

674  
Д 75

БЕЛОРУССКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ С.М.КИРОВА

На правах рукописи

ДРОЗДОВ АНАТОЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 674.053:621.934

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ВЫРАБОТКИ ТОНКИХ  
ПЛИОМАТЕРИАЛОВ НА ДВУХПОСТАВНОМ  
МНОГОИМЛЬНОМ КРУГЛОИМЛЬНОМ СТАНКЕ

Специальность 05.21.05 - Технология и оборудование  
деревообрабатывающих производств, древесиноведение

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Минск 1990

Работа выполнена в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте имени С.М.Кирова ( БТИ )

Научный руководитель – кандидат технических наук,  
доцент ЛАХТАНОВ А.Г.

Официальные оппоненты – доктор технических наук,  
профессор САНЕВ В.И.  
– кандидат технических наук,  
профессор МАТВЕЙКО А.П.

Ведущая организация – ВНПО "Сокзнаучдревпром"

Защита состоится *22.05* 1990 г. в *14* часов на заседании специализированного совета К.056.01.01 в Белорусском ордена Трудового Красного Знамени технологическом институте им. С.М.Кирова по адресу: 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13<sup>а</sup>.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического института им. С.М.Кирова.

Автореферат разослан *20.04.* 1990 г.

Ваши отзывы на автореферат в ДВУХ экземплярах, подписанные и заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 220630, г. Минск, ул. Свердлова, 13<sup>а</sup>, Ученому секретарю.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
кандидат технических наук

ТРОФИМОВ С.И.

## В В Е Д Е Н И Е

Актуальность темы. Разработка и внедрение в технологию лесопиления фрезерно-брусующих станков создает предпосылки для получения деталей тары, заготовок стройдеталей и деталей мебели из традиционно непиловочного древесного сырья. Однако существующее оборудование для продольного раскроя брусков, вырабатываемых из тонкомерных бревен, малоэффективно в связи с низким выходом полезной продукции или из-за высокой стоимости капитальных затрат. До настоящего времени не имеется научно-обоснованных конструктивных разработок станков, пригодных для получения на них досечек толщиной 6-16 мм с выходом не ниже достигаемого на тарных рамах и предназначенных для переработки тонкомерных круглых лесоматериалов в составе линий на базе фрезерно-брусующих станков. Поэтому вопрос о выборе рациональной конструкции оборудования для производства тонких пиломатериалов достаточно актуален. Тем более это актуально для двухпоставных (двухвальных) многопильных круглопильных станков, позволяющих использовать более тонкие пилы при равной с однопоставными станками скорости подачи материала. Попытки создания таких станков связаны с низкой точностью совпадения пропилов от смежных пил обоих поставов. Сложность ограничения величины уступов от несовпадения пропилов вызвана в основном предположительным характером объяснений причин или выдвигается на первый план причин, оказывающих не первостепенное влияние на рассматриваемый фактор.

Цель работы. Выявить основные причины образования уступов на пласти пиломатериалов при их получении на двухпоставном многопильном круглопильном станке. Дать практические рекомендации по совершенствованию технологической схемы двухпоставного многопильного круглопильного станка. Исследовать основные эксплуатационные характеристики предлагаемых технических решений и дать методику их расчета при конструировании.

Общая методика исследований. В работе использован комплексный метод исследований, включающий:

анализ конструктивных и эксплуатационных особенностей оборудования и условий его использования, обоснование необходимости совершенствования схемы двухпоставного многопильного круглопильного станка;

Исследования в БТИ  
инж. С. М. Лирова

исследование факторов, вызывающих образование уступов, и разработка направляющих ножевого типа, способствующих уменьшению величины этих уступов;

исследование силовых характеристик процесса взаимодействия направляющих ножевого типа с материалом;

разработку методик расчета механизмов подачи с направляющими устройствами ножевого типа;

разработку рекомендаций по совершенствованию технологической схемы станка и их опытно-промышленную проверку;

практические разработки при создании конструкции многопильного круглопильного двухпоставного станка.

Научная новизна. Установлены основные причины неполного совпадения пропилов от смежных пил в двухпоставном станке. Предложены и обоснованы конструкции направляющих устройств ножевого типа. Установлены зависимости, характеризующие процесс силового взаимодействия направляющих ножевых элементов с материалом, позволяющие выполнять расчеты предельных значений сопротивлений поперечному переобазированию материала, а также сопротивлений его подаче и отжима на этих устройствах. Выполнены сравнительные исследования точности выработки тонких пиломатериалов при разных вариантах технологических схем станка.

Практическая ценность. Практическую ценность имеют рекомендации по устройству направляющих столов ножевого типа, их расположению в технологической схеме станка, предложения по уменьшению расстояния между пильными валами в направлении подачи, применению регулирования уровня пильных валов, методические положения по расчету силовых характеристик процесса взаимодействия базирующих ножевых элементов с материалом, а также результаты опытно-промышленной проверки вариантов технологической схемы станка и практические разработки конструкции станка ЦМ-1М.

Внедрение результатов исследований. Результаты опытно-промышленной проверки вариантов технологической схемы станка использованы при разработке технологической схемы и конструктивных элементов многопильного круглопильного станка ЦМ-1М. С учетом разработанных методических положений по расчету силовых характеристик процесса взаимодействия базирующих ножевых элементов с материалом выполнены расчеты параметров его механизма подачи. Проведена опытно-промышленная проверка опытного

образца станка Ц2М-1 при его эксплуатации в составе технологической линии ЛПГ-0 на базе фрезерно-брусующих станков БРМ-4 на ДСК им.Коминтерна (ПО Борисовдрев). По результатам опытно-промышленной проверки станка Ц2М-1 и с учетом результатов доработки его конструкции Постановлением СМ БССР № 334 от 11.11.85 г. принято решение об изготовлении для нужд предприятий Республики 60 шт. станков мод. Ц2М-1М. Экономическая эффективность применения станка мод. Ц2М-1М достигает 1,2 руб. на 1 м<sup>3</sup> вырабатываемой пилопродукции.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на научно-технических конференциях Белорусского ордена Трудового Красного Знамени технологического института им.С.М.Кирова в 1980-89 г.г., Республиканской научно-технической конференции "Повышение эффективности использования сырья, материалов и тепло-энерго-энергетических ресурсов на предприятиях бумажной и деревообрабатывающей промышленности" (Минск, 1984 г.), Всесоюзной научно-технической конференции "Комплексное и рациональное использование лесных ресурсов" (Минск, 1985 г.), Республиканской научно-технической конференции "Основные направления ускорения научно-технического прогресса в деревообрабатывающей промышленности в 12-й пятилетке" (Киев, 1986г.), Краевой научно-технической конференции "Вклад ученых и специалистов Лесосибирска в выполнение программы "Интенсификация-90" лесопромышленного комплекса" (Лесосибирск, 1987 г.). Результаты работы обсуждались на Совете Проблемной научно-исследовательской лаборатории комплексной переработки древесного сырья Белорусского технологического института им.С.М.Кирова и приведены в отчетах о НИР 1980-1989 г.г.

Публикация результатов работы. По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ, по результатам работы получено 6 авторских свидетельств на изобретения.

Объем работы. Диссертация содержит введение, 3 основных раздела, выводы и рекомендации, а также список литературы из 94 наименований, изложена на 230 стр., в т.ч. основной текст на 156 стр., включает 10 табл. и 58 рисунков.

#### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается обоснование актуальности темы диссертации и ее народно-хозяйственное значение.

В первом разделе рассматривается современная технология и оборудование для производства тонких пиломатериалов и приводятся сведения о направлениях исследований в области повышения точности обработки древесины и др. материалов.

Производство пиломатериалов толщиной 6-16 мм из тонкомерных круглых лесоматериалов с учетом использования фрезерно-брусующих станков связано с рядом проблем. Одной из них является распиловка брусковых заготовок, например, на заготовки деталей тары и стройдеталей с пониженным образованием опилок. Однопоставные многопильные круглопильные станки не в полной мере соответствуют требованиям производства в связи с относительно большой шириной пропила. Более приемлемы двухпоставные многопильные круглопильные станки. Они позволяют с высокой производительностью осуществлять продольную распиловку бруса с шириной пропилов до 3 мм, т.е. не превышающей величин, достигаемых при использовании тарных рам. Однако точность распиловки материала на них невысока из-за образования на пластиках дощечек уступов при несовпадении пропилов от смежных пил. Наиболее просты и удобны в эксплуатации станки проходного типа с вальцовой подачей материала. Из существующих технологических схем двухпоставных многопильных круглопильных станков наиболее приемлема схема с расположением первым по ходу подачи нижнего каскада пил, осуществляющего распиловку материала не более чем на 0,5-0,6 толщины материала, что снижает вероятность образования клиновых срезов. Включение в состав такой технологической схемы направляющих устройств ножевого типа может способствовать повышению точности совпадения пропилов от нижнего и верхнего каскадов пил, что соответствует цели данных исследований. Вопросы точности обработки древесных материалов резанием изучали Манжос Ф.М., Иванов В.Д., Кротова Е.Т., Санев В.И., Ветшева В.Ф., Мовнин М.С., Мелехов В.И., Мельников В.С., Кучеров И.К. и др. В ряде работ указывается, что в станках проходного типа точность механической обработки, в первую очередь, зависит от формы обрабатываемого материала и технического состояния станков. Предлагается ряд технических решений, способствующих улучшению условий базирования материала и получаемой продукции. Отдельные из них используются в существующих конструкциях круглопильных станков. Однако они не учитывают специфики обработки материала в двухпоставных круглопильных стан-

ках тонкими пилами. Применительно к предназначенным для получения тонких пиломатериалов станкам научно обоснованных рекомендаций, направленных на повышение точности распиловки, не имеется. Это объясняется относительной новизной направлений конструирования двухпоставных станков и малым опытом их эксплуатации. В работе рассматриваются неточности подачи материала, погрешности эксплуатации режущего инструмента, базирования получаемой пилопродукции (делянок). Поперечное смещение материала в процессе его подачи, а также поперечная и продольная деформация выпиливаемых деленок снижает работоспособность круглых пил. Предусмотренные в конструкциях круглопильных станков направляющие (расклинивающие) ножи при производстве тонких пиломатериалов малоэффективны. При выполнении данной работы предложены направляющие устройства ножевого типа с базирующими элементами на упругом основании. Такие устройства (ножевые столы) могут использоваться для базирования заготовок с достаточно большими отклонениями формы. Однако из-за отсутствия данных о силовых характеристиках процесса образования базирующего надреза в материале и самого процесса базирования расчет параметров и разработка рекомендаций по применению таких устройств затруднительны.

Во втором разделе теоретически исследуются процессы подачи брусков в двухпоставном многопильном круглопильном станке, проводится анализ влияния поперечного перебазирования бруска на точность его распиловки двумя каскадами пил, влияние напряжений в древесине на точность пиломатериалов при двухкаскадной распиловке, силовые характеристики процесса базирования заготовки ножевым элементом, процесс резания древесины и силовое взаимодействие базирующего ножевого элемента с материалом при образовании надреза. Показано, что погрешность установки валцов механизма подачи в горизонтальной плоскости оказывает влияние на точность подачи бруска. При этом угол между фактическим и заданным направлениями подачи составляет

$$\varphi = \arctg \frac{\Delta T_y}{a^2(m_1 + m_2) \left(1 - \cos \alpha x - \frac{a^2 x^2}{2}\right)} \frac{\Delta T_x}{a^2(m_1 + m_2) \left(1 - \cos \alpha x - \frac{a^2 x^2}{2}\right) - u_x x} \quad (I)$$

где  $\Delta T_{y,x}$  — запас тягового усилия в направлении осей  $Oy, Ox$ ;  
 $a$ ;  $\alpha$ , — собственная частота колебаний двухмассовой

системы ( $m_{\text{ш}}, m_{\text{б}}$  - приведенные массы механизма подачи и бруска) в направлениях осей  $OY, OX$ ;  $\tau$  - время;  $U_x$  - заданная скорость подачи.

Кроме того в процессе подачи происходит разворот бруска (например, относительно центра постава первого каскада пил) на угол

$$U_{\text{в}} = \frac{g \cdot \tau^2 \cdot \sum M_i}{2 \cdot G \cdot L}, \quad (2)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения;  $G$  - сила тяжести бруска;  $L$  - радиус инерции бруска относительно центра поворота;  $\sum M_i$  - сумма моментов движущих сил и сил сопротивления поворота бруска относительно центра поворота.

Из этих уравнений видно, что отклонение фактического направления подачи от заданного зависит от угла перекоса валцов в горизонтальной плоскости, собственной частоты колебаний системы "валец-материал" (жесткости их связи) и эффективности направляющих (базирующих) устройств. Работы Мелехова В.И. и Мельникова В.С. показывают, что поперечное перебазирование возникает и при неточностях установки валцов в вертикальной плоскости. Вредное действие поперечной составляющей тягового усилия может быть снижено введением дополнительного устройства, предотвращающего поперечное смещение заготовки за счет сил сопротивления поперечному перебазированию, а также, например, применением "плавающих" на шлицевом валу подающих валцов.

Поставы пил первого и второго каскадов устанавливаются в направлении подачи на некотором расстоянии  $L_x$  друг от друга. При несовпадении фактического направления подачи  $U_x$  с плоскостями смежных пил (осуществляющих пропил совместно) пропилов, выполненный первым поставом за время, необходимое для перемещения на величину  $L_x$ , смещается относительно плоскости установки пил, образуя на пластах дощечек уступ величиной

$$\alpha = (L_{x0} + \sqrt{h_1^2 + D_1^2} - \sqrt{h_2^2 + D_2^2}) \cdot \operatorname{tg} \gamma, \quad (3)$$

где  $h_{1,2}$  - глубина пропила пил первого и второго каскадов;  $D_{1,2}$  - диаметр пил первого и второго каскадов;  $\gamma$  - угол между фактическим направлением подачи и плоскостью установки



СМЕЖНЫХ ПИЛ.

При  $D_1 = D_2$  и  $h_1 = h_2$  формула имеет вид

$$a = L_x \cdot \operatorname{tg} \gamma. \quad (4)$$

Ограничивая величину уступа  $[a] \leq 0,5$  мм при  $L_x = 175$  мм получим предельно допустимое несовпадение фактического направления подачи с плоскостью установки смежных пил, т.е.

$$[\gamma] = \operatorname{arctg} \frac{0,5}{175} = 0,003 \text{ рад.}$$

Реально достижимые показатели точности (непараллельности) установки валов механизмов подачи относительно пильных валов круглопильных станков не превышают 0,8 мм на 1000 мм длины валов при их длине более 1000 мм. При длине валов (между опорами) в пределах 500+1000 мм эти показатели составляют 0,8+1,5 мм на 1000 мм длины валов. При этом в горизонтальной плоскости

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{0,8 + 1,5}{1000} = 0,0008 + 0,0015 \text{ рад.}$$

т.е. следует ожидать, что величина уступа может быть не более

$$a = 175 \cdot \operatorname{tg} (0,0008 + 0,0015) = 0,14 + 0,26 \text{ мм.}$$

Однако на практике эта величина в отдельных случаях достигает  $a = 1,5$  мм и более. Из этого следует, что неточность установки валов (подающих вальцов) механизма подачи является не единственной существенной причиной образования уступов.

Существенное влияние на образование уступов оказывает также напряженное состояние распиливаемого материала. Перераспределение внутренних напряжений при продольном пилении бруска приводит к отклонению выпиленного деланки (элемент неотделенной от бруска доски) от ожидаемого (номинального) положения.

При нескованном пропиле соединение деланки с непропиленной частью бруса оказывает достаточно большое сопротивление ее продольному изгибу, но не препятствует поперечному. При этом продольная деформация деланки при нескованном пропиле  $\epsilon_{\parallel} = 0$ , а поперечная может быть рассчитана по формул:

$$\omega_1'' = \frac{\sigma_{(x)} \cdot h^2}{2 \cdot E_2 \cdot B}, \quad (5)$$

где  $\sigma_{(x)}$  - внутренние поперечные напряжения в древесине,  $\sigma_{(x)} = 0,6 - 0,9$  МПа;  $h$  - глубина несквозного пропила;  $E_2$  - модуль поперечной упругости материала;  $B$  - толщина выпиливаемой деланки.

При деформации деланки на величину, превышающую величину уширения зубьев  $S'$  пилы, она оказывает на нее боковое давление, отклоняет от плоскости вращения на величину, рассчитываемую по формуле

$$\omega_1''' = \frac{E_2 \sqrt{h - (D_1 - h)} \cdot B^3 (\omega_1'' - S')}{36 \cdot f \cdot h^3}, \quad (6)$$

где  $f$  - статическая жесткость пил.

Расчеты с учетом норматива статической жесткости пил  $f = 50$  Н/мм показывают, что величина  $\omega_1'''$  для всех случаев не превышает 0,01 мм и может не учитываться.

При сквозном пропиле продольная деформация деланки с учетом перекрытия смежных пил по глубине сквозного пропила 20 мм может быть рассчитана по формуле

$$\omega_2' = \frac{3,98 \cdot \sigma_{(o)} (D_2 - 2)}{E_0 \cdot B}, \quad (7)$$

где  $\sigma_{(o)}$  - внутренние осевые напряжения в древесине;  $E_0$  - модуль продольной упругости древесины.

Поперечная деформация деланки при этом составит

$$\omega_2'' = \frac{\sigma_{(x)} \cdot H^2}{48 \cdot B \cdot E_2}, \quad (8)$$

где  $H$  - толщина бруска.

Отклонение пил от плоскости вращения может быть рассчитано по формуле

$$\omega_2''' = \frac{E_0 \cdot H \cdot B^3 \cdot (\omega_2'' - S')}{807 \cdot f (D_2 - 2)^{3/2}}, \quad (9)$$

Оно не превышает  $w_2^w = 0,0025$  мм и также может не учитываться.

С учетом направленности деформаций наибольшая толщина выпиленных дощечек составит

$$B_{\max} = B_{\text{ном}} + w_2', \quad (10)$$

а наименьшая

$$B_{\min} = B_{\text{ном}} - w_2' + w_1'', \quad (11)$$

где  $B_{\text{ном}}$  - номинальная толщина дощечки.

Определяя величину уступа, как

$$a = \frac{B_{\max} - B_{\min}}{2}, \quad (12)$$

получим  $a = w_2' - 0,5 w_1''$ .

Т.к. по данным расчетов

$$w_1'' = (0,3 + 0,5) w_2', \quad (13)$$

то

$$a = (0,75 + 0,85) w_2'. \quad (14)$$

Из-за ограничения деформаций деланки пилами фактическая величина уступа не превысит  $a = s'$ . При распиловке древесины хвойных пород режимы ЦНИИМОДА РИМ6.6-00 рекомендуют для пил диаметром  $D = 250$  мм величину  $s' = 0,45$  мм.

Снижение величины уступа может быть достигнуто ограничением продольной деформации деланки в процессе выполнения сквозного пропила пилами второго каскада, например, путем установки направляющих устройств ножевого типа за пилами первого каскада.

Применение направляющих устройств ножевого типа ограничено в связи с отсутствием материалов справочного и методического характера, пригодных для использования при расчетах механизмов подачи деревообрабатывающих станков. Причем нет данных и методик расчетов как сопротивлений поперечному перебазированию материала, так и сопротивлений его подаче, а также сил отжима материала.

В настоящей работе показано, что в момент прекращения функций базирования материала начинается процесс его резания базирующим лезвием, отличающимся между собой наличием в последнем трения резца и материала. Таким образом предельные значения со-

составляющих силы сопротивления поперечному перебазированию могут быть рассчитаны с позиций теории резания древесины. С учетом теоретических положений проф. Бершадского А.Л., позволяющих учесть трение материала и резца, горизонтальная и вертикальная составляющие предельных значений сопротивления поперечному перебазированию могут быть определены по формулам

$$[P_y] = L_S [P_{ny} + P_0 (f_{mp} - \mu)] \cdot K_n, \quad (15)$$

$$[P_z] = L_S (P_{ny} \operatorname{tg} \lambda_{1,2}^* + P_0) \cdot K_n, \quad (16)$$

где  $L_S$  - длина базирущего лезвия;  $P_{ny}$  - единичная сила на базирущей грани,

$$P_{ny} = K \cdot e, \quad (17)$$

$K$  - удельная сила резания;  $e$  - толщина базирущего слоя.

Принимаем  $K = \sigma_{сми}$  и  $e = h$ ,

где  $\sigma_{сми}$  - предел прочности древесины на смятие поперек волокон;  $h$  - глубина внедрения базирущего лезвия в материал.

Единичная сила отжима деформируемого материала может быть определена по формуле

$$P_0 = \sigma_{сми} \cdot l_{эф}, \quad (18)$$

где  $l_{эф}$  - эффективная длина проекции элемента на направление перебазирования

$$l_{эф} = h \cdot \operatorname{tg} \lambda_{1,2}^*, \quad (19)$$

$\lambda_{1,2}^*$  - односторонний угол заточки базирущего лезвия со стороны действия усилия попережного перебазирования;  $f_{mp}$  - приведенный коэффициент трения, учитывающий как трение, так и упруго-пластическое деформирование поверхностного слоя древесины;  $\mu$  - коэффициент трения между древесиной и задней поверхностью условного резца без учета деформации поверхности трения;  $K_n$  - коэффициент полндревесности материала, примыкающего к базирущему лезвику.

Сопротивление подаче материала на базирущем устройстве ножового типа может быть рассчитано по формуле

$$W_S = i \cdot K_n (Q_x + F_x), \quad (20)$$

где  $i$  - количество ножовых элементов в контакте с материалом;

$Q_x$  - сопротивление подаче материала.

$$Q_x = R_x + \Delta R_x,$$

где  $R_x$  - горизонтальная составляющая силы врезания прорезной кромки ножевого элемента в материал;  $\Delta R_x$  - горизонтальная составляющая сил взаимодействия ножевого элемента с материалом на участке базирования (без учета сил, связанных с поперечным перебазированием);  $F_x$  - сила трения ножевого элемента о материал при наличии сил поперечного перебазирования материала.

$$F_x = f [P_y \cdot \sin \lambda_{1,2}^* (1 + \cos \lambda_{1,2}^*)], \quad (21)$$

где  $f$  - коэффициент трения древесины о сталь;  $P_y$  - расчетное усилие поперечного перебазирования

$$P_y = \Delta T \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (22)$$

где  $\Delta T$  - величина запаса тягового усилия на выполнение операции базирования.

Т.к. запас тягового усилия  $\Sigma T$  должен быть больше сопротивления подаче  $W_F$ , то на взаимодействие материала с базирующим устройством следует обеспечить запас тягового усилия

$$\Delta T > \frac{i \cdot K_n [Q_x + f(P_2 + Q_2)]}{1 - f \cdot \sin \alpha}. \quad (23)$$

Для компенсации сил отжима материала на базирующем устройстве следует прилагать дополнительное вертикальное усилие на заготовку. Его величина составит

$$\Delta G = i \cdot K_n (P_2 + Q_2). \quad (24)$$

При использовании базирующих устройств с ножевыми элементами на упругом основании фактическая их глубина врезания в материал может быть рассчитана по формуле

$$h_1 = \frac{h \cdot E_{\text{упр}} \cdot S \cdot \frac{\Sigma \delta_1}{\Sigma \delta_1 + \Sigma \delta_2}}{E_{\text{упр}} \cdot S \cdot \frac{\Sigma \delta_1}{\Sigma \delta_1 + \Sigma \delta_2} + t \cdot \sigma_{\text{ср}} [2 \operatorname{tg} \lambda_{1,2}^* + f_{\text{ср}} (1 + 0,16 \operatorname{tg} \lambda_{1,2}^*)]}, \quad (25)$$

где  $h$  - наибольшее превышение верхнего уровня ножевых элементов над нижним уровнем материала;  $E_{\text{упр}}$  - модуль упругости амортизирующей подложки (упругого основания);  $S$  - толщина ножевого элемента;  $4, 4, 4$  - конструктивные элементы амортизирующей подложки.

При регламентированном значении величины  $h$  могут быть рассчитаны основные конструктивные элементы базисного устройства с ножевыми элементами на упругом основании.

В третьем разделе даны результаты опытно-промышленной проверки экспериментальных образцов двухпоставных многопильных круглопильных станков ЦМ-I и ЦМ-III, исследований силовых характеристик процесса врезания направляющей ножевого типа в материал и внедрения результатов работы.

Установлено, что при распиловке еловых брусков сечением 95x95 мм, длиной 3 м пилами диаметром  $D = 250$  мм толщиной  $S = 2,8$  мм с разводом  $S' = 0,55$  мм (расстояние между верхним и нижним пильными валами в направлении подачи 175 мм с учетом обеспечения работоспособности пил (по устойчивости в пропилах), смещение пропила за пилой второго каскада от пропила за пилой первого каскада адекватно описывается уравнением

$$a = 161,33 \alpha + 0,077, \quad (26)$$

где  $\alpha$  - угол перекоса валцов механизма подачи в горизонтальной плоскости, рад.

Анализ погрешностей расчетов величин смещения пропилов по ф.4 и ф.26 показывает, что теоретические выводы не противоречат опытным данным и должны быть приняты во внимание при совершенствовании конструкции двухпоставных многопильных круглопильных станков.

Опытные распиловки двухкантных брусков (шесть серий) толщиной 85 мм длиной 2,2 м на дощечки с номинальной толщиной 8 мм пилами толщиной 1,4 мм выполнялись на станках ЦМ-I и ЦМ-III при нескольких вариантах технологической схемы. В каждой серии опытов контроль подвергались 100 дощечек, последовательно отбиравшихся по 5 шт. из каждого распиленного бруска. Из них центральная и четыре боковых, примыкающих к ней с одной стороны. С помощью щупа производился обмер величин уступов от расслоения пропилов в пяти сечениях по длине дощечки на ее

правой пласти. С учетом функции Лапласа для каждой серии опытов выявлен процент некондиционной продукции.

В первой серии распиловка проводилась без применения направляющих устройств. Математическое ожидание величин уступов составило  $M = 0,82$  мм (отклонение  $\sigma = 0,28$  мм). Некондиционная продукция 27 %.

Во второй серии использован направляющий аппарат, выполненный в соответствии с ГОСТ 12.2.026.11-81 - расклинивающие и направляющие ножи, входящие последовательно в пропилы от нижних, а затем и верхних пил. Распиловка показала, что из-за частого набегания дощечек, выпадающих сучков или срезов на эти ножи такое устройство практически неработоспособно, кроме того оно требует особо точного совпадения направляющих ножей с пропилами, что при большом числе пил (тонких), при разных поставках сложно, снижает производительность. Математическое описание величин уступов составило  $M = 0,83$  мм (отклонение  $\sigma = 0,26$  мм). Некондиционная продукция - 29 %.

В третьей серии апробировано устройство, выполненное в виде установленного на кронштейне за пилами первого каскада набора жестких ножевых элементов с заостренными кромками, выступающими на 1,0 + 1,2 мм над опорной поверхностью подающих валцов. Толщина элементов составляла 3 мм. При этом в заготовку с шириной пласти до 130 мм врезалось до 40 лезвий. Математическое описание величин уступов составило  $M = 0,75$  мм (отклонение  $\sigma = 0,25$  мм). Некондиционная продукция - 16 %. Наибольшие уступы были на лидирующих концах дощечек. Из-за повышенного сопротивления подаче, особенно при прохождении по направляющим элементам сучков, наблюдались частые пробуксовки валцов. Повышение усилия прижима верхних валцов приводило к развалу пакета выпиленных дощечек и снижало работоспособность пил второго каскада.

В четвертой серии использовано направляющее устройство по а.с. СССР № 870121, снабженное набором ножевых элементов, установленных на упругом основании. Превышение заостренных кромок над уровнем подающих валцов составляло 1 мм. Параметры ножевых элементов были такими же, как и в предыдущей серии. Так же, как и в предыдущей серии наибольшие уступы были на лидирующих концах дощечек. Математическое ожидание величин уступов составило  $M = 0,69$  мм (отклонение  $\sigma = 0,24$  мм). Некондиционная продукция - 11 %.

В пятой серии расстояние между пильными валами в направлении подачи уменьшено со 175 мм (станок ЦМ-1) до 100 мм (станок ЦМ-1М). Станок также снабжен направляющим устройством по а.с. СССР № 870121. Математическое ожидание величин уступов составило  $M = 0,64$  мм (отклонение  $\sigma = 0,23$  мм). Некондитиональная продукция - 6 %.

В шестой серии станок ЦМ-1М был снабжен дополнительным направляющим аппаратом (по сравнению с пятой серией) с тремя жесткими ножевыми элементами, установленными перед пилами первого каскада, выступающими над нижними вальцами на 1 мм. Математическое ожидание величин уступов составило  $M = 0,63$  мм (отклонение  $\sigma = 0,23$  мм). Некондитиональная продукция - 4 %. Промежуток данной системы обеспечило подачу материала без пробуксовок и устранило повышенную величину уступов на лидирующих концах дощечек. При этом обеспечивалась распиловка брусков на тонкие дощечки по семнадцатому качеству, что соответствует требованиям по точности, предъявляемым к прорезным станкам. Такая схема наиболее приемлема для использования при разработке опытного образца станка ЦМ-1М.

Для всех серий асимметрия и эксцесс маловероятны.

Опытные распиловки двухкантных брусков на экспериментальном образце станка ЦМ-1М показали, что при использовании пил толщиной  $\delta = 1,4$  мм выход тонких (толщиной 8 мм) дощечек из бруска достигает 70 %.

Силовые характеристики процесса врезания направляющей ножевого типа в материал определялись с применением экспериментальной установки по исследованию процессов резания при торцовом фрезеровании, пилении и ножевом резании УИР-1. Для математического описания зависимости силовых характеристик процесса от глубины врезания направляющего лезвия в материал  $h_n$  (мм), скорости подачи материала  $u$  (м/мин), угла заострения лезвия  $\epsilon_k$  (град) и угла врезания прорезной кромки  $\delta_k$  (град) использован униформ-рототабельный план второго порядка. С учетом реальных эксплуатационных условий эксплуатации эксперименты проводились на березовых образцах с относительной влажностью  $W = 12$  %. Эксперименты поставлены на ножевых элементах со специально притупленными кромками ( $R_p = 150$  мкм) и шероховатости их поверхности  $R_a = 2,5$  мкм. Длина базирующего лезвия во всех опытах оставалась постоянной  $L_b = 15$  мкм. Для выясне-



ния ее влияния на силовые характеристики процесса дополнительно поставлен пассивный эксперимент. По данным опытов сопротивление подаче  $R_x$  адекватно описывает уравнение

$$R_x = -155,92 - 34,71 h_N + 5,49 U + 4,578 E_x + 1,901 \delta_x + \\ + 1,48 h_N^2 - 0,11 U^2 - 0,034 E_x^2 - 0,021 \delta_x^2 + 3,47 h_N U - \\ - 0,122 h_N E_x + 0,996 h_N \delta_x - 0,033 U E_x - 0,038 U \delta_x - \\ - 0,038 E_x \delta_x, \quad (27)$$

а силу отжима материала  $R_z$  уравнение

$$R_z = 144,48 - 65,3 h_N + 3,9 U - 1,754 E_x - 5,837 \delta_x - \\ - 10,72 h_N^2 - 0,12 U^2 - 0,009 E_x^2 + 0,007 \delta_x^2 + \\ + 2,49 h_N U + 0,814 h_N E_x + 2,14 h_N \delta_x + 0,076 U E_x + \\ + 0,153 U \delta_x + 0,044 E_x \delta_x. \quad (28)$$

С учетом фактической длины базирующего лезвия сопротивление подаче материала  $Q_x$  может быть рассчитано по формуле

$$Q_x = R_x + 0,133 L_f - 0,52, \quad (29)$$

а усилие отжима  $Q_z$  по формуле

$$Q_z = R_z + 0,133 L_f - 0,62. \quad (30)$$

Приведенные зависимости использованы при обосновании конструкции механизма подачи многопильного круглопильного станка ЦЗМ-1М. Методика может быть так же распространена и на другие технические решения направляющих устройств с базирующими элементами ножевого типа, в том числе прерывистыми по длине.

Применение направляющих устройств ножевого типа в технологической схеме двухпоставного многопильного круглопильного станка способствует использованию в механизме резания тонких пил (толщиной 1,4 - 2,0 мм), за счет чего снижаются потери древесины в опилки. При этом обеспечивается достаточная производительность станка с учетом возможности его применения в технологических потоках на базе фрезерно-брусующих станков. Приведенные затраты на выработку 1 м<sup>3</sup> пилопродукции с применением станка мод. ЦЗМ-1М на 1,02 руб ниже, чем при ее выработке на существующем оборудовании.

На Борисовском ДОКе им. Коминтерна при опытно-промышленной проверке технологической линии ЛПТ-0 в составе двух фрезерно-брусующих станков БРМ-4 и многопильного круглопильного

станка ЦМ-1 при комплексной переработке тонкомерного технологического сырья в 1985 г. экономический эффект составил 4,43 руб. на 1 м<sup>3</sup> переработанных лесоматериалов.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании теоретических и экспериментальных исследований, выполненных автором, можно сделать следующие выводы:

1. Применение двухпоставного многопильного круглобильного станка в высокопроизводительных технологических потоках по переработке тонкомерного древесного сырья на базе головных фрезерно-брусующих станков способствует совершенствованию технологии производства тонких пиломатериалов.

2. Основным видом брака, снижающим выход кондиционной продукции, являются технологические уступы на пластах пиломатериалов, возникающие при несовпадении пропилов от нижнего и верхнего каскадов пил двухпоставного механизма резания.

3. Основными причинами, ведущими к образованию уступов на пластах пиломатериалов, являются поперечное перебазирование материала при его распиловке и деформации выпиливаемых дощечек из-за перераспределения внутренних деформаций в материале.

4. При соблюдении действующих нормативов подготовки круглых пил к эксплуатации и использовании смежных пил и межпильных шайб одинаковой толщины (с точностью  $\pm 0,05$  мм) уменьшение влияния указанных выше причин позволяет снизить выход некондиционной продукции до 4 %, что соответствует нормам точности прирезных станков.

5. Для уменьшения отрицательного влияния процесса поперечного перебазирования материала целесообразно использовать пилы меньшего диаметра и уменьшать расстояние между пильными валами первого и второго поставов. Целесообразно также использовать направляющие устройства ножевого типа для базирования распиливаемого материала, располагая их перед пилами первого постава.

6. Для уменьшения отрицательного влияния деформации выпиливаемых дощечек целесообразно использовать направляющее устройство ножевого типа с базирующими элементами на упругом основании, располагая его за пилами первого постава так, чтобы в каждую дощечку врезался по меньшей мере один базирующий элемент.

7. Применение направляющих устройств ножевого типа ухудшает тяговые характеристики механизма подачи.

8. Отрицательное влияние направляющих устройств ножевого типа на тяговые характеристики механизма подачи может быть учтено при конструировании путем создания необходимого запаса тягового усилия за счет регламентированного прижима верхних подающих вальцов.

9. Расчет необходимого запаса тягового усилия может быть выполнен с учетом полученных зависимостей.

10. Конструктивные параметры направляющих устройств ножевого типа также могут быть рассчитаны с учетом полученных зависимостей.

В заключение следует отметить, что практическое применение рекомендаций и выводов настоящей работы воплощено в конструкции опытного образца многопильного круглопильного станка Ц2М-14, постановка на производство которого осуществляется Ви-тебским заводом заточных станков им.ХХП съезда КПСС. Применение его в практике производства тонких пиломатериалов для тары, заготовок стройдеталей и мебели будет способствовать более рациональному использованию традиционно непиловочного, в т.ч. технологического, древесного сырья. Ожидаемый годовой экономический эффект от использования станка достигает 30 тыс.руб.

Основные материалы диссертации опубликованы в следующих работах автора:

1. Влияние напряженного состояния бруса на точность его каскадной распилки //Механическая технология древесины. Вып. 14. - Мн.: Высшая школа, 1984. - С. 90-95. В соавторстве с Д.Ф.Хитрово.

2. Многопильный круглопильный станок Ц2М-1 в производстве деталей тары // Тезисы докладов XIV Всесоюзной научно-технической конференции "Научно-технический прогресс в лесной и деревообрабатывающей промышленности". Киев, 1983. - С. 19. В соавторстве с А.Г.Лахтановым, Д.Ф.Хитрово, А.А.Сыркияным.

3. Применение двухпоставного многопильного круглопильного станка в производстве тонких пиломатериалов //Тезисы докладов научно-технической конференции "Повышение эффективности использования сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов на предприятиях бумажной и деревообрабатывающей промышленности". - Мн., 1984. - С. 20-21.

4. Рациональная распиловка брусьев на многопильных круглопильных станках при производстве тонких пиломатериалов //Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Комплексное и рациональное использование лесных ресурсов". Мн., 1985. - С. 169-171. В соавторстве с А.Г.Лахтановым и Д.Ф.Хитрово.

5. Повышение точности распиловки в двухпоставном многопильном круглопильном станке //Тезисы докладов XVI научно-технической конференции "Основные направления ускорения научно-технического прогресса в деревообрабатывающей промышленности в 12-й пятилетке". Киев, 1986. - 20 с.

6. Исследование силовых характеристик процесса базирования заготовки направляющими ножевого типа //Технология и оборудование заготовки и переработки древесины. Вып. I. 1986. - С. 103-107. В соавторстве с А.Г.Лахтановым и Л.М.Козел.

7. Переработка тонкомерного древесного сырья на фрезерно-брусующих и многопильных круглопильных станках в районах лесосырьевой базы //Тезисы докладов Краевой научно-технической конференции "Вклад ученых и специалистов Лесосибирска в выполнение программы Интенсификация-90 лесопромышленного комплекса", Лесосибирск, 1987. - С. 33-34. В соавторстве с А.Г.Лахтановым.

8. А.с. № 870121 /СССР/. Направляющий стол. Оpubл. в Б.И., 1981, № 37. В соавторстве с А.Г.Лахтановым, В.И.Микулинским, Л.М.Козел.

9. А.с. № 969522 /СССР/. Направляющий стол. Оpubл. в Б.И., 1982, № 40. В соавторстве с А.Г.Лахтановым.

10. А.с. № 1020227 /СССР/. Направляющий стол. Оpubл. в Б.И., 1983, № 20. В соавторстве с А.Г.Лахтановым, Л.М.Козел, Г.В.Шостаком.

11. А.с. № 1030159 /СССР/. Направляющий стол. Оpubл. в Б.И., 1983, № 27. В соавторстве с А.Г.Лахтановым, Л.М.Козел.

12. А.с. № 1167000 /СССР/. Механизм подачи деревообрабатывающего станка. Оpubл. в Б.И., 1985, № 26. В соавторстве с А.Г.Лахтановым, Д.Ф.Хитрово, Ю.А.Красногорским.

13. А.с. № 1412948 /СССР/. Направляющий стол деревообрабатывающего станка. Оpubл. в Б.И., 1988, № 28. В соавторстве с А.Г.Лахтановым, Л.М.Козел.

Ans

Дроздов Анатолий Михайлович

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ВЫРАБОТКИ ТОНКИХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ НА  
ДВУХПОСТАВНОМ МНОГОПИЛЬНОМ КРУГЛОПИЛЬНОМ СТАНКЕ

Подписано в печать 5.04.90. АТ#035\_3 Формат 60x84 1/16.  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,17. Усл. кр.-отт. 1,17. Уч.-изд. л. 1.  
Тираж 100 экз. Заказ 188 Бесплатно.

Белорусский ордена Трудового Красного Знамени  
технологический институт имени С.М.Кирова  
220630, Минск, Свердлова, 13<sup>а</sup>.

Отпечатано на ротапринте Белорусского ордена Трудового  
Красного Знамени технологического института им. С.М.Кирова  
220630, Минск, Свердлова, 13.