

*Доцент П. Я. АРТЕМОВ*

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СКАЛЫВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

Несущая способность ряда деревянных конструкций зависит от сопротивления древесины скалыванию вдоль волокон. Нежелательно иметь деревянные конструкции, в которых значительны напряжения скалывания. Тем не менее совершенно освободиться от напряжений скалывания в них невозможно.

Прочность большинства известных видов соединений и сопряжений деревянных конструкций, в том числе и новых видов соединений—клееных дощатых и фанерных стыков, определяется главным образом сопротивлением древесины скалыванию вдоль и поперек волокон. Поэтому тщательное изучение особенностей работы на указанный вид деформаций как при статической, так и при переменной нагрузке является, несомненно, актуальным вопросом и будет способствовать дальнейшему усовершенствованию деревянных конструкций и их удешевлению.

Вполне оправдано то внимание, с которым целый ряд исследователей изучали вопросы скалывания древесины. Первые работы по скалыванию в сопряжениях были проведены русским ученым Д. И. Журавским (1) еще в 50-х годах прошлого века. В этих опытах он впервые отметил, что сопротивление древесины скалыванию зависит от отношения длины скалываемой площадки к глубине врезки шпонки.

Интересные исследования по экспериментальному определению закона распределения скалывающих напряжений по площадке скалывания были проделаны профессорами И. И. Бобарыковым (2) и В. В. Мраморным (3). Изучение вопросов скалывания древесины в сопряжениях значительно продвинулось после Великой Октябрьской социалистической революции. Этим вопросам посвящены работы А. И. Кузнецова (4), проф. А. И. Отрешко (6), проф. В. А. Росновского (7).

Значительные работы по исследованию сопряжений деревянных конструкций на скалывание были проделаны в ЦНИПСе в 1927—1936 гг. Е. М. Знаменским, Г. Г. Тахтамышевым и В. М. Коченовым (5). Экспериментальные и теоре-

тические исследования по этим же вопросам проведены в лаборатории деревянных конструкций в ЦНИПСе в 1947—1949 гг. В. Г. Михайловым (8).

При расчете различного рода врубок в деревянных конструкциях обычно принималось, что касательные напряжения равномерно распределены по плоскости скалывания. Между тем, пользуясь точными данными теоретического исследования, приведенными в работах Н. М. Фигурнова (9) и В. Г. Михайлова (8), приходим к выводу, что напряжения скалывания распределяются далеко не равномерно. Например, согласно работе Н. М. Фигурнова, для анизотропной пластинки и одностороннего скалывания максимальные напряжения в 1,6 раза больше средних напряжений.

Экспериментальные исследования по определению неравномерности распределения напряжений скалывания впервые были проведены В. В. Мраморным. Для испытаний им был взят образец, представляющий собой дощечку толщиной 7—10 мм и шириной 60 мм, в которой двумя пропилами определялась площадь скалывания. Испытания были проведены на древесине лиственницы, сосны и кедра. В работе приводится ряд диаграмм, из которых видно, что с увеличением длины зуба предел прочности древесины на скалывание падает.

В. Г. Михайлов (8) на основании установленных им причин разрушения сопряжений при скалывании и характера распределения напряжений в них предлагает отказаться от отдельного нормирования расчетных сопротивлений для каждого вида сопряжений и принять за основу нормирования единые предельные сопротивления древесины чистому сдвигу и растяжению поперек волокон, определяемые испытанием малых образцов при однородном напряженном состоянии.

Настоящая работа посвящена вопросу скалывания древесины вдоль волокон. Отличием этого исследования от других является то, что испытания проводились не на стандартных образцах. Нами<sup>1</sup> установлено влияние размеров образца на предел прочности древесины на скалывание.

Для испытаний была взята древесина сосны и дуба: образцы представляли собой прямоугольные бруски (имели нестандартную форму).

Испытания были проведены в лаборатории кафедры сопротивления материалов Белорусского политехнического института имени И. В. Сталина на универсальной гидравлической пятитонной машине, дающей точность отсчетов до 1 кг при установке машины на 1000 кг. Испытания проводи-

<sup>1</sup> В статье использованы данные научно-исследовательской работы, проведенной студентами Белорусского лесотехнического института имени С. М. Кирова— М. С. Шмык, А. Я. Пецко, М. И. Брик и Г. Ф. Ванькович под руководством автора.

лись при скорости движения плунжера 5 мм в минуту. Испытание древесины на скалывание проводилось при помощи приспособления, предложенного автором.

Приспособление состоит из нижней пластины 1 (рис. 1), на которой укреплены четыре стойки 3. В пластине сделан вырез, и одна из его кромок сделана с таким расчетом, чтобы плоскости пуансона 5 в собранном приспособлении совпадали с плоскостью выреза.

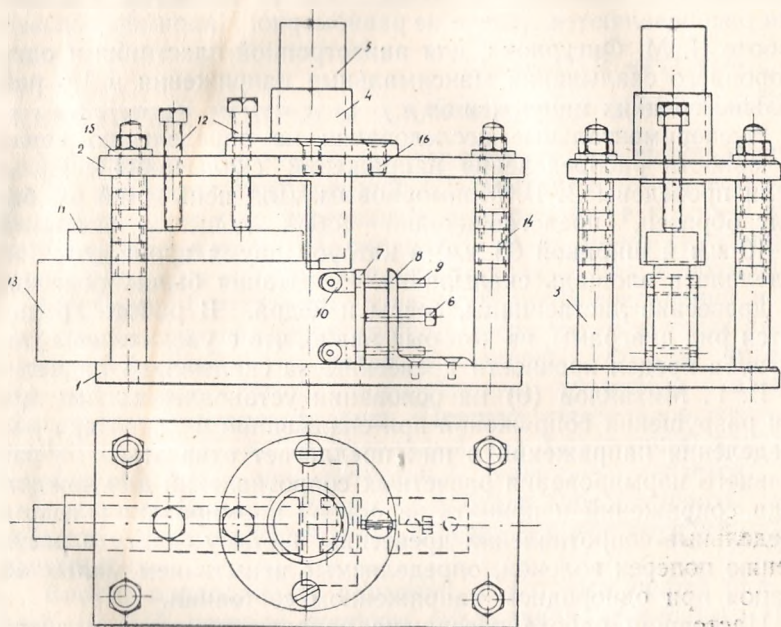


Рис. 1.

Верхняя пластина 2 устанавливается на четыре стойки и имеет в центре вырез для направляющей пуансона 4, два отверстия для прижимных болтов 12 с нарезкой и три отверстия с нарезкой для шурупов 16, укрепляющих фланец направляющей втулки пуансона 4. Втулка эта сделана с половинным вырезом выступающей нижней части, которая предназначена для устранения перекоса пуансона. Направляющая втулка крепится к верхней пластине при помощи шурупов 16. Нижнее очертание пуансона позволяет передать силу на образец без перекоса.

Часть приспособления, состоящая из деталей 6, 7, 8, 9 и 10, выполняет две функции: дает необходимое направление при скалывании образца и возможность быстрой установки его на определенный размер для скалывания следующего участка. Для устранения трения поставлены ролики 10.

Принцип действия приспособления ясен из чертежа. Пластина 11 служит для укрепления образца 13 с помощью прижимных болтов 12. Кольца 14 дают возможность легко менять высоту рабочей части приспособления.

Работа осуществляется следующим образом: образец 13 устанавливается в приспособлении вплотную к роликам 10. Пластиной 11 при помощи прижимных болтов 12 он закрепляется. Затем приспособление устанавливается на испытательную машину и давлением на пуансон осуществляется скалывание древесины. Для центрирования передачи силы в верхней части пуансона можно поставить в центре шарик.

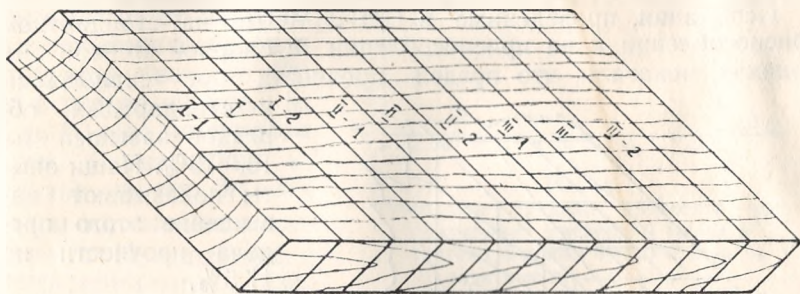


Рис. 2.  
Схема отбора материала для образцов.

Для сравнения показаний предела прочности древесины на скалывание вдоль волокон в тангенциальном направлении для стандартного образца и предлагаемого автором были проведены опыты. Для испытаний была выбрана древесина сосны. Последовательность отбора образцов показана на рис. 2. Для стандартных образцов были приняты обозначения: I—1, I—2, I—3 и т. д. и предлагаемых—I, II, III и т. д.

Влажность древесины при испытании колебалась от 10 до 12 %. Результаты испытаний сведены в таблицу.

Таблица

	п	M кг/см <sup>2</sup>	M % <sub>0</sub>	φ кг/см <sup>2</sup>	m кг/см <sup>2</sup>	v % <sub>0</sub>	p % <sub>0</sub>	t
Испытание на стандартном образце и приспособлении	132	87.5	100	16.0	1.39	18,3	1.59	} 8,7 > 3
Испытание на нестандартном образце и приспособлении	206	72.0	82,5	16,2	1,10	22.5	1.53	

Как видно из приведенных данных, предел прочности на скалывание для древесины сосны при испытании на нестандартном образце понизился на 17,5% по сравнению со стандартным.

При испытании древесины на скалывание вдоль волокон (согласно ГОСТу 6336-52 «Методы физико-механических испытаний древесины») между опорной стенкой приспособления и образцом возникает трение, которое сказывается на результатах испытаний.

По наблюдениям проф. Ф. П. Белянкина (10), предел прочности древесины при скалывании вдоль волокон может увеличиться от 8 до 30% за счет трения образца об опорную стенку прибора. В среднем увеличение составляет 19%.

Испытания, проведенные в ЦНИИМОДе на стандартном приспособлении и на приспособлении с опорной стенкой на роликах, показали, что предел прочности при скалывании у стандартных образцов завышен на 10—15%. Наши опыты показывают завышение этого предела прочности на 17,5%.

Так как предлагаемый образец дает результаты, более близкие к действительным, а также ввиду простоты его изготовления, мы остановились для дальнейшего исследования на данных образцах.

Для выяснения изменения предела прочности на скалывание древесины сосны вдоль волокон в тангенциальном направлении в зависимости от высоты было испытано 8 образцов постоянной ширины (20 мм) и разной высоты, от 10 до 80 мм через каж-

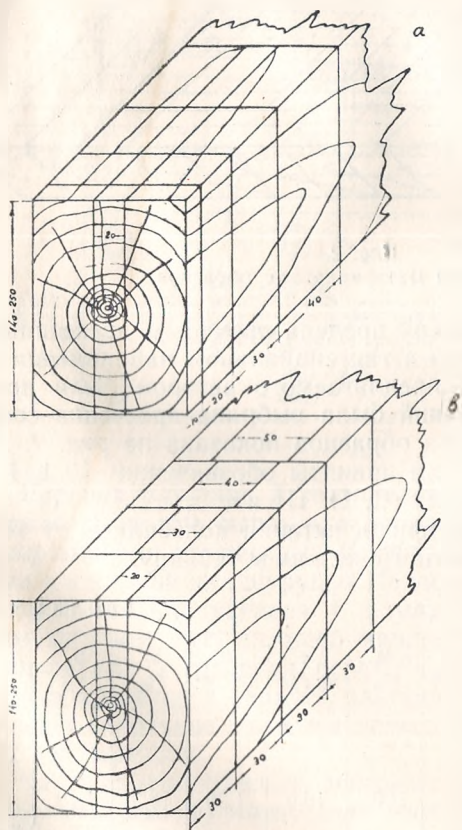


Рис. 3.  
Схема отбора образцов.

дые 10 мм. Каждый из них дал возможность провести по 10—12 испытаний. Схема отбора образцов показана на рис. 3а. По данным испытаний были подсчитаны средние значения для каждого интервала высоты и опытные данные нанесены на график (рис. 4). Туда же нанесены и средние значения для каждого интервала высоты. Из графика видно, что предел прочности древесины на скалывание, начиная с высоты 30 мм, падает.

Для выяснения изменения предела прочности древесины на скалывание вдоль волокон в тангенциальном направлении в зависимости от ширины было испытано 5 образцов постоянной высоты (30 мм) и разной ширины, от 20 до 60 мм с интервалом 10 мм. Схема отбора их показана на рис. 3в. На каждом образце было проведено по 10 испытаний и экспериментальные данные нанесены на график (рис. 5). По этим экспериментальным данным были найдены средние значения для каждого интервала, которые показаны на графике условным обозначением (х). Из графика видно, что с увеличением ширины испытуемого образца понижается предел прочности древесины на скалывание.

Для выяснения изменения предела прочности древесины сосны на скалывание вдоль волокон в тангенциальном направлении в зависимости от изменения площади образца были использованы экспериментальный материал двух предыдущих испытаний. Эти данные нанесены на график (рис. 6), подсчитаны средние значения и показаны тем же условным обозначением. Из графика видно, что с увеличением площади поперечного

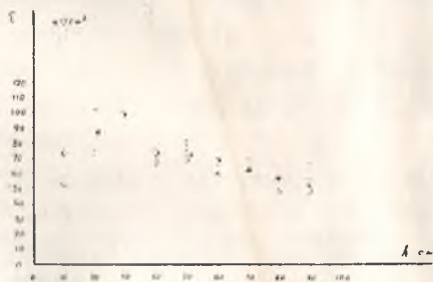


Рис. 4. Изменение предела прочности при скалывании древесины сосны в тангенциальном направлении в зависимости от высоты.

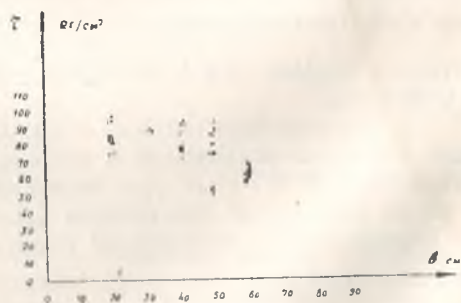


Рис. 5. Изменение предела прочности при скалывании древесины сосны в тангенциальном направлении в зависимости от ширины.

сечения предел прочности древесины сосны на скалывание вдоль волокон в радиальном направлении понижается.

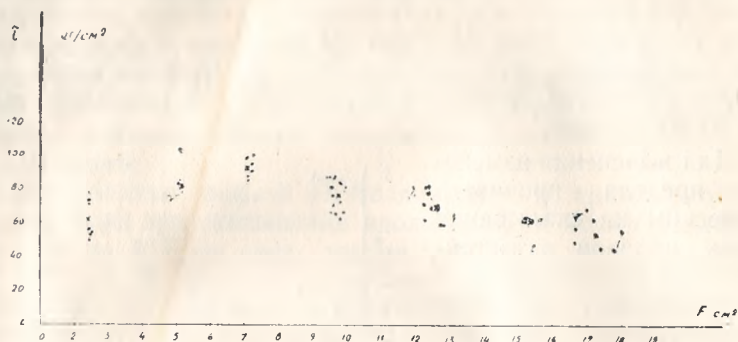


Рис. 6.

Экспериментальные данные по испытанию древесины сосны на скалывание вдоль волокон в тангенциальном направлении в зависимости от площади.

В результате обработки экспериментальных материалов по древесине сосны получены следующие данные:

1. С увеличением высоты образца предел прочности древесины сосны на скалывание в тангенциальном направлении понижается с  $95 \text{ кг/см}^2$  при высоте  $3 \text{ см}$  и ширине  $2 \text{ см}$  до  $55,6 \text{ кг/см}^2$ , при высоте  $8 \text{ см}$  и той же ширине.

Коэффициент корреляции получился равным  $r = -0,76$ ; что указывает на то, что существует связь между высотой образца и  $\sigma$ , причем с увеличением высоты образца предел прочности падает. Для суждения о надежности коэффициента корреляции было найдено отношение коэффициента корреляции к его средней ошибке  $\frac{r}{m_r} = 15,8 > 4$  и так как  $15,8$  значительно больше, чем  $4$ , то можно утверждать, что такая связь существует.

2. С увеличением ширины образца предел прочности древесины сосны на скалывание в тангенциальном направлении понижается с  $87,5 \text{ кг/см}^2$  при постоянной высоте  $2 \text{ см}$  и ширине  $2 \text{ см}$  до  $64,2 \text{ кг/см}^2$  при ширине  $6 \text{ см}$  и той же высоте.

Коэффициент корреляции получился равным  $r = -0,407$ . Ошибка коэффициента корреляции  $m_r = 0,108$  и  $\frac{r}{m_r} = 3,78$ .

Ввиду того, что  $\frac{r}{m_r} = 3,78 < 4$ , нельзя считать, что коэффициент корреляции является надежным, но все же приходится признать, что связь между пределом прочности древесины на скалывание вдоль волокон в тангенциальном направлении и шириной образца существует, так как это отношение больше  $3$ .

3. С увеличением площади поперечного сечения предел прочности древесины на скалывание в тангенциальном направлении понижается с  $95 \text{ кг/см}^2$  при площади  $7 \text{ см}^2$  до  $55 \text{ кг/см}^2$  при площади  $17 \text{ см}^2$ .

Коэффициент корреляции получился равным  $r = -0,52$ . Отношение коэффициента корреляции к его средней ошибке равно  $7,9 > 4$ , что дает право утверждать о существовании связи между  $\tau_{\text{в}}$  и площадью поперечного сечения.

Меньшее влияние на изменение  $\tau_{\text{в}}$  оказывает изменение площади в зависимости от изменения ширины образца, чем в зависимости от изменения высоты.

Подобные опыты были проведены и на древесине дуба в радиальном направлении. В результате обработки экспериментальных данных были получены следующие результаты:

1. С увеличением высоты образца предел прочности древесины дуба на скалывание в радиальном направлении понижается с  $178 \text{ кг/см}^2$  при высоте  $1 \text{ см}$  и постоянной ширине  $2 \text{ см}$  до  $149 \text{ кг/см}^2$  при высоте  $5 \text{ см}$ . Опытные данные и их средние значения нанесены на график (рис. 7).

Так как коэффициент корреляции получился равным  $r = -0,805$  и отношение коэффициента корреляции к его средней ошибке  $13,7 > 4$ , то можно утверждать о существовании связи между  $\tau_{\text{в}}$  и высотой образца  $h$ .

2. С увеличением ширины образца предел прочности древесины дуба на скалывание в радиальном направлении понижается с  $194 \text{ кг/см}^2$  при ширине  $1 \text{ см}$  и постоянной высоте  $2 \text{ см}$  до  $156 \text{ кг/см}^2$  при ширине  $5 \text{ см}$  и той же высоте. Экспериментальные данные и их средние значения



Рис. 7.

Изменение предела прочности при скалывании древесины дуба в радиальном направлении в зависимости от высоты.

показаны на графике (рис. 8), из чего также можно утверждать о наличии существующей связи между  $\tau_{\text{в}}$  и шириной образца, так как коэффициент корреляции  $r = -0,825$  и отношение коэффициента корреляции к его средней ошибке  $\frac{r}{m_r} = 16,2 > 4$ .



3. С увеличением площади поперечного сечения  $F$  предел прочности древесины дуба на скалывание в радиальном направлении понижается со  $190 \text{ кг/см}^2$  при площади поперечного сечения  $2,5 \text{ см}^2$  до  $146 \text{ кг/см}^2$  при площади поперечного сечения  $10,0 \text{ см}^2$ .

Экспериментальные данные и их средние значения нанесены на график (рис. 9). Коэффициент корреляции для данного случая получился равным  $r = -0,67$ . Ошибка коэффициента корреляции  $m_r = 0,64$ . Отношение коэффициента корреляции к его средней

ошибке  $\frac{r}{m_r} = 10,6 > 4$ ,

что дает также основание утверждать о существующей связи между площадью поперечного сечения и пределом прочности древесины дуба на скалывание в радиальном направлении.



Рис. 8.

Изменение предела прочности при скалывании древесины дуба в радиальном направлении в зависимости от ширины.

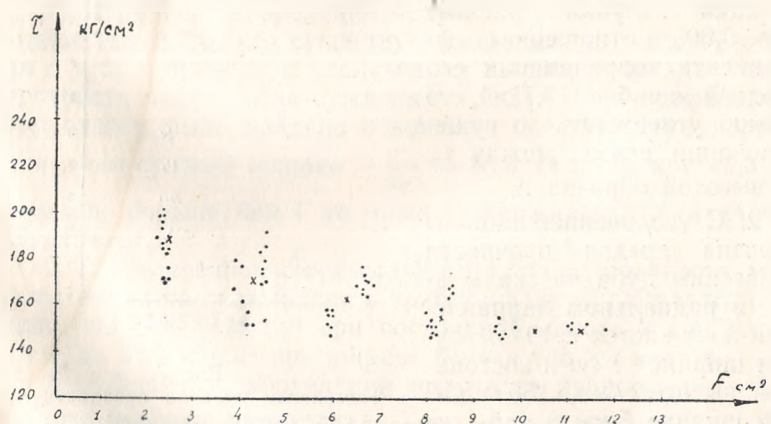


Рис. 9.

Экспериментальные данные по испытанию древесины дуба на скалывание в радиальном направлении в зависимости от площади.

Здесь также надо указать, что меньшее влияние на изменение  $\tau_b$  оказывает изменение площади в зависимости от изменения высоты образца (рис. 9).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Журавский Д. И., О мостах раскосной системы ГАУ, 1855.
2. Бобарыков И. И., К вопросу о сопротивлении дерева скальванию, «Известия Томского политехнического института», т. 35, № 3, Томск, 1915.
3. Мраморнов В. В., О напряжениях при скальвании дерева. «Журнал общества сибирских инженеров», 1913.
4. Кузнецов А. И., Узловые сопряжения деревянных ферм, ГОНТИ, 1932.
5. Коченов В. М., Экспериментально-теоретические исследования деревянных конструкций, ГОНТИ, М.—Л., 1938.
6. Отрешко А. И., Исследование работы врубок, журнал «Строительная промышленность», № 9, 1940.
7. Росновский В. А., Исследование работы дерева в стыках ферм ГАУ, журнал «Техника железных дорог», № 9, 1945.
8. Михайлов В. Г., Скальвание в клееных дощатых стыках. Сборник под ред. проф. Ю. М. Иванова «Вопросы прочности и изготовления деревянных конструкций», ЦНИПС, 1952.
9. Фигурнов Н. М., О распределении касательных напряжений по плоскости скальвания.
10. Белянкин Ф. П., Исследование стандартного образца на скальвание вдоль волокон. Журнал «Заводская лаборатория», № 10, 1951.