

Раздел V. ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ, ИНСТРУМЕНТЫ И РЕЗАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

УДК 674.093

А.М.ДРОЗДОВ, Д.Ф.ХИТРОВО (БТИ)

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ БРУСА НА ТОЧНОСТЬ ЕГО КАСКАДНОЙ РАСПИЛОВКИ

Все более широкое применение в лесопилении находят многопильные круглопильные станки с двухкаскадной распиловкой бруса по схеме рис. 1, а, например станок Ц12Д-1 и др. Двухкаскадная распиловка бруса 1 позволяет использовать пилы 2 меньшего диаметра, обладающие необходимой жесткостью при меньшей толщине полотна, что уменьшает потери древесины в опилки. Однако образующиеся на пластьях досок технологические уступы от несоответствия нижнего и верхнего пропилов ухудшают точность распиловки. При дальнейшей механической обработке таких пиломатериалов (из-за повышенных припусков) снижается выход полезной продукции.

Известно, что периферийная зона ствола дерева находится в состоянии продольного растяжения и поперечного сжатия, а центральная – продольного сжатия и поперечного растяжения [1]. При симметричной относительно сердцевины ствола распиловке видно, что стрела продольного прогиба делянок (выпиливаемых досок) из-за перераспределения внутренних напряжений направлена от сердцевины ствола (рис. 1, б), а поперечного – к сердцевине ствола (рис. 1, в, г). Опыты показывают, что при глубине несквозных пропилов в брус до $h = 0,6H$ прогиб делянок остается постоянным за пределами участка $CF = (2,0-2,5)h$ (рис. 1, а). Разделение бруса по линии BD практически не изменяет положения делянок. Это указывает на то, что непропиленная часть бруса оказывает сопротивление продольному изгибу делянки, но не препятствует поперечному, и можно считать, что стрела продольного прогиба делянок при несквозном пропиле $\omega_1' = 0$. Стрелу поперечного прогиба делянки при этом ω_1'' определим с учетом расчетной схемы рис. 1, ж.

Максимальный прогиб консольной балки [2]

$$\omega_1'' = \frac{q_1 h^4}{8 E_t I_1},$$

где q_1 – распределенная по длине балки нагрузка; E_t – модуль поперечной упругости древесины в тангентальном направлении; I_1 – момент инерции сечения.

$$E_t I_1 = M_1 \rho_1,$$

где M_1 – изгибающий момент; $M_1 = \frac{q_1 h^2}{2}$.

Здесь ρ_1 – радиус кривизны делянки. $\rho_1 = \frac{E_t B}{2 \sigma'}$, где B – толщина делянки; σ' – напряжения при изгибе, численно равные поперечным касательным напряжениям в древесине $\sigma(r)$ [1].
Тогда

$$\omega_1'' = \frac{\sigma(r) h^2}{2 E_t B} \quad (1)$$

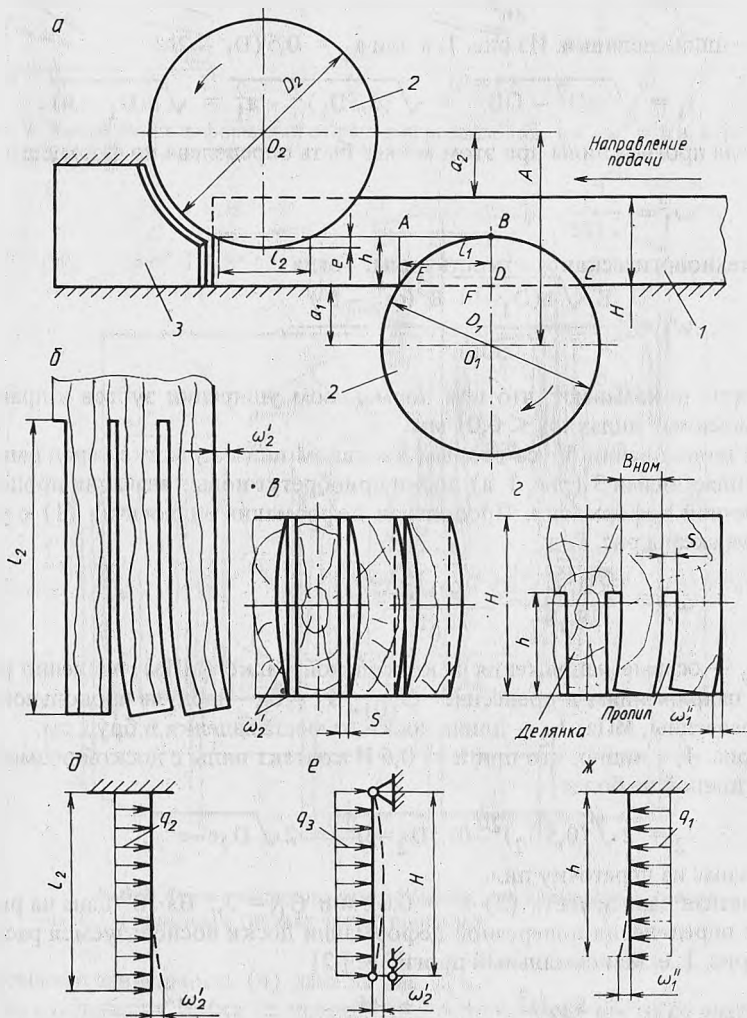


Рис. 1. Двухкаскадная распиловка бруса и деформация выпиленных досок из-за перераспределения внутренних напряжений: а – схема двухкаскадной распиловки; б, в – соответственно продольная и поперечная деформация досок при сквозных пропилах; г – поперечная деформация при несквозных пропилах; д–ж – схемы для расчета деформаций.

Расчетная зависимость (1) при $\sigma' = 0,9 \text{ Па} \cdot 10^6$ приведена на рис. 2, а.

Деформированная делянка вступает в контакт с зубьями холостой части пилы (рис. 3), которая при этом снимает с обращенной к оси бруса пласти слой древесины, равный ω_1'' , но не более уширения зубьев на сторону S' . При $\omega_1'' > S'$ выпиливаемая делянка оказывает давление на пилу P_{16} [3], отгибая ее на ω_1''' :

$$P_{16} = \frac{E_t l_1 B^3 (\omega_1'' - S')}{3h^3},$$

где l_1 — длина делянки. Из рис. 1, а при $a_1 = 0,5(D_1 - 2h)$

$$l_1 = \sqrt{EO^2 - OB^2} = \sqrt{(0,5D_1)^2 - a_1^2} = \sqrt{h(D_1 - h)}.$$

Стрела прогиба пилы при этом может быть определена по формуле

$$\omega_1''' = \frac{P_{16}}{10f'} \quad (2)$$

где f' — технологическая жесткость пилы. Тогда

$$\omega_1'' = \frac{E_t \sqrt{h(D_1 - h)} B^3 (\omega_1'' - S')}{30f' h^3}.$$

Расчеты показывают, что при нормальном уширении зубьев и правильно подготовленных пилах $\omega_1''' < 0,01$ мм.

При допиливания бруса вторым каскадом пил на участке перед направляющими пластинами 3 (рис. 1, а) доски приобретут новые значения продольной и поперечной деформации. Продольная деформация аналогична (1) с учетом расчетной схемы рис. 1, д:

$$\omega_2' = \frac{\sigma_0 l_2^2}{2E_0 B} = \frac{\sigma_{(0)} l_2^2}{2E_0 B} \quad (3)$$

где σ_0 — осевые напряжения в консольной балке (МПа), численно равные осевым напряжениям в древесине $\sigma_{(0)}$ [1]; E_0 — модуль продольной упругости древесины, МПа; l_2 — длина доски от места заделки в брус, см.

Из рис. 1, а видно, что при $h = 0,6$ Н контакт пилы с доской возможен на участке длиной не более

$$l_2 = 2\sqrt{(0,5D_2)^2 - (0,5D_2 - e)^2} = 2\sqrt{D_2 e - e^2},$$

где e — запас на переточку пил.

Расчетная зависимость (3) $e = 0,02$ м и $\sigma_0 = 3,5 \text{ Па} \cdot 10^6$ дана на рис. 2, б.

Для определения поперечной деформации доски воспользуемся расчетной схемой рис. 1, е. Максимальный прогиб ее [2]

$$\omega_2'' = \frac{5q_3 H^4}{384 E_t I_2}; \quad I_2 = \frac{\rho_1 M_2}{E_t}; \quad M_2 = \frac{q_3 H^2}{8};$$

$$\omega_2'' = \frac{\sigma' H^2}{4,8 E_t B} = \frac{\sigma_{(7)} H^2}{4,8 E_t B} \quad (4)$$

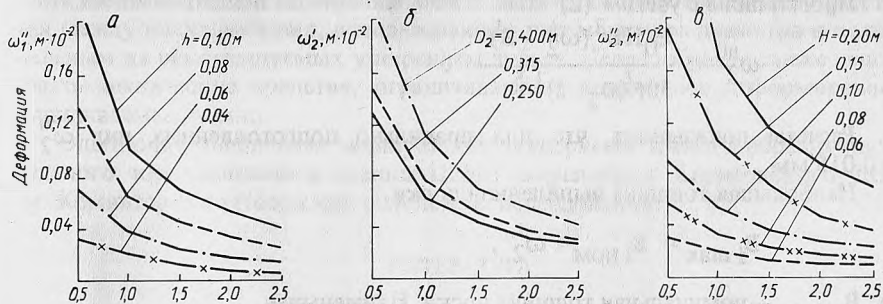


Рис. 2. Зависимость деформаций от условий распиловки: а - $\omega_1'' = f(B, h)$; б - $\omega_2'' = v(B, D)$; в - $\omega_2'' = w(B, H)$.

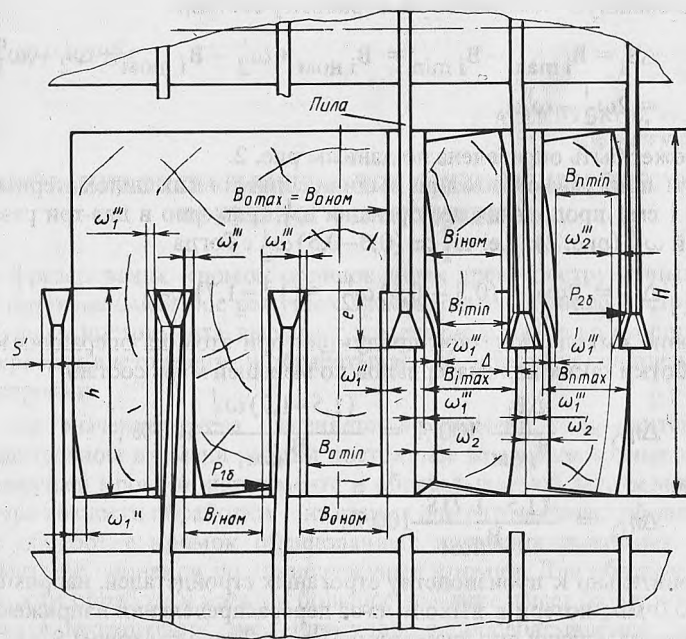


Рис. 3. Форма выпиливаемых делянок при несквозных (левая часть) и сквозных (правая часть) пропилах.

Расчетная зависимость (4) дана на рис. 2, в.

При отклонении доски от номинального положения ω_2^1 на ее пласти образуется "запил" глубиной $\Delta \approx \omega_2^1$ (рис. 3), но не более S^1 . При этом давление на пилу

$$P_{26} = \frac{E_0 H (\omega_2^1 - S^1) B^3}{3l_2^3} = \frac{E_0 H B^3 (\omega_2^1 - S^1)}{3(D_2 - 2)^{1,5}}$$

Прогиб пилы с учетом (2)

$$\omega_2''' = \frac{E_0 H B^3 (\omega_2' - S')}{30 f' (D_2 - 2)^{1,5}}$$

Расчеты показывают, что для правильно подготовленных пил $\omega_2''' < 0,015$ мм.

Наибольшая толщина выпиленной доски

$$B_{i \max} = B_{i \text{ ном}} + \omega_2',$$

где $B_{i \text{ ном}}$ — номинальная толщина доски. Наименьшая

$$B_{i \min} = B_{i \text{ ном}} + \omega_2''' - \omega_2' + \omega_1'' \approx B_{i \text{ ном}} - \omega_2' + \omega_1''.$$

Тогда разнотолщинность досок в поперечном сечении и минимальный припуск на дальнейшую механическую обработку составит

$$\begin{aligned} \Delta B_i &= B_{i \max} - B_{i \min} = B_{i \text{ ном}} + \omega_2' - B_{i \text{ ном}} + \omega_2' - \omega_1'' = \\ &= 2\omega_2' - \omega_1''. \end{aligned}$$

Она может быть определена по данным рис. 2.

Расчеты показывают, что при выпиливании тонких пиломатериалов (толщиной до 1 см) продольная деформация ω_2' примерно в два-три раза больше поперечной ω_1'' (рис. 2), т.е. $\omega_1'' \approx (0,3-0,5)\omega_2'$. Тогда

$$\Delta B_i = 2\omega_2' - (0,3-0,5)\omega_2' \approx (1,5-1,7)\omega_2'.$$

Снижение выхода полезной продукции при этом на операциях механической обработки таких пиломатериалов по меньшей мере составит

$$\Delta \eta_D = \frac{\Delta B_i}{B_{\text{ном}}} 100\% = \frac{(1,5-1,7)\omega_2'}{B_{\text{ном}}} 100\%,$$

но не более

$$\Delta \eta_D = \frac{(1,5-1,7)S'}{B_{\text{ном}}} 100\%.$$

Применительно к производству строганых стройдеталей, например сечением 80,0x10,0 мм, потери в выходе из-за перераспределения напряжения достигают при использовании пил диаметром $D = 40,0$ см с разводом $S' = 0,7$ мм:

$$\Delta \eta_{40} = \frac{(1,5-1,7)0,07 \cdot 100}{1} = 10,5 - 11,9\%;$$

при использовании пил диаметром $D = 25,0$ см с разводом $S' = 0,45$:

$$\Delta \eta_{25} = \frac{(1,5-1,7)0,045 \cdot 100}{1} = 6,75 - 7,7\%.$$

Из полученных зависимостей следует, что перераспределение внутренних напряжений в заготовке — одна из причин образования технологических уступов при каскадной распиловке бруса. Образующаяся при этом разнотолщин-

ность пиломатериалов по сечению может быть снижена уменьшением расстояния между каскадами пил, использованием пил меньшего диаметра и с минимальным из рекомендуемых уширением зубьев. Целесообразно также использовать технические средства, ограничивающие продольное деформирование выпиливаемых досок.

Опытно-промышленная эксплуатация экспериментального образца многопильного круглопильного станка Ц2М-1 в условиях Борисовского ДОКа им. Коминтерна подтверждает результаты исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов А.И. Внутренние напряжения в древесине. — М.-Л.: Гослесбумиздат, 1950. — 60 с. 2. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. — М.: Высш. шк., 1968. — 512 с. 3. Санаев В.И. Обработка древесины круглыми пилами. — М.: Лесн. пром-сть, 1980, с. 232.

УДК 671.891:519.24

А.П.КЛУБКОВ, канд.техн.наук,
В.Ф.ИСТУШКИН (БТИ)

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛИНЕЙНОГО ИЗНОСА ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА

При фрезеровании кромок облицованных древесностружечных плит происходит интенсивный износ режущих элементов фрезерного инструмента. Износ режущего инструмента вызывает изменение взаимного расположения режущей кромки инструмента и обрабатываемой детали, установленного в процессе настройки.

Так как значение износа изменяется во времени, то при интенсивном износе и длительном времени работы постоянное изменение взаимного расположения режущей кромки инструмента и обрабатываемой детали может привести к потере точности обработки — на станке или автоматической линии.

При обработке кромок облицованных древесностружечных плит износ инструмента не одинаков по длине режущей кромки. Для обеспечения требуемой точности обработки кромки большое значение имеет размерный износ инструмента в направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности.

Экспериментальные исследования, проведенные ранее с целью изучения процесса затупления инструмента, базировались на применении метода пассивного (однофакторного) эксперимента. Этот метод исследований не позволяет выявить силу влияния каждого фактора, оценить роль их взаимодействия и исключает возможность оптимизировать процесс.

Цель метода планирования эксперимента состоит в том, чтобы после реализации опытов получить математическое описание функции отклика в виде математической модели, связывающей параметр оптимизации с варьируемыми факторами.

Математические методы планирования эксперимента использовались в работе [1] для решения проблем стойкости металлорежущего инструмента. В