

О ПРОЧНОСТИ СКЛЕИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОЛОКОН В СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ

Г. ДАЛОЧА

Аспирант

(Ленинградская лесотехническая академия)

Постановка задачи

О прочности клеевого скрепления судят по величине разрушающей силы, отнесенной к единице площади. В ГОСТах и технических условиях даны показатели прочности клеевых соединений. Однако эти показатели установлены для случаев склеивания деревянных конструкций, волокна древесины в которых параллельны. В практике же часто бывает, что волокна двух склеиваемых поверхностей направлены под некоторым углом друг к другу, что, как показали опыты, приводит к уменьшению прочности склеивания. Имеются экспериментальные данные для того случая, когда волокна в склеиваемых поверхностях располагаются под углом в 90° . Здесь прочность склеивания при испытании на срез достигает только 20—30% по сравнению с прочностью склеивания поверхностей, волокна которых параллельны.

О том, как изменяется прочность склеивания, если взаимное положение волокон меняется в пределах $0-90^\circ$, имеется очень мало сведений*. Это обстоятельство навело на мысль о постановке соответствующих экспериментов.

Методика исследования

Для испытания прочности клеевых соединений на скалывание (в соответствии с ГОСТом) были изготовлены стандартные образцы из древесины сосны и бука. Взаимные направления волокон в склеиваемых поверхностях составляли: углы α у древесины сосны — 0,5, 10, 30, 45, 60, 80 и 90° , у древесины бука — 0, 30, 60 и 90° . Для получения достоверных данных в каждой партии было изготовлено по 15 образцов. Склеиваемая поверхность составляла 25 см^2 .

При выборе образцов обращалось внимание на прямослойность древесины. Влажность древесины была $10 \pm 2\%$.

* Данный вопрос подвергался исследованию в диссертации кандидата технических наук Н. А. Гончарова.

Образцы изготовлялись на деревообрабатывающих станках. Габаритные размеры соответствовали ГОСТу 6449-53. Поверхность склеиваемых образцов с достаточной степенью точности можно считать одинаковой. Для обеспечения точного совпадения углов встречи волокон каждый образец был измерен отдельно.

Для склеивания образцов применялся коллагеновый (мездровый) клей. Выбор именно этого клея обусловлен тем, что, во-первых, этот клей очень распространен в деревообрабатывающей промышленности, во-вторых, он обладает более высокой упругостью, чем костный клей и сопровождается упругую деформацию древесины.

Характеристика клея:

Влажность клея в плитах	16,53%
Зольность	2,65%
Вязкость стандартного раствора по Ф. Э.	4,1 Э°
Реакция среды	6,5 рН

Склеивание всей партии образцов было проведено одновременно. Температура клея была около 50° С, температура воздуха в помещении + 20° С, а относительная влажность воздуха — 65%. Давление запрессовки — 7,8 кг/см². После прессования склеиваемые образцы были выдержаны 72 часа. Испытание образцов на срез производилось машиной типа ИМ-4А с точностью замера усилий до 1 кг. Приспособление для скрепления образцов соответствовало ГОСТу.

Результаты эксперимента

В результате экспериментальных исследований прочности склеивания в зависимости от изменения взаимного положения волокон склеиваемых поверхностей мы получили данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Склеиваемая древесина	α	T кг/см ²			Статистические величины				T расчетное в кг/см ²
		максимальное	среднее	минимальное	$\pm \sigma$ в кг/см ²	$\pm m$ в кг/см ²	V в %	P в %	
С о с н а	0	90,0	84,4	79,8	3,6	0,92	4,27	1,09	84,4
	5	87,5	82,5	78,5	2,59	0,67	3,14	0,81	82,3
	10	82,0	77,3	72,5	2,91	0,75	3,77	0,97	76,0
	30	49,0	37,5	32,4	5,42	1,40	14,50	3,75	43,5
	45	30,2	28,5	26,0	1,42	0,36	5,0	1,27	29,2
	60	27,4	21,6	18,0	2,41	0,62	11,2	2,90	21,8
	80	24,8	19,9	14,2	3,36	0,87	16,9	4,35	18,2
	90	25,4	17,7	12,0	3,95	1,01	21,2	5,70	17,7
Б у к	0	120,0	109,6	94,0	8,0	2,06	7,26	1,90	109,6
	30	76,0	58,5	40,0	14,5	3,75	24,7	6,40	78,5
	60	50,5	46,6	3,12	0,12	0,81	6,75	1,63	49,8
	90	51,0	42,3	33,2	5,26	1,36	12,4	3,20	42,3

T — касательное напряжение в кг/см², которое вычислялось по формуле:

$$T = \frac{P}{F} \text{ (кг/см}^2\text{)},$$

где P — средняя величина разрушающей нагрузки в кг;
 F — площадь склеиваемой поверхности в см².

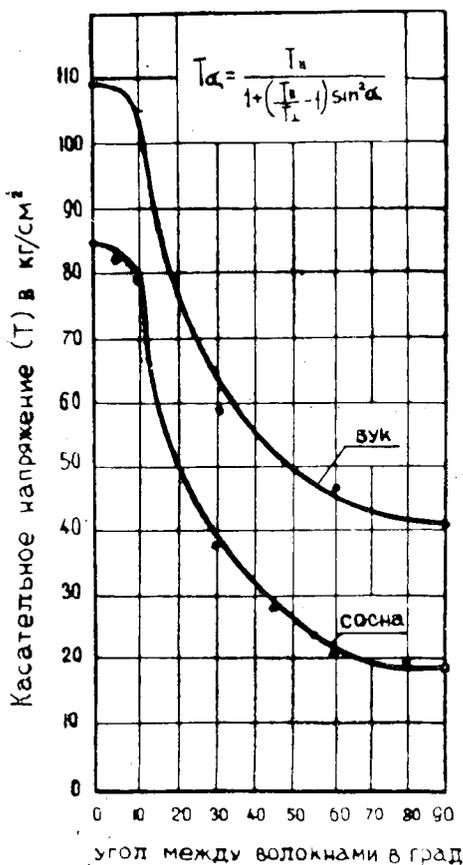


Рис. 1. Прочность склеивания в зависимости от взаимного положения волокон.

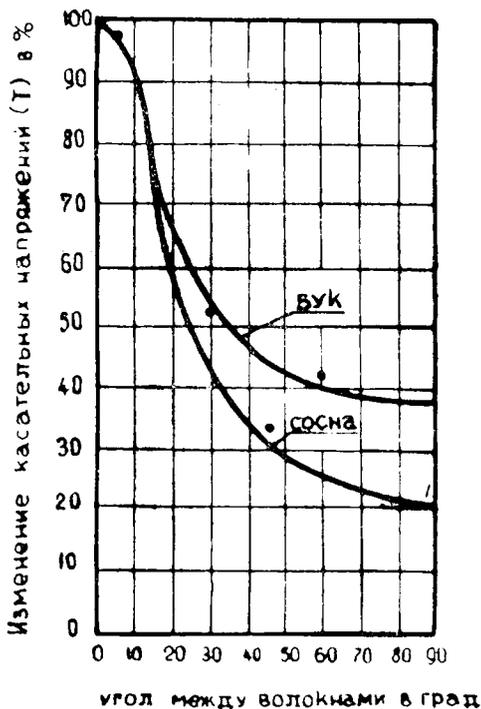


Рис. 2. Прочность склеивания в зависимости от взаимного положения волокон (в процентах от максимального значения).

Из таблицы видно, что прочность соединения находится в обратной зависимости от угла, составленного направлением волокон. При увеличении угла от 0 до 90° прочность склеивания сосны снизилась с $84,4$ до $17,7 \text{ кг}/\text{см}^2$, то есть на 79% , а прочность склеивания бука уменьшилась с $109,6$ до $42,3 \text{ кг}/\text{см}^2$, то есть на 61% .

Данные позволяют построить графики, представленные на рис. 1 и 2. Аналитическое исследование графиков приводит к эмпирическому соотношению между прочностью склеивания и углом взаимного положения волокон.

$$T_\alpha = \frac{T_{\parallel}}{1 + \left(\frac{T_{\parallel}}{T_{\perp}} - 1\right) \sin^2 \alpha} \quad (\text{кг}/\text{см}^2),$$

где T_α — касательное напряжение при данном угле, образованном направлением волокон в $\text{кг}/\text{см}^2$;
 T_{\parallel} — касательное напряжение при $\alpha = 0^\circ$ (по ГОСТу) в $\text{кг}/\text{см}^2$;
 T_{\perp} — касательное напряжение при $\alpha = 90^\circ$ в $\text{кг}/\text{см}^2$.

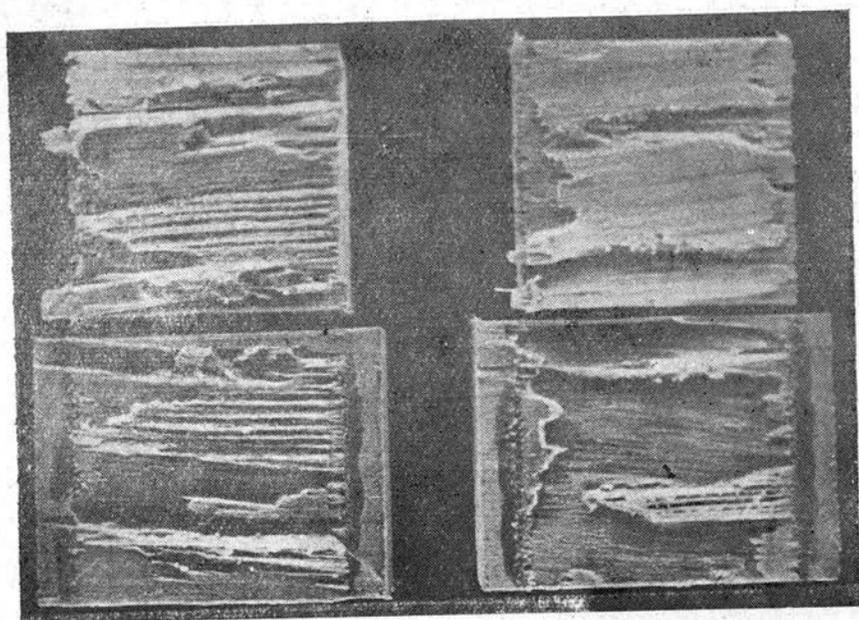


Рис. 3. Материал — сосна, $\alpha = 0^\circ$

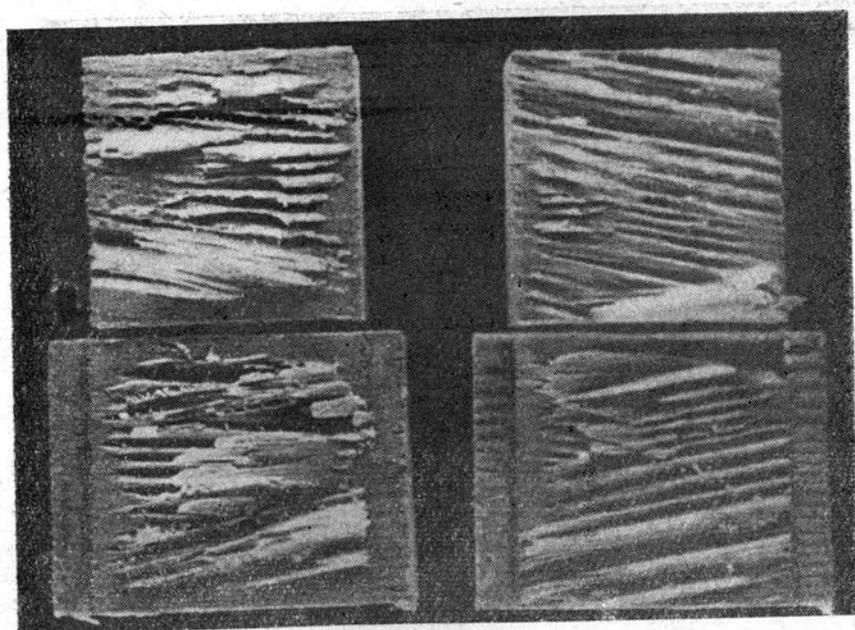


Рис. 4. Материал — сосна, $\alpha = 10^\circ$.

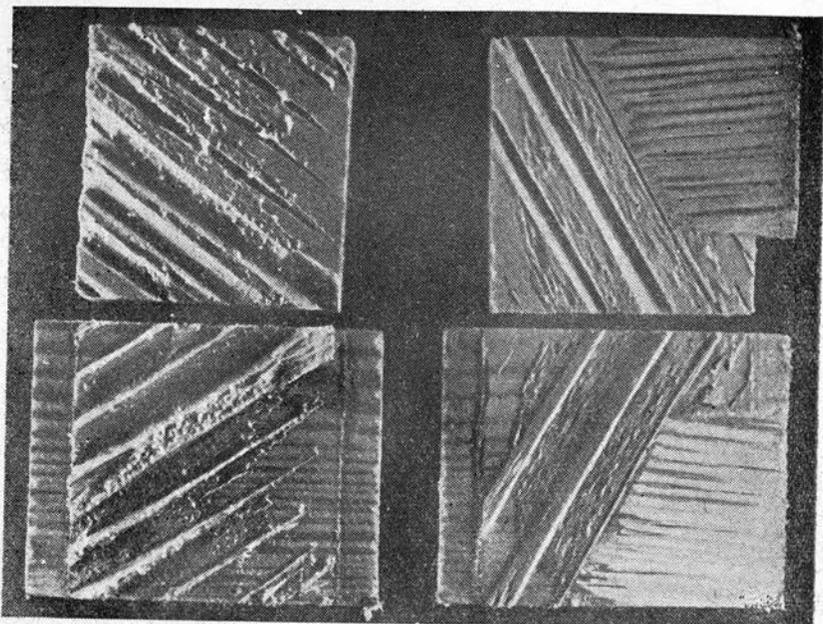


Рис. 5. Материал — сосна, $\alpha = 30^\circ$.

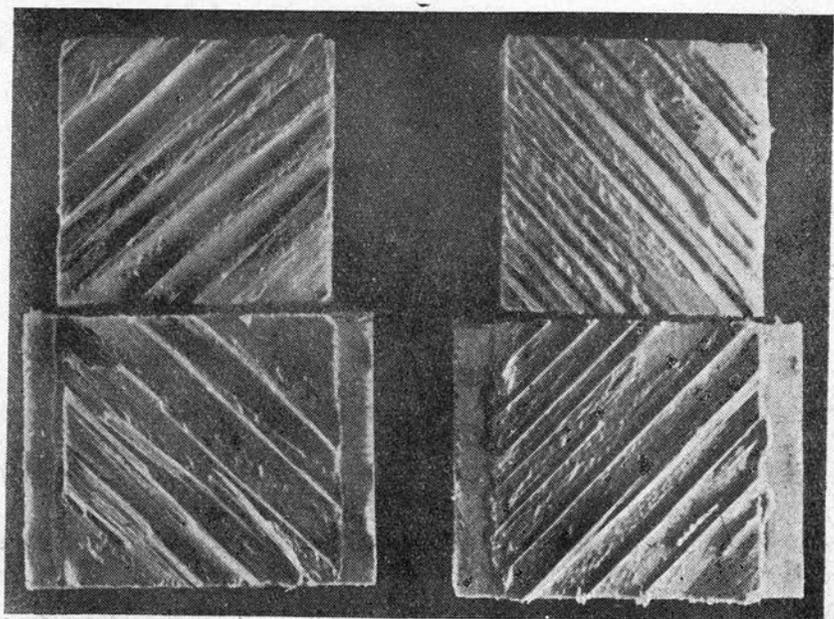


Рис. 6. Материал — сосна, $\alpha = 45^\circ$.

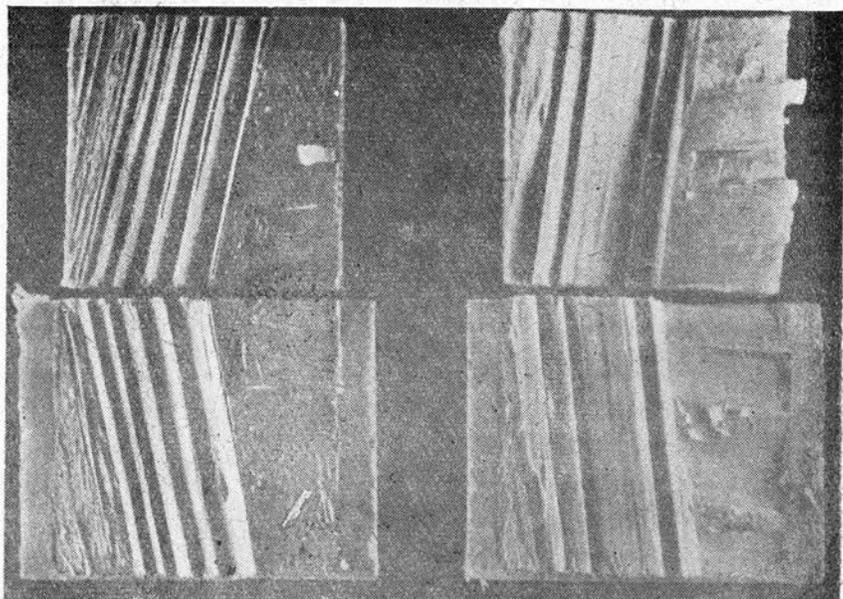


Рис. 7. Материал — сосна, $\alpha = 80^\circ$

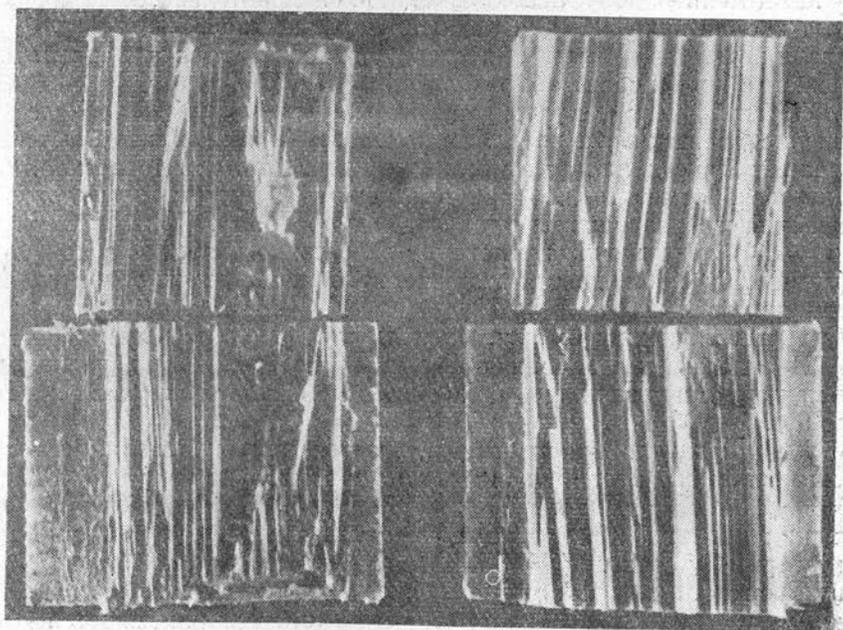


Рис. 8. Материал — сосна, $\alpha = 90^\circ$.

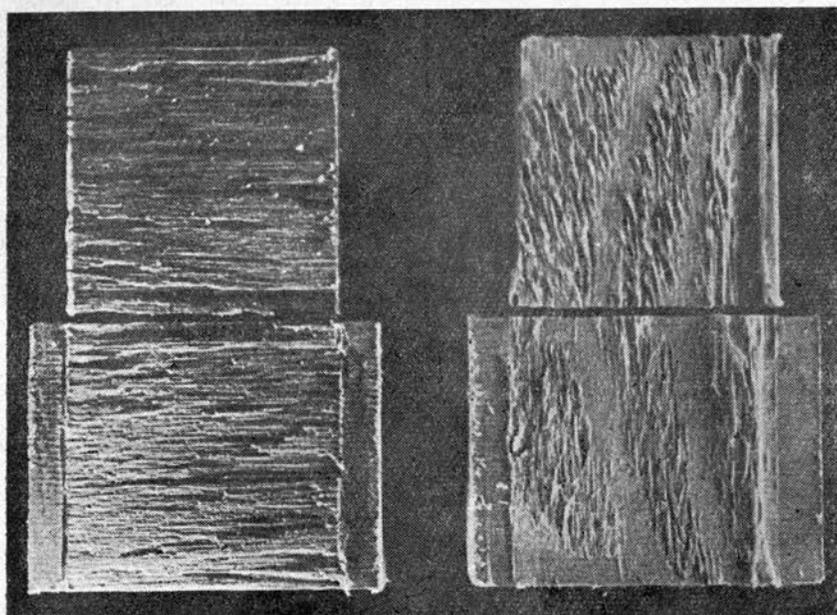


Рис. 9. Материал — бук, $\alpha = 0^\circ$ и 90° .

Вычисленные по этой формуле T_a представлены в табл. 1. Сравнивая эти расчетные данные с экспериментальными, видим, что разница между ними меньше допустимой ошибки, и, следовательно, эмпирическая формула вполне пригодна для практических расчетов.

После испытания были сфотографированы наиболее характерные разрушенные поверхности образцов (рис. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9).

Из фотографий ясно видно, что в 70—90% всех случаев происходило разрушение древесины, а не клеевых швов. Таким образом, клеевые скрепления обеспечивают более высокую прочность, чем древесина.

Интересно отметить, что при различном взаимном расположении волокон процесс разрушения происходит по-разному. При малых углах (до $\alpha = 60^\circ$) разрушение происходит вследствие разрыва, а при больших (свыше 60°) наблюдается разрушение, обусловленное значительным смятием древесины.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

а) Прочность склеивания древесины снижается при увеличении угла между направлением волокон в склеиваемых поверхностях от 0 до 90° .

б) Максимальная прочность достигается при склеивании изделий, волокна древесины которой расположены параллельно друг другу (у сосны $T = 84,4 \text{ кг/см}^2$, у бука $T = 109,6 \text{ кг/см}^2$), а минимальная — при склеивании поверхностей, волокна древесины в которых взаимно перпендикулярны (у сосны $T = 17,7 \text{ кг/см}^2$, у бука $T = 42,3 \text{ кг/см}^2$).

в) Прочность склеивания в зависимости от взаимного направления волокон древесины в склеиваемых поверхностях описывается формулой (*).