прочность клеевых соединений при эксплуатации. В зоне соединения не разрешаются сучки диаметром более 5 мм. Сучки, которые допускаются техническими требованиями на продукцию, должны находиться от основания шипов на расстоянии не менее трех размеров сучка, измеренного в направлении длины заготовки. При вырезке недопускаемого сучка рез должен выполняться от него на расстоянии не менее одного размера этого сучка.

Кроме сучков, в заготовках нормируются трещины, наклон волокон, сердцевина, гниль и т. п.

Для обеспечения качественного склеивания заготовки и применяемый клей должны пройти акклиматизацию. При выборе клея следует обращать внимание на его технологические свойства. Жизнеспособность клея должна в 1,5–2 раза превышать время соединения и запрессовки заготовок. Вязкость клея по ВЗ-4 должна быть в пределах 60–400 с. Клей, как правило, наносят вальцовыми клеенаносящими станками на обе поверхности склеивания. Критерием достаточности количества нанесенного клея служит его выдавливание в виде цепочки мелких капель по всей длине клеевого шва. Излишнее количество нанесенного клея не ухудшает качество склеивания, однако приводит к сильному загрязнению оборудования и удорожанию процесса.

Для склеивания заготовок на зубчатый шип можно использовать карбамидоформальдегидный клей на основе смолы КФ-МТ или комбинированный карбамидополивинилацетатный клей на основе смолы КФ-Ж, который применяется как двухкомпонентная система: на один торец наносят ПВАД, на другой – карбамидоформальдегидную смолу. Оптимальное значение этого показателя конкретизируется в зависимости от породы склеиваемой древесины и принятого способа склеивания. Отверждение клея в зубчатых соединениях производится при температуре склеивания, которая должна быть не менее 16°C. Время выдержки при этой температуре для достижения соединением технологической прочности должно быть не менее 12 ч для терморезактивных клеев и не менее 3 ч для дисперсионных клеев.

Склеивание заготовок торец в торец по длине осуществляется двумя способами: склеиванием при температуре окружающей среды (холодное склеивание) и ускоренным склеиванием при повышенной температуре (склеивание с нагревом). Для ускорения процесса отверждения клея в клеевых швах используют различные способы нагрева, однако основным является периферийный (контактный или конвективный) нагрев и диэлектрический нагрев клеевых швов в поле токов высокой частоты (режимы указаны в лабораторной работе № 6). Склеивание должно производиться не позднее чем через 24 ч после формирования шипов.

Для склеивания заготовок на зубчатый шип можно применять карбамидоформальдегидные клеи или комбинированные карбамидополивинилацетатные клеи, которые используются как двухкомпонентная система: на один торец наносят ПВАД, на другой – карбамидоформальдегидную смолу [16].

Требования, предъявляемые к клеям, марки клеев и режимы указаны в лабораторной работе № 6.

Последовательность операций при склеивании (сращивании) брусовых деталей по длине может быть следующей:

1. Торцовка досок на заданный размер заготовок.
2. Раскрой заготовок по ширине.
3. Стругание заготовок на четырехсторонних продольно-фрезерных станках.
4. Торцовка на заданный размер с вырезкой дефектов в простроганных деталях с получением при этом короткомерных деталей разной длины.
5. Фрезерование зубчатых клинообразных шипов.
6. Нанесение клея на зубчатые шипы короткомерных деталей.
7. Запрессовка соединений и склеивание в полномерную клееную заготовку.
8. Раскрой полномерной клееной заготовки на заданную длину.
9. Выдержка полученных заготовок в стопе.
10. Окончательное строгание в размер по сечению на четырехсторонних продольно-фрезерных станках.

В зависимости от способа фрезерования зубчатые шипы можно выполнять вертикальными, горизонтальными, диагональными (рис. 7.1).

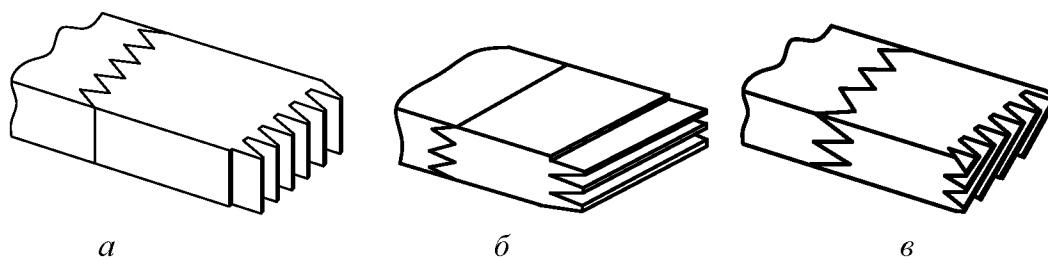


Рис. 7.1. Виды зубчатых клеевых соединений:
a – вертикальное; *б* – горизонтальное; *в* – диагональное

Форма зубчатых клеевых соединений должна соответствовать ГОСТ 19414–1990 [24] (рис. 7.2).

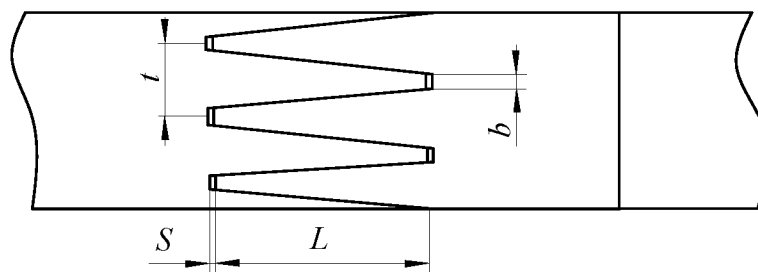


Рис. 7.2. Форма зубчатых клеевых соединений:
S – зазор в стыках запрессовки; *L* – длина шипа; *t* – шаг шипа; *b* – затупление шипа

Геометрические параметры зубчатых клеевых соединений приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Геометрические параметры зубчатых клеевых соединений

Длина шипа L , мм	Шаг шипа t , мм	Затупление шипа b , мм	Максимальное удельное торцовое давление q , МПа
50	12,0	2,0	4
32	8,0	1,0	8
20	6,2	1,0	10
10	3,8	0,6	12
4	1,75	0,2	13

Основной контролируемый параметр технологического режима склеивания по длине – удельное торцовое давление, рекомендуемые величины которого приведены в табл. 7.1. Удельное торцовое давление прессования устанавливаются в зависимости от геометрических параметров зубчатого соединения, размеров поперечного сечения заготовок и породы склеиваемой древесины.

При установлении значения удельного торцового давления необходимо соблюдать следующие условия:

- толщина клеевого слоя должна быть не более 0,1 мм;

- целостность соединений должна сохраняться при технологических перемещениях склеиваемых деталей (элементов).

Прессование зубчатых соединений выполняется на торцовых прессах циклического или непрерывного действия с передачей усилия прессования на торцы заготовки или через фрикционные устройства.

Важным требованием к режиму изготовления зубчатых соединений является поддержание заданного цикла прессования. Заданное давление прессования должно автоматически поддерживаться в течение не менее чем 2 с. Фактическое время прессования зависит от вязкости применяемого клея и должно уточняться специальными испытаниями. После достижения клеевыми швами технологической прочности изделие может быть извлечено из пресса, но до выполнения операций механической обработки должно пройти не менее 8 ч.

При склеивании твердолиственных пород древесины давление увеличивается на 20%. Продолжительность воздействия полного торцового давления на зубчатые клеевые соединения должно быть не меньше 2 с. После запрессовки в зубчатых клеевых соединениях должен оставаться зазор в стыках S со значением не более 5% длины шипа L .

Качество склеивания определяется по внешнему виду и прочности изделия. Прочность склеивания оценивается по результатам испытаний стандартных образцов, подвергнутых механическому разрушению. Нормативно-технической документацией на изделие из древесины устанавливается нормативная прочность склеивания. При качественном склеивании нормативное сопротивление при разрушении образцов должно быть выше или равно нормативному сопротивлению такого же вида нагрузок склеиваемых материалов. Относительная прочность зубчатого клеевого соединения должна иметь не менее 60% удельной прочности древесины. Основным показателем прочности клеевого соединения служит предел прочности – это значит максимальное напряжение, достигнутое в момент разрушения образца.

В производственных условиях для быстрой оценки качества зубчатых соединений испытывают образцы, вырезанные из склеенных на зубчатый шип заготовок. Образцы должны иметь сечение по толщине и ширине, равное полному сечению испытываемой заготовки. Испытания клеевых соединений на зубчатых шипах производятся в соответствии с требованиями ГОСТ 19414–1990 [24]. Метод основан на принципе определения показателя относительной прочности клеевого соединения по отношению к древесине, выраженного в процентах.

Цель работы – изучение требований, предъявляемых к склеиваемым заготовкам и клеевым материалам; ознакомление с условиями и технологическими режимами склеивания заготовок по длине при помощи зубчатых шипов; исследование влияния основных технологических факторов на прочность зубчатого клеевого соединения при статическом изгибе и определение максимальной разрушающей нагрузки; нахождение величины предела прочности при статическом изгибе, согласно ГОСТ 15613.4.

Приборы и материалы: испытательная машина РМ-0,5 с погрешностью измерения нагрузки не более 1%; приспособление для испытаний образцов на статический изгиб; штангенциркуль; влагомер МГ-4; образец, вырезанный из склеенных на зубчатый шип заготовок в соответствии с ГОСТ 15613.4.

Порядок выполнения работы

Работу проводят по одному из следующих вариантов.

1. Определяют зависимость влияния марки и вида клея на прочность зубчатого клеевого соединения при статическом изгибе и находят максимальную нагрузку, которая разрушит образец.

2. Изучают влияние геометрических параметров зубчатых клеевых соединений на усилие прессования.

Студентам выдают 4–5 образцов в виде прямоугольной призмы с основанием 20×20 мм, длиной 300 мм и зубчатым клеевым соединением посередине длины, выпиленных из склеенных на зубчатый шип готовых заготовок, согласно ГОСТ 15613.4. Расположение шипов в образце по ширине соединения должно быть симметричным относительно продольной оси образца и одинаковым во всех испытываемых образцах.

Перед испытанием измеряют температуру и влажность в помещении, где проводят лабораторные исследования. Параметры должны соответствовать технологическим режимам, которые указаны в лабораторной работе № 6.

Нумеруют каждый образец. Измеряют в каждом образце длину шипа и шаг соединения; по середине длины образца измеряют и ширину b в направлении, перпендикулярном приложению нагрузки, и толщину h в направлении приложения нагрузки с точностью измерения не более 0,1 мм. Полученные данные записывают в табл. 7.2.

Таблица 7.2

**Результаты опытов по определению прочности
зубчатого клеевого соединения при статическом изгибе**

Номер образца	Размеры образца, мм		Расстояние между центрами опор l , мм	Разрушающая нагрузка P_{\max} , Н	Предел прочности σ , МПа (кгс/см ²)	Характер разрушения
	ширина b	толщина h				

Испытания проводят по схеме, приведенной на рис. 7.3.

Опоры и нагружающие ножи должны быть высотой не менее двух толщин h образца. Нагружающие ножи должны иметь радиус закругления R , равный $1,5-4,0h$. Опоры должны состоять из плоских стальных площадок толщиной не менее $0,006h$ и шириной $0,85-1,00h$. Длина ножей и опорных площадок должна быть не менее максимальной ширины испытываемых образцов. Расстояние между центрами опор l устанавливают в зависимости от толщины образца $12-16h$. Расстояние между центрами нагружающих ножей должно быть равно $1/3$ расстояния между центрами опор [24].

Подготовленный образец устанавливают на опоры приспособления по схеме, представленной на рис. 7.3, и закрывают ограждающее устройство.

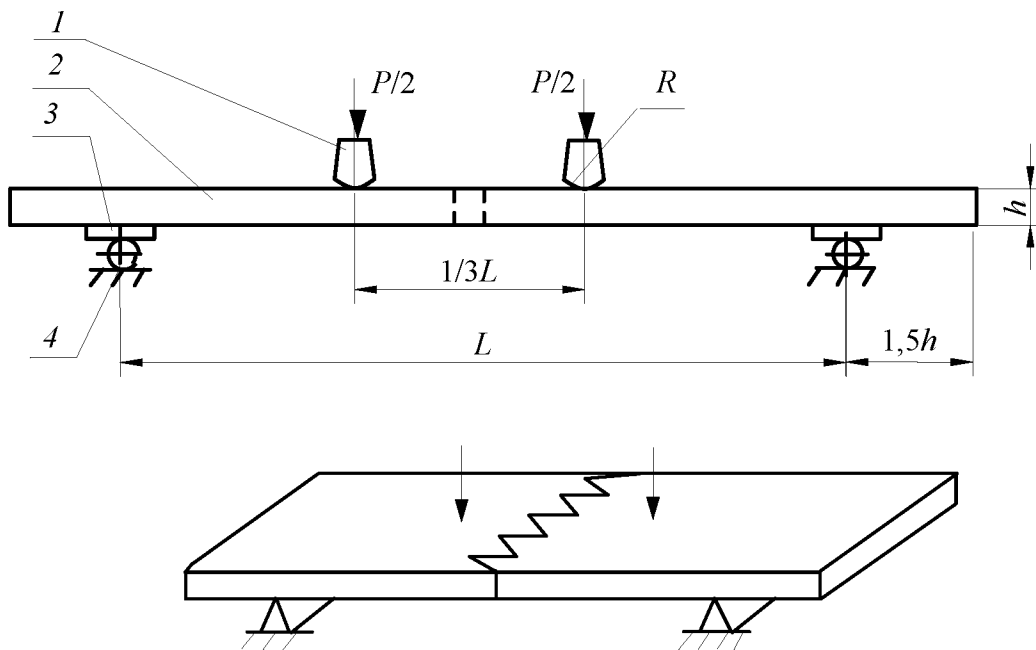


Рис. 7.3. Приспособление для испытания:
 1 – нагружающий нож; 2 – образец; 3 – стальная площадка; 4 – ось (каток)

Включают машину и нагружают образец равномерно с постоянной скоростью, равной 8 мм/мин. По шкале машины определяют максимальную разрушающую нагрузку P_{\max} с погрешностью не более 1%.

Обработка результатов и их анализ

Рассчитывают предел прочности зубчатого клеевого соединения при статическом изгибе σ , МПа (кгс/см²), с округлением до 0,1 МПа по формуле

$$\sigma = \frac{P_{\max} l}{bh^2},$$

где P_{\max} – максимальная разрушающая нагрузка, Н (кгс); l – расстояние между центрами опор, мм (см); b – ширина образца, мм (см); h – толщина образца, мм (см).

За результат опыта принимают среднее арифметическое значение предела прочности всех исследуемых образцов, вырезанных из склеенных на зубчатый шип заготовок. Полученное значение предела прочности зубчатого клеевого соединения должно быть не менее 60% прочности древесины.

Статистическую обработку полученных результатов испытаний на их достоверность выполняют по методике, изложенной в приложении 1 данного лабораторного практикума.

Результаты испытаний анализируют, сравнивают с ГОСТом, обращают внимание, чтобы значения клеевого соединения были не ниже приведенных в табл. 7.3. По результатам испытаний, согласно выбранному варианту, строят графическую зависимость, делают вывод о степени влияния выбранных факторов на прочность склеивания.

Таблица 7.3

Предел прочности древесины при статическом изгибе

Порода	Предел прочности, кг/см ² , при влажности, %	
	12	30 и более
Лиственница	1115	615
Сосна	860	495
Ель	795	440
Ясень	1230	745
Береза	1095	595
Бук	1085	645
Дуб	1075	680
Ольха	805	495
Осина	780	455
Тополь	690	405

Анализ результатов и вывод приводят в отчете о работе.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к материалам, применяемым при склеивании заготовок на зубчатый шип?
2. Назвать формы зубчатых клеевых соединений.
3. Как определить предел прочности зубчатого клеевого соединения при статическом изгибе? Сущность испытания.
4. Как оценивается качество склеивания заготовок на зубчатый шип?
5. Найти максимальную разрушающую нагрузку, когда расстояние между центрами опор составляет 200 мм, ширина образца – 50 мм, толщина – 16 мм, предел прочности зубчатого клеевого соединения при статическом изгибе – 0,8 МПа.
6. Какой геометрический параметр зубчатых клеевых соединений оказывает влияние на выбор усилия прессования?