



МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674-415

**ЗАВИСИМОСТЬ СИЛ РЕЗАНИЯ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ СТРОГАНИЯ
И ШИРИНЫ КРОМОК ФАНЕРЫ**

© *И.Т. Глебов, канд. техн. наук, доц.*
В.В. Глебов, магистр

Уральский государственный лесотехнический университет, Сибирский тракт, 37,
г. Екатеринбург, Россия, 620100
E-mail: GIT5@yandex.ru

Клееная фанера широко используется в народном хозяйстве, однако экспериментальных исследований по обрабатываемости резанием кромок фанеры нет, поэтому такая информация актуальна.

В целях получения информации о зависимости сил резания от угла перерезания волокон древесины и толщины фанеры проведены экспериментальные исследования по строганию кромок фанеры на лабораторной установке. Скорость главного движения $V = 0,035$ м/с; угол резания ножа $\delta = 55^\circ$; толщина срезаемого слоя $a = 0,07; 0,10; 0,15; 0,20$ мм; ширина строгания $b = 4, 6, 9$ мм; радиус закругления режущей кромки ножа $\rho_0 = 15$ мкм. Силы резания измеряли тензометрическим динамометром с обработкой данных аппаратно-программной средой LabView.

Образцы для исследования были выпилены из одного листа 5-слойной березовой фанеры толщиной 6,0 мм и плотностью $\rho = 0,77$ г/см³. Исследуемые кромки образцов расположены по отношению к волокнам древесины наружных (лицевых) слоев фанеры под углами 0, 30, 45, 60, 90°.

Доказано, что касательная сила резания достигает максимального значения при угле перерезания волокон древесины 45°, при угле 60° она становится меньше; с увеличением ширины строгания (толщины фанеры) силы резания изменяются не прямо пропорционально толщине фанеры, с ее увеличением они возрастают.

Ключевые слова: кромки фанеры, строгание, сила резания, направление волокон, толщина фанеры, экспериментальные исследования.

Фанера широко используется в строительстве, машиностроении, производстве мебели и др. [2]. При механической обработке фанеры резанием кромки заготовок могут быть расположены под различными углами к направ-

лению волокон древесины наружных слоев. При этом заготовки могут быть различной толщины. Исследования по строганию кромок фанеры не проводились, поэтому получение информации об обрабатываемости таких кромок актуально.

Цель работы – выявление зависимости касательной и нормальной сил резания при строгании кромок фанеры от направления волокон древесины, выходящих на обрабатываемую кромку различной ширины.

Исследования выполнены в лаборатории кафедры станков и инструментов УГЛТУ на экспериментальной установке, подготовленной для изучения процесса строгания. Скорость главного движения $V = 0,035$ м/с; угол резания ножа $\delta = 55^\circ$; толщина срезаемого слоя $a = 0,07; 0,10; 0,15; 0,20$ мм; ширина строгания $b = 6$ мм – при изучении влияния положения кромки по отношению к волокнам древесины наружного слоя, $b = 4, 6, 9$ мм – при изучении влияния ширины строгания. Радиус закругления режущей кромки ножа $\rho_0 = 15$ мкм.

Для измерения сил резания использовали двухкоординатный тензометрический динамометр, смонтированный на суппорте установки с возможностью поступательного перемещения гидроприводом. При этом строгальный нож закреплен на станке неподвижно, а исследуемый образец фанеры – на тензометрическом динамометре.

Для получения и обработки данных была выбрана аппаратно-программная среда LabView, которая преобразует аналоговый сигнал в цифровой и позволяет создавать, хранить и обрабатывать базы данных на компьютере [1].

Образцы для исследования были выпилены из одного листа 5-слойной березовой фанеры толщиной 6,0 мм и плотностью $\rho = 0,77$ г/см³. Исследуемые кромки образцов расположены по отношению к волокнам древесины наружных слоев фанеры под углами 0, 30, 45, 60, 90°. Схема разметки для выпиливания образцов из листа фанеры показана на рис. 1. У образца 1 длинная кромка расположена параллельно направлению волокон наружного слоя фанеры. Длинные кромки образцов были подвергнуты обработке на станке.

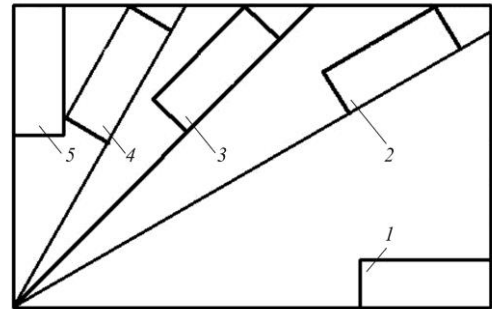


Рис. 1. Схема разметки образцов на листе фанеры при различных углах перерезания волокон: 1 – 0°; 2 – 30°; 3 – 45°; 4 – 60°; 5 – 90°

Влияние толщины срезаемого слоя и угла перерезания волокон древесины наружных слоев листа фанеры на касательную силу резания F_x показана на рис. 2.

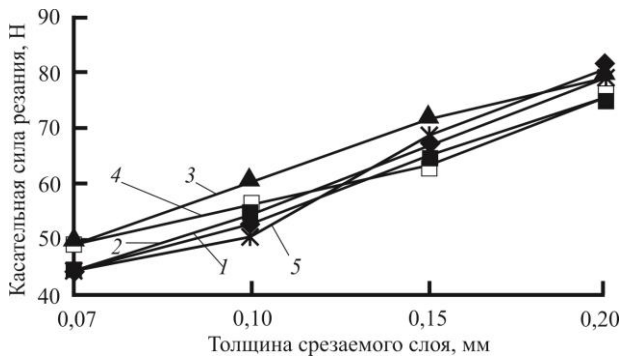


Рис. 2. Зависимость касательной силы резания при строгании кромок фанеры от толщины срезаемого слоя при различных углах перерезания волокон древесины наружных слоев фанеры (см. обозначения на рис. 1)

Максимального значения касательная сила резания достигает при угле перерезания волокон древесины 45° . Учитывая, что фанера склеена из листов шпона при взаимно перпендикулярном расположении волокон древесины в смежных листах, для данного случая во всех слоях фанеры (наружных и внутренних) угол перерезания волокон древесины составляет 45° .

При строгании с углом перерезания волокон 60° касательная сила резания становится меньше, так как в нечетных (1, 3, 5) слоях угол перерезания равен 60° , а в четных внутренних слоях (2, 4) – 30° . Чем меньше угол перерезания волокон, тем меньше касательная сила резания.

При строгании образцов с углом перерезания волокон 30° в трех нечетных слоях угол перерезания равен 30° , в двух четных внутренних слоях – 60° .

Минимального значения касательная сила резания достигает при угле перерезания на кромке 0 и 90° . В этом случае угол перерезания волокон в четных внутренних слоях соответственно 90 и 0° .

Из рис. 2 видно, что графики проходят в узком наклонном канале и силы резания отличаются для соответствующих толщин срезаемых слоев примерно на 4 Н. В связи с этим в практических расчетах можно использовать максимальные значения силы резания для угла перерезания волокон 45° и рассчитывать их по уравнению

$$F_x = p_b + k_b a = 34,8 + 231,22a, \quad (1)$$

где p_b – фиктивная сила резания при ширине строгания b , Н;

k_b – касательное сопротивление срезаемого слоя по передней поверхности ножа при ширине строгания b , Н/мм;

a – толщина срезаемого слоя при строгании, мм.

Изменение нормальной силы F_z резания (рис. 3) от угла перерезания волокон имеет такую же закономерность, что и для касательной силы резания. Максимальное значение нормальной силы резания отмечено при угле перерезания волокон 45° , минимальное – при 0° .

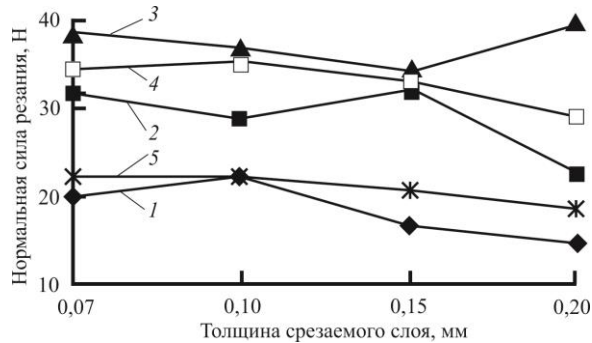


Рис. 3. Зависимость нормальной силы резания при строгании кромок фанеры от толщины срезаемого слоя при различных углах перерезания волокон древесины наружных слоев фанеры (см. обозначения на рис. 1)

Расчетное значение нормальной силы резания находят обычно из соотношения

$$m = F_z / F_x.$$

Значения m , полученные после обработки экспериментальных данных, зависят от толщины срезаемого слоя и угла перерезания волокон (рис. 4). При толщине срезаемого слоя $a = 0,07$ мм значения $m = 0,46 \dots 0,80$, при $a = 0,20$ мм — от 0,18 до 0,50. С увеличением толщины срезаемого слоя m убывает. Для угла перерезания волокон 45° можно принять $m = 0,80 \dots 0,40$.

Влияние ширины срезаемого слоя. В теории резания массивной древесины принято считать, что с изменением ширины срезаемого слоя силы резания изменяются прямо пропорционально. Если судить строго, то такой пропорциональной зависимости не должно быть, так как годовые кольца в древесине имеют различную ширину, а в пределах годовых колец зоны ранней (невызревшей) и поздней (вызревшей) древесины тоже имеют разные размеры.

В фанере тоже можно выделить слои с неодинаковыми свойствами: в нечетных слоях листы шпона расположены относительно волокон древесины продольно, в четных — поперечно. Фанера склеена из листов шпона различной толщины: 3-слойная — из листов шпона толщиной 1,50 мм; 5-слойная — 1,14 мм; 7-слойная — из листов шпона разной толщины: 1,14–1,49–2,20–1,49–2,20–1,49–1,14 мм и т.д.

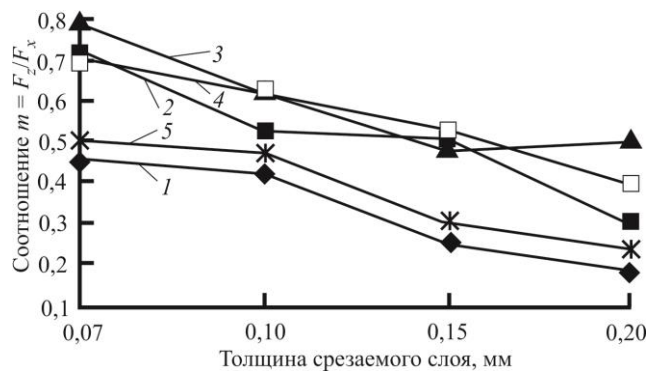


Рис. 4. Зависимость значений m при строгании кромок фанеры от толщины срезаемого слоя при различных углах перерезания волокон древесины наружных слоев фанеры (см. обозначения на рис. 1)

При резании фанеры условия перерезания волокон в слоях различны и силы резания не пропорциональны ширине срезаемого слоя. О пропорциональной зависимости можно говорить только в пределах одного слоя фанеры. При этом можно выделить одно направление, при котором во всех слоях фанеры углы перерезания волокон древесины одинаковы и равны 45° . Однако листы шпона в фанере могут быть расположены таким образом, что в одних из них резание будет по слою, в других – против слоя. Если боковая кромка фанеры расположена под углом 45° к направлению волокон наружных поверхностей, то можно ожидать, что сила резания будет прямо пропорциональна ширине срезаемого слоя.

Для проверки этого предположения были изготовлены образцы из листов фанеры толщиной 4, 6, 9 мм с направлением волокон наружных слоев под углом 45° к кромке.

Изменение касательной силы резания от толщины строгаемой фанеры можно описать следующими уравнениями:

для $t = 4$ мм

$$F_x = 15,500 + 106,23a = (3,875 + 26,5575a)4; \quad (2)$$

для $t = 6$ мм

$$F_x = 34,800 + 231,22a = (5,800 + 38,5400a)6; \quad (3)$$

для $t = 9$ мм

$$F_x = 57,436 + 447,27a = (6,380 + 49,7000a)9. \quad (4)$$

Выражения в скобках равны единичной силе, т. е. силе при ширине срезаемого слоя 1 мм. Единичные силы уравнений не равны, следовательно, касательная сила резания при увеличении ширины строгаемой кромки фанеры изменяется не прямо пропорционально.

На рис. 5 показаны графики, отражающие связь между касательной силой резания и толщиной строгаемой фанеры и толщиной срезаемого при строгании слоя кромки.

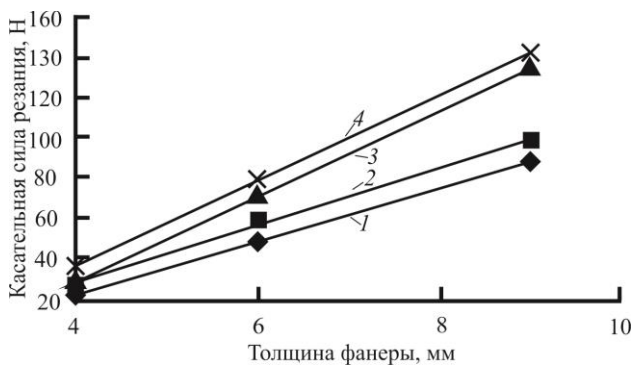


Рис. 5. Зависимость касательной силы резания от толщины фанеры при различной толщине срезаемого слоя кромки: 1 – $a = 0,07$ мм; 2 – 0,10; 3 – 0,15; 4 – 0,20 мм

Изменение касательной силы резания от толщины фанеры при разной толщине срезаемого слоя можно описать следующими уравнениями прямых линий:

для $a = 0,07$ мм $F_x = -29,320 + 13,045t;$

для $a = 0,10$ мм $F_x = -27,595 + 14,089t;$

для $a = 0,15$ мм $F_x = -54,280 + 20,950t;$

для $a = 0,20$ мм $F_x = -45,570 + 20,825t.$

Уравнения (5) запишем в общем виде:

$$F_x = p_a + k_a t, \quad (6)$$

где p_a и k_a – коэффициенты уравнения.

Коэффициент p_a зависит от толщины срезаемого слоя a :

a , мм	0,07	0,10	0,15	0,20
p_a	-29,320	-27,595	-54,280	-45,570

Построив график, получим уравнение линии тренда этой зависимости:

$$p_a = -22,16 \ln(a) - 86,109.$$

Коэффициент k_a также зависит от a . Из уравнения (5) имеем

$$k_a = 8,3212 + 68,508a.$$

Подставим p_a и k_a в уравнение (6) и получим зависимость касательной силы резания от толщины срезаемого слоя и толщины фанеры (ширины строгания кромки):

$$F_x = - [22,16 \ln(a) + 89,109] + (8,3212 + 68,508a)t. \quad (7)$$

Удельная сила резания. Удельную силу резания $F_{уд}$ найдем как отношение единичной касательной силы резания к толщине срезаемого слоя. Из уравнений (2) – (4) для фанеры разной толщины определим удельную силу резания:

для $t = 4$ мм $F_{уд} = 26,5575 + 3,875/a; \quad (8)$

для $t = 6$ мм $F_{уд} = 38,5400 + 5,800/a; \quad (9)$

для $t = 9$ мм

$$F_{уд} = 49,7000 + 6,380/a. \quad (10)$$

Из уравнений (8) – (10) следует, что с увеличением толщины срезаемого слоя удельная сила резания убывает, а с увеличением толщины фанеры она возрастает.

Учитывая, что касательная сила резания изменяется не прямо пропорционально ширине строгания, ее можно рассчитать, используя следующее выражение:

$$F_x = F_{уд} at \quad (11)$$

Выводы

1. При строгании кромок фанеры максимальные значения силы резания получены при угле перерезания волокон 45° по отношению к наружному слою фанеры. При выполнении практических расчетов сил резания это направление можно считать основным.

2. С увеличением ширины строгания силы резания изменяются не прямо пропорционально толщине фанеры.

3. С ростом толщины фанеры удельная сила резания возрастает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова Н.А., Листратов Я.И., Свиридов Е.В. Разработка прикладного программирования в среде Labview: учеб. пособие. М.: Изд-во МЭИ, 2005. 230 с.
2. Глебов И.Т., Глебов В.В. Оборудование для производства и обработки фанеры. СПб.: Изд-во «Лань», 2012. 352 с.

Поступила 17.10.12

Dependence of Cutting Forces on Planing Direction and Plywood Edge Width

I.T. Glebov, Candidate of Engineering, Associate Professor

V.V. Glebov, Master

The Ural State Forest Engineering University, Sibirsky Trakt, 37, 620100, Yekaterinburg, Russia
E-mail: GIT5@yandex.ru

Plywood is widely used in national economy, but there are no experimental studies on edge cutting machining of plywood. Thus, such data is highly relevant.

In order to obtain information about the dependence of the cutting forces on the wood fiber cutting angle and plywood thickness, we conducted a number of experimental studies on plywood edge planing in laboratory settings. The stroking speed $V = 0.035$ m/s, the blade cutting angle $\delta = 55^\circ$, the thickness of the layer being cut $a = 0.07; 0.1; 0.15; 0.2$ mm. Planing width $b = 4; 6; 9$ mm. The tool edge radius $\rho_0 = 15$ μ m. Cutting forces were

measured by a strain-gauge dynamometer, the data being processed by the hardware-software environment LabView.

The samples were sawn from a single sheet of five-layer birch plywood 6.0 mm thick and 0.77 g/cm³ dense. The sample edges are set to the wood fibers of the outer (inner) layers of plywood at angles of 0°; 30°; 45°; 60°; 90°.

We proved that tangential cutting force reaches its maximum at a fiber cutting angle of 45°. At an angle of 60°, tangential cutting force is lesser.

Additionally, we showed that with increase in the planing width (plywood thickness) the cutting forces do not vary directly as the plywood thickness. With increase in the plywood thickness the value of specific cutting force goes up.

Keywords: plywood edge, planing, cutting force, direction of fibers, plywood thickness, experimental study.

REFERENCES

1. Vinogradova N.A., Listratov Ya.I., Sviridov E.V. *Razrabotka prikladnogo programmirovaniya v srede Labview* [Development of Application Programming in Labview]. Moscow, 2005. 230 p.
 2. Glebov I.T., Glebov V.V. *Oborudovanie dlya proizvodstva i obrabotki fanery* [Equipment for Plywood Production and Processing]. St. Petersburg, 2012. 352 p.
-