

УДК 674.093

UDK 674.093

**ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЗАПОЛНЕНИЯ
ОБЪЕМА РАДИАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ДРЕВЕСИНЫ КЛЕЕВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ
НА ПРОЧНОСТЬ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**INFLUENCE OF FILLING OF THE RADIAL
SURFACE OF WOOD BY ADHESIVE
MATERIALS ON THE STRENGTH OF
ADHESIVE JOINTS**

Щепкин Владимир Борисович,
аспирант
*Воронежская государственная лесотехническая
академия, Воронеж, Россия*

Schepkin Vladimir Borisovich
postgraduate student
*Voronezh State Academy of Forestry and
Technologies, Voronezh, Russia*

Теоретически рассмотрено влияние степени заполнения клеем внутренних пустот поверхностных трахеид и их взаимного положения при склеивании радиальных поверхностей древесины на прочность клеевых соединений. Показано, что для максимальной прочности соединения необходимо, чтобы количество наносимого клея обеспечивало заполнение всех полостей трахеид поверхности древесины и образования промежуточного слоя между подложками

The effect of glue filling of internal voids of the surface tracheids and their relative position in the radial wood surfaces gluing on the strength of adhesive joints is theoretically considered. It is shown that for the maximum joint strength it is necessary that the amount of deposited adhesive provides filling of all cavities tracheids of wood surface and formation of the intermediate layer between the substrates

Ключевые слова: РАДИАЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ, КЛЕЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТРАХЕИДЫ, ГОЛОДНОЕ СКЛЕИВАНИЕ, ПОДЛОЖКА, КОНТАКТНАЯ ПЛОЩАДЬ, ПЛОТНОСТЬ, НАПРЯЖЕНИЯ

Keywords: RADIAL SURFACE, ADHESIVE MATERIALS, STRENGTH, FILLING, TRACHEIDS, COLD GLUEING, SUBSTRATE, CONTACT AREA, DENSITY, STRAIN

Изготовление клееных секторных блоков по авторскому свидетельству А.С. 490651 [1] предусматривает склеивание секторных пиломатериалов по радиальному срезу древесины. С целью получения прочного клеевого соединения в этом случае целесообразно дать анализ его формирования с использованием структурных технических моделей, например, хвойных пород древесины [2].

Рассмотрим два крайних случая: а) неполного заполнения клеем внутренних пустот поверхностных трахеид (голодное склеивание); б) полного заполнения открытых полостей трахеид со слоем избыточного клея на поверхности (рисунок 1).

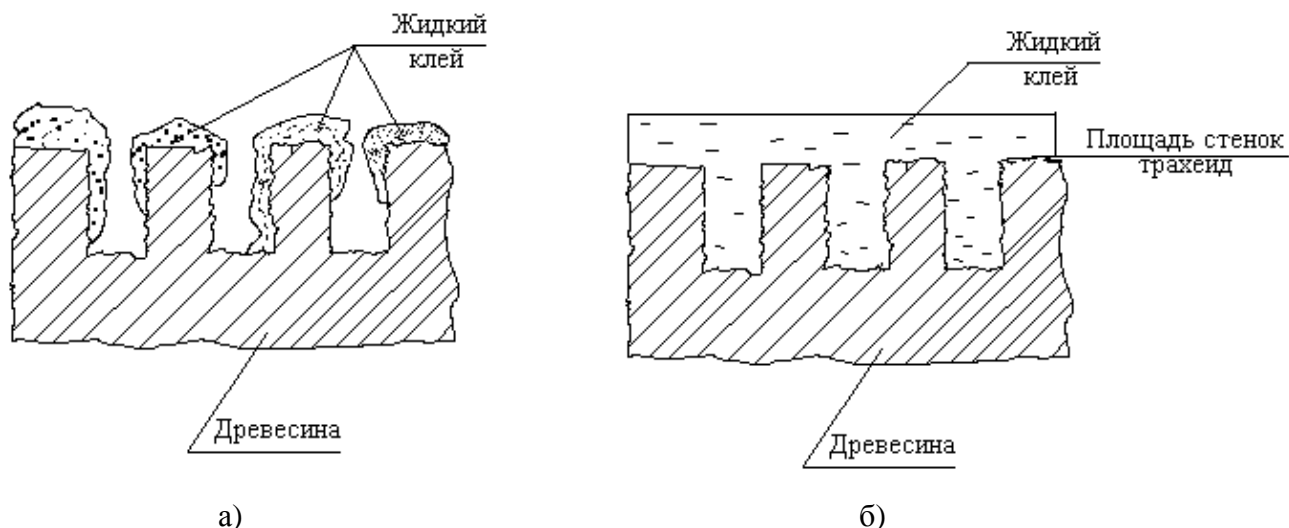


Рисунок 1 - Схемы состояния радиального среза древесины в случае неполного (а) и полного (б) заполнения открытых полостей трахеид жидким клеем.

В случае а) контакт с противоположной подложкой возможен только по площади стенок трахеид. Согласно нашим исследованиям [1], площади стенок, например, трахеид поздней зоны сосны занимают 11 %, площади стенок в ранней зоне 8 % и 19 % - площади всех стенок от всей поверхности образца. Именно эти указанные значения площадей и были бы ответственными за прочность клеевого соединения, если бы одна из подложек имела идеально гладкую плотную поверхность. В действительности же в результате различия в размерах трахеид площадки стенок противоположных подложек могут не совпадать и зависеть над пустотами (рисунок 2).

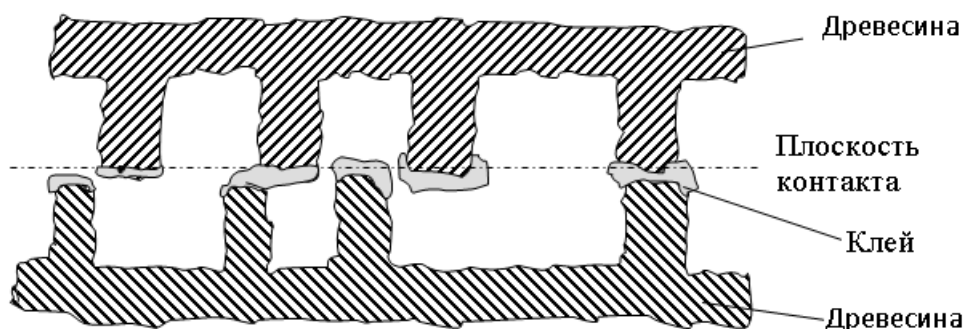


Рисунок 2 - Схема контакта склеиваемых радиальных поверхностей при «голодном» склеивании древесины

Очевидно, что контактная площадь склеивания, лежащая в плоскости контакта, должна быть меньше суммарной площади стенок трахеид. Рассмотрим схемы различных положений поверхностных открытых трахеид при склеивании древесины по радиальным поверхностям (рисунок 3).

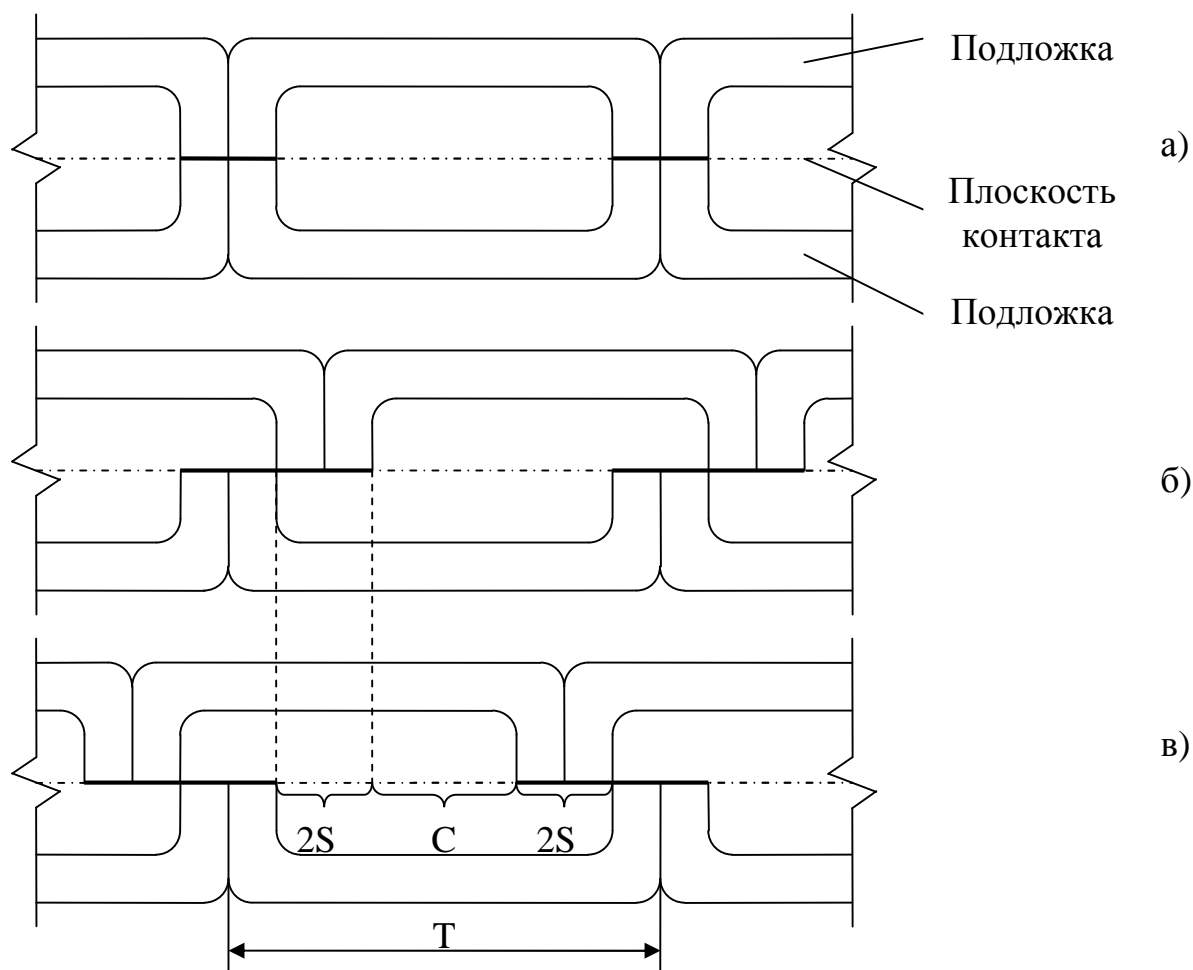


Рисунок 3 - Схемы различных положений поверхностных открытых трахеид при склеивании по радиальному срезу: а) площадки стенок трахеид подложек совпадают; б) верхняя подложка сдвинута вправо на двойную толщину стенок трахеид; в) верхняя подложка сдвинута влево на двойную толщину стенок трахеид.

В положении а) площадь контакта максимальна, величина её для сосны, например, равна в процентах приведённым выше значениям. На схемах б), в) показаны два крайних положения двойных стенок трахеид, когда малейшее перемещение двойных стенок влево (в случае б)) или вправо (в случае в)) приводит к возникновению и росту площади контакта.

Расстояние между этими крайними положениями (на рисунке 3 обозначено буквой С)) представляет собой зону отсутствия контакта между подложками. Эта зона равна

$$C = T - 6d, \quad \text{мкм} \quad (1)$$

Где Т – ширина трахеиды, мкм; δ – толщина стенок трахеиды, мкм.

Средняя величина ширины трахеиды сосны ранней зоны равна 40 мкм, а толщина стенки 2 мкм. Те же показатели для поздней зоны равны 20 мкм и 5,5 мкм соответственно[1]. Отсюда для

ранней зоны в % к ширине трахеиды $C = \frac{(40 - 6 \cdot 2)}{40} \cdot 100 = 70 \%$, а величина

перекрытой площади равна 30%. Для поздней зоны

$C = \frac{(20 - 6 \cdot 5,5)}{20} \cdot 100 = -65 \%$. Отрицательная величина С для поздней

зоны указывает, что внутренние полости трахеид поздней зоны сосны перекрыты стенками трахеид в данном случае на 65 % от ширины трахеиды поздней зоны. С учётом приведенных выше расчетов

действительная площадь контакта в ранней зоне равна $8 \cdot 0,3 = 2,4 \%$, а

общая контактная площадь равна $11 + 2,4 = 13,4 \%$ от всей склеиваемой

поверхности. Прочность клеевого соединения пропорциональна

площади контактной поверхности. Если принять за 100 % прочность

склеивания двух идеально гладких и плотных поверхностей, то для

сосны, например, получается, что прочность клеевого соединения при

«голодном» склеивании в $\frac{100}{13,4} = 7,46$ раз ниже.

В случае, когда при склеивании древесины расход

связующего обеспечивает полное заполнение всех полостей трахеид и

образование промежуточного слоя клеевого состава между подложками

(рисунок 1, б)), контактная площадь склеивания увеличивается в 2-3 раза

по сравнению с площадью геометрической поверхности радиального

среза. Соответственно во столько же раз должна увеличиться и прочность соединения.

Практически прочность любого твердого материала пропорциональна его плотности. Чем выше плотность, тем выше прочность материала. Плотность поверхностного слоя древесины определяется соотношением объёма внутренних полостей и стенок трахеид. Для сосны и ели, например, это соотношение с точностью 0,01 равна 0,8 и 0,2 соответственно [2].

Пустоты поверхностного слоя заполняются клеем, который после затвердевания приобретает определённую плотность. Плотность клеевых материалов, применяемых в деревообработке в России и за рубежом, после затвердевания не превышает $1,3 \text{ г/см}^3$. Плотность стенок трахеид близка к плотности древесного вещества, то есть $1,52 \text{ г/см}^3$ [3].

Средняя плотность поверхностного слоя в этом случае будет равна:

$$r_{\text{пов.слоя}} = \frac{\sum m}{V_1}, \quad (2)$$

где $\sum m$ - сумма масс различных материалов в единице объёма поверхностного слоя, г;

V_1 - единичный объём, см^3 .

$$r_{\text{пов.слоя}} = \frac{0,8 \cdot 1 \cdot 1,3 + 0,2 \cdot 1 \cdot 1,52}{1 \cdot 1} = 1,344 \text{ г/см}^3.$$

Таким образом, для принятых выше условий средняя плотность поверхностного слоя сосны или ели после затвердевания клеевого материала в пустотах поверхности равна $1,344 \text{ г/см}^3$. Она выше плотности материала при любом соотношении внутренних полостей и стенок трахеид.

Работы исследователей в области разрушения твердых материалов показали, что разрушение их протекает следующим образом [4]. В

местах концентрации напряжений возникают трещины, рост которых зависит от условий нагружения образца. Скорость роста трещин, их количество в единице объёма материала и определяют его прочность.

В поверхностном слое древесины концентраторами напряжений в затвердевшем клее являются разрушенные микроэлементы структуры древесины. Однако, росту трещин в затвердевшем клее полостей трахеид препятствуют их стенки, имеющие волокнистую структуру. Поэтому рост трещин осуществляется в направлении из полостей трахеид в клеевую прослойку. Вышеприведённые расчеты и рассуждения приводят нас к следующим выводам:

$$1) s_{\text{пов.слоя}} > s_{\text{кл.пр.}} > s_{\text{др}}, \quad (3)$$

где $s_{\text{пов.слоя}}$ - предел прочности поверхностного слоя;

$s_{\text{кл.пр.}}$ - предел прочности клеевой прослойки;

$s_{\text{др}}$ - предел прочности древесины.

Неравенство (3) справедливо в случае разрушения клеевого соединения при растяжении, сжатии или сдвиге рабочих поверхностей образца.

2) После затвердевания клеевого материала разрушение клеевого соединения по поверхностному слою невозможно.

3) Для достижения максимально возможной прочности клеевого соединения древесины необходимо, чтобы расход клея обеспечивал полное заполнение всех полостей трахеид поверхности и образование промежуточного слоя клеевого состава между подложками.

Библиографический список

1. А.С. 490651 СССР, МКИ1 В27Д 1/100. Способ получения клееных заготовок радиальной распиловки/ В.А. Червинский – Оpubл. 05.11.75., Бюл.№41
2. Червинский, В.А. Структурная модель поверхностного слоя радиального среза древесины хвойных пород [Текст] / В.А. Червинский, В.С. Болдырев, В.Б. Щепкин //
3. Уголев, Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник / Б.Н. Уголев. – М.: МГЛТА, 2010. – 272 с.
4. Хрулёв, В.М. Долговечность именной древесины [Текст] / В.М. Хрулев, - М.: Лесная промышленность, 1971.–150с.