

674
Г85

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

УДК 674 023

ГРИШКЕВИЧ АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ

РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫХ
И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА ПРИ
ФРЕЗЕРОВАНИИ КРОМОК ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Специальность 05.21.05 “Технология и оборудование
деревобрабатывающих производств, древесиноведение”

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

МИНСК 1998

Работа выполнена в Белорусском государственном технологическом университете.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент

Клубков А.П.

Официальные оппоненты: действительный член Российской Академии естественных наук, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, доктор технических наук, профессор Пижурин А.А.;

кандидат технических наук, доцент

Карпович С.И.

Оппонирующая организация - Физико - технический институт


НАН Беларуси

Защита состоится "18" июня 1998 г. в 14 час. на заседании совета по защите диссертаций Д02.08.06 в Белорусском государственном технологическом университете по адресу: Республика Беларусь, 220630, г Минск, ул Свердлова, 13а, БГТУ, тел. 227-83-41

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного технологического университета

Автореферат разослан "16" мая 1998 г.

Учёный секретарь совета
по защите диссертаций
кандидат технических наук



С.П.Мохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

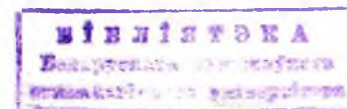
Актуальность темы. Одним из основных условий повышения производительности труда и качества выпускаемой продукции с минимальными энергозатратами в деревообрабатывающей промышленности является разработка и внедрение оптимальных режимов резания. Для этого разработаны расчетные методы, позволяющие устанавливать режимы фрезерования древесины. Однако, при изготовлении корпусной, мягкой и других видов изделий мебели широко используются древесностружечные плиты, облицованные как натуральными, так и искусственными облагораживающими материалами. Расчетного метода, позволяющего получить рациональные режимы фрезерования кромок указанных древесных материалов, до настоящего времени не имеется.

Существующие методики расчета силовых показателей обработки облицованных плитных материалов, разработанные Московским государственным университетом леса и Белорусским государственным технологическим университетом не учитывают показатели качества обработанной поверхности. Поэтому проведение исследований по разработке рациональных режимов обработки древесностружечных плит, облицованных шпоном из древесины дуба, методом цилиндрического фрезерования с учетом силовых, качественных и стойкостных показателей является актуальным.

Связь работы с крупными научными программами. Исследования выполнены в соответствии с планами НИР Белорусского государственного технологического университета в рамках республиканской научно-технической программы «Инструмент».

Цель и задачи исследования. Целью данной работы является разработка расчетного метода определения силовых, стойкостных и качественных показателей при механической обработке кромок древесностружечных плит, облицованных натуральным шпоном, а также обоснование исходных данных для проектирования фрезерного оборудования и режущего инструмента с прогнозированием его долговечности.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:
установить физические особенности процесса резания облицованных древесностружечных плит и технико-экономические предпосылки оптимизации процесса;



- разработать методику расчёта фрезерного инструмента на прочность;
- выбрать переменные факторы, их уровни варьирования и метод планирования экспериментальных исследований;
- разработать методику проведения исследований и экспериментальную установку, реализовать методическую сетку опытов, осуществить обработку полученных результатов и их анализ;
- на основе теоретических исследований, лабораторных и производственных испытаний разработать: метод расчета режимов цилиндрического фрезерования кромок облицованных древесностружечных плит; рекомендации по конструированию и эксплуатации фрезерного инструмента.

Научная новизна полученных результатов. Впервые установлен критерий качества обработки кромок древесностружечных плит, облицованных шпоном из древесины дуба, выраженный длиной пути контакта резца в объекте обработки до появления первых дефектов. Разработано математическое описание силовых, качественных и стойкостных показателей процесса фрезерования в зависимости от основных переменных факторов при механической обработке плитных материалов. Получены теоретические зависимости с программным обеспечением по расчету корпусов фрез со сменными режущими элементами и изменяемыми углами резания.

Практическая значимость полученных результатов. Разработанная методика расчета режимов цилиндрического фрезерования кромок облицованных натуральным шпоном древесностружечных плит на базе полученных уравнений регрессии позволяет рационально устанавливать режимы обработки; прогнозировать временной ресурс работы инструмента по заданному критерию качества продукции, исключая появление недопустимых дефектов обработки при расчетных режимах; повысить эффективность использования оборудования за счёт сокращения времени на наладочно-настроечные работы путём использования конструкций фрез с быстросъёмными элементами.

Экономическая значимость полученных результатов. В результате внедрения разработанных ножевых головок с быстросъёмными резцедержателями и изменяющимися угловыми параметрами на Пинской мебельной фабрике КО «Пинскдрев» с применением рациональных режимов обработки, обеспечивающих снижение трудозатрат и увеличение производительности фактический экономический эффект в ценах на декабрь месяц 1996 года составил 3,3 млн. руб.

Разработано программное обеспечение, имеющее коммерческую ценность, позволяющее сократить время на конструкторские и технологические расчёты.

Основные положения диссертации выносимые на защиту:

- методика расчёта корпусов цилиндрических фрез с изменяющимися угловыми параметрами и сменными режущими элементами;
- результаты исследований влияния основных технологических факторов на силовые, качественные и стойкостные показатели процесса цилиндрического фрезерования кромок древесностружечных плит, облицованных шпоном из древесины дуба;
- методика расчёта рациональных режимов обработки плитных материалов.

Личный вклад соискателя. Диссертация является результатом личной работы соискателя. Автором разработаны теоретические методы расчёта корпусов цилиндрических фрез с изменяемыми угловыми параметрами. Соискателем выполнены экспериментальные исследования влияния основных технологических переменных факторов на: силовые показатели при фрезеровании кромок облицованных древесностружечных плит острыми и затупленными резцами; качественные показатели, выраженные длиной пути контакта резца с объектом обработки до появления первых дефектов типа сколов, вырывов и так далее; стойкостные показатели режущих элементов за период работы инструмента до появления первых дефектов с критерием оценки вида линейного износа по биссектрисе угла заострения.

Автором диссертации создано программное обеспечение расчёта корпусов фрез и построения графических зависимостей с оптимизацией функций $L = f(a, n, h, \delta)$.

Апробация результатов диссертации. Основные положения работы доложены на Международной научно-практической конференции «Лес – 96», а также на университетских научно-технических конференциях в БГТУ 1994-1997 г.

Опубликованность результатов. По материалам диссертации имеется семь печатных работ. В том числе: три статьи в научно-технических журналах, две депонированные статьи, два тезиса докладов на международной научно-практической конференции, а также имеется два отчета, одно рационализаторское предложение и один акт внедрения.

Структура и объём диссертации. Работа состоит из введения, четырёх глав, выводов, списка использованных источников и приложений. Полный объём работы составляет 176 страниц, в том числе – 79 страниц текста, 39 иллюстраций представленных на 29 страницах, 20 таблиц - на 16 страницах, 11 приложений

объёмом 48 страниц. Список использованных источников содержит 44 наименования и занимает 4 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дано обоснование актуальности темы и необходимости проведения исследований, а также оценка современного состояния проблемы.

Первая глава содержит обзор и анализ литературных источников по основным направлениям исследований, связанных с механической обработкой кромок древесностружечных плит, облицованных натуральным шпоном методом цилиндрического фрезерования.

Анализ литературных источников показывает, что имеется методика расчёта силовых показателей. Так, в работе Ю.А.Цуканова и В.В.Амалицкого мощность, затрачиваемая на резание, определяется "объёмным" методом. Базовой формулой является расчёт удельной работы резания K .

Исследования А.П.Фридриха дали возможность получить математическое описание процесса фрезерования для определения касательной силы резания.

Наряду с представленными методиками расчёта силовых показателей процесса фрезерования ДСтП в технической литературе опубликованы результаты исследований многих авторов по сущности вопроса.

В работе О.З.Хужева отмечено, что максимальным радиусом затупления резцов можно считать $40+50$ мкм с шириной фаски не более $0,2+0,4$ мм. Передний и задний углы должны быть в пределах $11^{\circ}+17^{\circ}$. Рациональной подачей на резец при обработке кромок облицованных плит плёнками на основе термореактивных полимеров следует считать равную $0,5$ мм. В работе А.В.Моисеева дана взаимосвязь ведущих составляющих затупления со свойствами контактирующих материалов и скоростью резания, выявлен характер затупления инструмента в каждом конкретном случае сочетания факторов процесса резания.

В.Г.Морозов в своих разработках даёт рекомендации по подаче на резец для различных видов фрезерования. Так при фрезеровании древесностружечных плит облицованных пластиками подача на резец может быть $0,2+0,6$ мм, а при обработке фанерованных щитов вдоль волокон - $0,5+1,0$ мм.

Исследования А.Э.Грубе, Ю.А.Цуканова, В.В.Амалицкого и К.И.Демьяновского позволили разработать рекомендации по режимам фрезерования кромок древесностружечных плит. Рекомендованы угло-

вые параметры: передний угол $5^\circ + 35^\circ$, задний угол $10^\circ + 25^\circ$ при угле заострения $40^\circ + 60^\circ$. Подача на резец имеет предел от 0,2 до 1,0 мм. Наряду с вышеизложенным был выполнен анализ зарубежных конструкций фрез, используемых для фрезерования древесностружечных плит и их режимы эксплуатации.

Так, фирма "LEUCO" (Германия) рекомендует подачу на резец 0,35 + 0,80 мм и скорость резания 60 + 100 м/с; фирма "leitz" (Германия) при аналогичных подачах на резец предлагает производить обработку плит со скоростями резания 60 + 80 м/с. Рекомендации, разработанные фирмами "leitz" и "Stehle" (Германия) практически одинаковы.

Анализ результатов исследований даёт возможность сделать основные выводы:

- предлагаемые рекомендации технологических режимов фрезерования облицованных плитных материалов не предусматривают качество обработки из-за отсутствия критерия оценки;

- отсутствуют рекомендации по установлению рациональных режимов обработки облицованных древесностружечных плит с учётом геометрии инструмента, конструктивных возможностей оборудования и технологических припусков на обработку;

- конструкции сборных фрезерных инструментов не предусматривают возможность изменения угловых параметров режущих элементов, что снижает эффективность их эксплуатации;

- не разработан расчётный метод рациональных режимов резания ДСтП по силовым, качественным и стойкостным показателям процесса фрезерования;

- отсутствует методика расчёта корпусов сборных фрез по прочностным показателям, позволяющая проектировать инструмент с оптимальными конструктивными параметрами.

Во второй главе рассмотрены особенности механической обработки облицованных древесностружечных плит и разработана методика расчёта на прочность фрез с изменяемыми угловыми параметрами.

Теоретические исследования, а также многочисленные результаты экспериментов показывают, что геометрия режущего инструмента оказывает существенное влияние на интенсивность износа главной режущей кромки, а также на силовые и качественные показатели процесса резания. Следует отметить, что в зависимости от объектов обработки, их состояния и технологических режимов рекомендуется выдерживать угол резания в пределах от 50° до 75° . Такой широкий диапазон изменения угла резания дал обоснование в необходимости разработки конструкции фрезы с изменяемыми угловыми параметрами.

Разработанная и внедрённая в производство конструкция фрезы представляет собой корпус и оправку для крепления режущего элемента. В корпусе фрезы выбраны сектора, в которых по направляющим типа "ласточкин хвост" устанавливаются оправки, которые жёстко фиксируются с обеспечением необходимого угла резания. Однако, наличие секторов существенно ослабляет сечение корпуса фрезы.

Для определения напряжений по всему радиальному сечению введены упрощения. Выступающие элементы фрезы и съёмные вкладыши (рис.1,а) для крепления ножей отсечены, а силы инерции, действующие на них при вращении фрезы рассматриваем как внешние силы по отношению к оставшейся части фрезы (рис.1,б), условно названной ступицей. Таким образом, ступицу рассматриваем как толстостенный цилиндр, на который действует сплошная равномерно распределённая по площади нагрузка P от сил инерции отброшенных частей. Кроме этого, учтены напряжения, возникающие от сил инерции вращения самой ступицы.

Под действием сил инерции в ступице возникают радиальные (1) и тангенциальные (2) напряжения от сил инерции P .

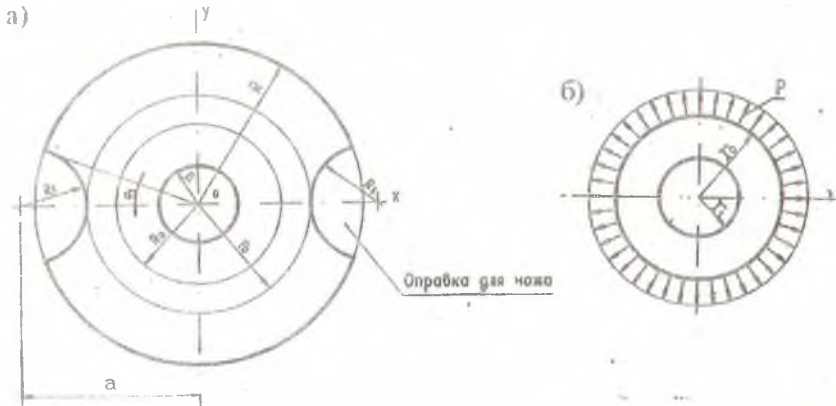


Рис. 1. Схема для расчёта фрезы на прочность.

$$\sigma_{r(p)} = \frac{P \times r_0^2}{r_0^2 - r_1^2} \times \left(1 - \frac{r_1^2}{r^2} \right); \quad (1)$$

$$\sigma_{t(p)} = \frac{P \times r_0^2}{r_0^2 - r_1^2} \times \left(1 + \frac{r_1^2}{r^2} \right). \quad (2)$$

От сил инерции, распределённых по объёму ступицы:

$$\sigma_{r(b)} = \frac{\gamma \times \omega^2}{g} \times (3 + \mu) \times \left(r_0^2 + r_1^2 - \frac{r_0^2 \times r_1^2}{r^2} - r^2 \right). \quad (3)$$

$$\sigma_{t(b)} = \frac{\gamma \times \omega^2}{g} \times (3 + \mu) \times \left(r_0^2 + r_1^2 + \frac{r_0^2 \times r_1^2}{r^2} - \frac{1 + 3\mu}{1 + \mu} \times r^2 \right). \quad (4)$$

Общие напряжения составят:

$$\sigma_r = \sigma_{r(p)} + \sigma_{r(b)}; \quad \sigma_t = \sigma_{t(p)} + \sigma_{t(b)}.$$

В представленных формулах приняты следующие обозначения:

ω — угловая скорость, рад/с ($\omega = \pi \times n / 30$);

$$P — \text{сила инерции, Н} \left(P = \frac{\gamma \times \omega^2 \times (R^3 - r_1^3) \times g}{3 \times r_0} \right);$$

r_1 — внутренний (посадочный) радиус фрезы, м;

a — расстояние от центра фрезы до окружности резания, м;

R_1 — радиус по дну "ласточкина" хвоста, м. $t_0 = a - R_1$;

R — наружный радиус корпуса фрезы, м;

n — частота вращения режущего инструмента, мин⁻¹;

γ — плотность инструментальной стали, кг/м³;

μ — коэффициент Пуассона;

r — радиус точки, для которой определяется напряжение, м.

Для полученных формул в диссертации разработаны программы расчёта напряжений и построения графических зависимостей, позволяющие осуществить выбор рациональных размеров конструкций фрезы как для существующего, так и для вновь разрабатываемого оборудования с использованием различных материалов для изготовления корпуса.

В третьей главе представлена методика экспериментальных исследований. В данном разделе рассмотрены факторы, влияющие на выходные показатели процесса фрезерования кромок древесностружечных плит. На основе выполненной работы для проведения экспериментальных исследований по силовым, качественным и стойкостным показателям обоснованы постоянные и переменные факторы, диапазоны их изменения и уровни варьирования, которые представлены в табл. 1.

Для математического описания выходных показателей использован математический метод планирования (В - оптимальный план). Исследова-

ния выходных показателей проводили на экспериментальной установке, выполненной на базе четырёхстороннего продольно-фрезерного станка модели С 26-2М.

В качестве механизма резания использовался правый вертикальный шпиндель, так как он позволил обеспечить достаточно высокую точность настройки установки на высоту снимаемого слоя. Для изменения частоты его вращения применён теристорный привод типа ПБСТ-52. Настройка установки на необходимую скорость подачи, обеспечивающей срезание толщины стружки, предусмотренной методической сеткой опытов производилась за счёт бесступенчатого регулирования частоты вращения приводных валцов механизма подачи.

Для проведения экспериментальных исследований была разработана специальная насадная цилиндрическая сборная фреза, конструкция которой позволяла изменять углы резания и производить без монтажа замер износа режущих элементов.

Таблица 1.

Условия проведения опытов при исследовании мощностных и качественных показателей при фрезеровании ДСтП.

Факторы	Код условного обозначения	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования
1. Переменные факторы:					
1.1. Толщина стружки, мм	X1 [a]	0,05	0,2	0,35	0,15
1.2. Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹	X2 [n]	3000	4000	5000	1000
1.3. Припуск на обработку, мм	X3 [h]	2	4	6	2
1.4. Угол резания, град.	X4 [δ]	50	60	70	10
2. Постоянные факторы:					
2.1. Материал					
2.1.1. Основа					
ДСтП					
2.1.2. Лицевой слой					
Рубашки строганого шпона дуба					
2.2. Влажность, W (%)					
8 ± 2					
2.3. Ширина фрезерования, мм					
16					
2.4. Диаметр фрезы, D, мм					
160					
2.5. Угол заострения главной режущей кромки, β, град.					
45					
2.6. Острота режущей кромки ρ, мкм					
5+7					

Регистрация силовых показателей фиксировалась по показаниям стрелочного ваттметра типа Д539 с точностью измерений $\pm 2,5$ Вт. Мощность резания измерялась при обработке плит острыми резцами, прошедшими стадию приработочного износа и затупленными. Затупленный режущий элемент представлял собой состояние главной режущей кромки, при котором образовались первые дефекты обработки ДСтП в виде сколов, вырывов и так далее. Силы резания устанавливались расчётным путём по мощности резания за счёт использования общеизвестных формул.

Критерием качественного показателя принят путь контакта реза в объекте обработки до появления первых дефектов на облагороженной поверхности плитного материала. Это вызвано тем, что лицевая часть древесностружечной плиты, облицованная натуральной древесиной не является массивом с физико-механическими свойствами, присущими данному материалу, так как при облагораживании используют клеевые соединения, которые проникают в поры шпона, и после полимеризации он приобретает более высокую хрупкость. Поэтому, преждевременное появление дефектов, которые согласно ГОСТ 20400-92 не допускаются, возможно не только от состояния главной режущей кромки, но и от технологических режимов обработки.

Способность материала при обработке его резанием изнашивать лезвие инструмента является одним из важнейших показателей, учитываемых при конструировании и эксплуатации инструмента. Наиболее реальным критерием износа при фрезеровании кромки ДСтП является линейный износ по биссектрисе угла заострения, так как интенсивность изнашивания по всей ширине реза будет различная. В связи с этим, в качестве выходного показателя, характеризующего стойкость режущего элемента, принят линейный износ в двух плоскостях: первой, проходящей через центральную часть реза и второй, проходящей через его рабочую часть, обрабатывающую наружные поверхности кромки плиты. Линейный износ замерялся без демонтажа ножей при помощи индикаторной головки часового типа, смонтированной в специальном корпусе с точностью измерения ± 1 мкм. В разделе приведены обоснование по выбору метода математического планирования; расчёт необходимого числа наблюдений и подготовка образцов для проведения исследований.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований влияния установленных технологических факторов на силовые, качественные и стойкостные показатели фрезерования кромки древесностружечной плиты, облицованной шпоном из древесины дуба. В результате обработки опытных данных получены модели зависимос-

ти длины пути резания (Y_1) до появления первого дефекта обработки. линейного износа в центральной части реза (Y_2) и по кромке режущего элемента (Y_3), мощности, затрачиваемой на резание и касательной силы резания при обработке плитного материала острыми режущими элементами (Y_4, Y_6) и затупленными (Y_5, Y_7) от влияющих на них переменных факторов: толщины стружки (X_1), частоты вращения шпинделя (X_2), припуска на обработку (X_3) и угла резания (X_4).

$$Y_1 = 2579 - 2018 \cdot X_1 - 735 \cdot X_2 + 969 \cdot X_3 + 353 \cdot X_4 + 468 \cdot X_1 \cdot X_2 - 882 \cdot X_1 \cdot X_3 - 866 \cdot X_2 \cdot X_3 + 314 \cdot X_1^2 + 961 \cdot X_2^2 + 695 \cdot X_3^2; \quad (1)$$

$$Y_2 = 55,4 + 5,2 \cdot X_1 + 3,9 \cdot X_2 + 6,2 \cdot X_3 + 5,1 \cdot X_4 + 7,6 \cdot X_1 \cdot X_3 - 3,9 \cdot X_1 \cdot X_4 + 10,6 \cdot X_2^2 - 9,9 \cdot X_4^2; \quad (2)$$

$$Y_3 = 183,2 + 21,6 \cdot X_3 + 14,2 \cdot X_4 - 5,4 \cdot X_2 \cdot X_3 + 15,9 \cdot X_2^2 - 11,2 \cdot X_4^2; \quad (3)$$

$$Y_4 = 342,7 + 58,1 \cdot X_1 + 65,9 \cdot X_2 + 100,9 \cdot X_3 - 49,9 \cdot X_4 + 36,6 \cdot X_1 \cdot X_4 + 69,4 \cdot X_2 \cdot X_3 + 60,8 \cdot X_4^2; \quad (4)$$

$$Y_5 = 491,6 + 87,2 \cdot X_1 + 65,9 \cdot X_2 + 153,1 \cdot X_3 - 59 \cdot X_4 - 30 \cdot X_1 \cdot X_2 + 78,8 \cdot X_1 \cdot X_3 + 49,8 \cdot X_2 \cdot X_3 + 88,9 \cdot X_4^2; \quad (5)$$

$$Y_6 = 10,1 + 2,0 \cdot X_1 - 0,9 \cdot X_2 + 2,7 \cdot X_3 - 1,5 \cdot X_4 - 1,1 \cdot X_1 \cdot X_2 + 1,2 \cdot X_1 \cdot X_4 + 1,4 \cdot X_2 \cdot X_3 + 1,9 \cdot X_4^2; \quad (6)$$

$$Y_7 = 14,5 + 3,6 \cdot X_1 - 1,9 \cdot X_2 + 5,2 \cdot X_3 - 2,2 \cdot X_4 - 1,7 \cdot X_1 \cdot X_2 + 2,4 \cdot X_1 \cdot X_3 + 2,8 \cdot X_4^2. \quad (7)$$

Полученные результаты и построенные по ним графические зависимости показывают, что влияние средней толщины стружки на силовые, стойкостные и качественные показатели происходит по определённым закономерностям. Возростание данного фактора вызывает ухудшение качества обработанной поверхности при увеличении силовых показателей и рост интенсивности износа режущих элементов.

При увеличении толщины стружки путь контакта, при котором начинают образовываться сколы на кромках плиты, изменяется в диапазоне ± 2018 м.л. Однако, данный переменный фактор в сочетании с частотой вращения рабочего шпинделя (скорости резания) и высотой припуска даёт возможность при выборе рациональных режимов резания увеличить данный выходной показатель. С уменьшением высоты припуска при постоянной средней толщине стружки имеет место форми-

рование стружки без наличия опережающих трещин, которые и вызывают, в основном, образование дефектов. Следует отметить, что установившийся процесс стружкообразования возможен только при соизмеримости толщины стружки с показателем состояния главной режущей кромки. Поэтому, при достижении критического радиуса затупления, установившийся процесс стружкообразования переходит в неустановившийся и в данном случае возможны сколы, вырывы, вызванные смятием обрабатываемой поверхности.

Влияние толщины стружки на интенсивность износа наблюдается в центральной части резца. Такое явление происходит в связи с тем, что по мере увеличения толщины стружки возрастают силы трения по передней грани резца. В результате этого главная режущая кромка нагревается более интенсивно, так как температурный баланс состоит из величин, зависящих от трения как самой кромки, так и граней резца. По данным Воронкова Б.Д., Моисеева А.В. известно, что при нагревании твёрдых сплавов типа ВК происходит размягчение кобальта, в результате чего его связующая способность удерживать карбиды вольфрама значительно уменьшается, и поэтому происходит их более интенсивное выкрашивание. На кромках резца толщина стружки практически не оказывает влияния на интенсивность изнашивания. Это вызвано эффектом поглощения температуры частями резца, не участвующими в процессе стружкообразования. Подтверждением предложенной гипотезы могут служить показатели интенсивности линейного износа. Так, согласно полученным результатам видно, что при невысоких скоростях обработки ($n = 3000 \text{ мин}^{-1}$) и малом угле резания ($\delta = 50^\circ$) с ростом толщины стружки от 0,05 до 0,35 мм величина линейного износа в средней части резца возрастает на 3 мкм, при $n = 4000 \text{ мин}^{-1}$ и $\delta = 60^\circ$ увеличение составляет 10,4 мкм, а при $n = 5000 \text{ мин}^{-1}$ и $\delta = 70^\circ$ — 17,8 мкм.

Характер влияния средней толщины стружки на силовые показатели при фрезеровании ДСтП показывает наличие некоторых отличий от зависимостей, характерных при обработке натуральной древесины. Это, в основном, вызвано процессом стружкообразования. При увеличении толщины стружки для всех случаев изменения переменных факторов силовые показатели возрастают по прямолинейным закономерностям.

Полученные модели позволили провести анализ влияния частоты вращения режущего инструмента на выходные показатели процесса резания. При возрастании частоты вращения длина пути контакта в начальной стадии уменьшается, а затем наблюдается некоторое её увеличение. С ростом скорости резания сила трения обрабатываемого материала о заднюю грань уменьшается при одновременном увеличении

силы удара ножа по изделию, силы размельчения стружки и воздействия инерционности стружки. С другой стороны, действие скорости резания сводится к тому, что в обрабатываемом материале создается дополнительный подпор со стороны срезаемой стружки. Резец, внедряясь в материал, стремится увлечь за собой некоторую массу. Этому мешают силы связи самой плиты, а в срезаемой стружке, при стремлении сообщить ей скорость движения резца, возникают силы инерции, направленные в сторону, противоположную движению резания. Эти инерционные силы стружки, появляющиеся при более высоких скоростях резания, и являются тем дополнительным подпором, который заставляет элемент плиты перерезаться несколько раньше, чем при малой скорости резания. Отсюда и получается увеличение пути контакта. Практически аналогичные зависимости выявлены и при влиянии частоты вращения на линейный износ главной режущей кромки. При увеличении скорости вначале наблюдается некоторое падение величины износа как в центральной части резца, так и по кромкам. Это, в основном, вызвано образованием вихревых потоков, дающих возможность в некоторой степени охладить режущую кромку. По мере увеличения частоты вращения, вследствие более частого взаимодействия резца с объектом обработки, эти охлаждающие потоки не успевают снизить температуру, близкую к критической в отношении размягчения кобальта и его способности к удержанию карбидов вольфрама. Анализ влияния скорости резания на силовые величины показывает, что характер процесса практически аналогичен тому, что и для натуральной древесины.

Высота припуска, в основном, положительно сказывается на путь контакта. С увеличением высоты припуска наблюдается интенсивный рост пути контакта при лёгких режимах работы. По мере увеличения средней толщины стружки, частоты вращения инструмента и угла резания эта интенсивность заметно снижается. Такая закономерность вызвана процессом стружкообразования и изменением физико-механических свойств древесины дуба при облицовывании древесно-стружечных плит.

При увеличении высоты припуска возникает рост износа резца как в средней части, так и по кромке. Увеличение высоты припуска существенно не меняет условия формирования стружки, но с другой стороны увеличение припуска приводит к росту длины дуги контакта резца с обрабатываемым материалом, и, как следствие этого, повышению температуры на главной режущей кромке.

Увеличение дуги контакта до критического значения и при определённых толщинах стружки и угла резания приводит к единичному отде-

лению срезасмой стружки в облицованном материале, а по мере его увеличения — к массовому отрыву целых частей плиты в конце выхода резца из древесностружечного материала. При этом путь контакта уменьшается незначительно, и практически это не влияет на теплообразование в режущем элементе. Отрыв же целых частей облицовочного покрытия приводит к снижению качества обработки.

Влияние высоты припуска на силовые показатели имеет прямолинейную зависимость. Результаты исследований показывают, что с увеличением высоты припуска, при постоянном диаметре, изменяется кинематический угол встречи, который оказывает влияние на удельную работу резания аналогично тому, как и при фрезеровании натуральной древесины.

В процессе открытого резания основную работу по срезанию стружки выполняет передняя грань резца, положение которой определяется углом резания.

Анализ влияния угла резания на путь контакта показывает, что с увеличением угла резания путь контакта возрастает. Это вызвано тем, что при малых углах резания при постоянном угле заострения резца уменьшается задний угол. В этом случае качество поверхности при фрезеровании острым инструментом почти не зависит от заднего угла, но по мере затупленности режущих элементов оно резко ухудшается.

Линейный износ по кромке резца показывает, что по мере увеличения угла резания интенсивность износа возрастает. В данном случае наблюдается процесс аналогичный тому, что и при выявлении влияния толщины стружки. При увеличении угла резания плавность схода стружки ухудшается, что вызывает более высокие силы трения и повышение температуры на передней грани.

Влияние угла резания на силовые показатели имеет закономерность практически аналогичную той, что и при фрезеровании натуральной древесины, хотя интенсивность роста касательной силы резания несколько меньше. Это вызвано характером стружкообразования и различиями в свойствах по упругим восстановлением обрабатываемых материалов.

В разделе разработана методика расчёта качественных, силовых и стойкостных показателей фрезерования древесностружечных плит.

При разработке технологических режимов фрезерования кромки облицованных натуральным шпоном древесностружечных плит, как правило, имеет место наличие конкретных исходных данных. К ним относят, в первую очередь, высоту припуска и частоту вращения режущего инструмента, обусловленные технологическим процессом изготовления деталей и конструкций оборудования, работающего методом цилиндрического фрезерования.

По мере усовершенствования технологии изготовления деталей мебели указанные выше переменные факторы, а также угол резания будут приближаться к значениям, позволяющим получить качественные, энергетические и стойкостные выходные показатели, приближённые к оптимальным.

Таким образом, при расчётах выходных показателей основным переменным фактором, позволяющим установить рациональный режим работы оборудования, является средняя толщина стружки. На первом этапе расчётов технологических режимов на основании производственной программы вида действительной часовой производительности (Π , шт/ч) оборудования определяется скорость подачи (U , м/мин) по формуле (8):

$$U = \frac{\Pi \times l_z}{60 \times K_m \times K_p} \quad (8)$$

где l_z — длина элемента заготовки, подлежащая обработке, м;
 K_m и K_p — коэффициенты, учитывающие потери времени на технологическое, техническое и другое обслуживание оборудования, а также на восстановление функциональной деятельности операторов.

Скорость подачи позволяет определить значение подачи на режущий элемент (U_z , мм) и по этому показателю — среднюю толщину стружки, используя общеизвестную формулу (9):

$$a = U_z \times \sin \theta = \frac{1000 \times U}{z \times n} \times \sqrt{\frac{h}{D}} \quad (9)$$

где z и D — количество режущих элементов и диаметр инструмента, используемого для выполнения технологического процесса.

Полученное значение средней толщины стружки и принятые остальные переменные факторы, за счёт использования математической модели (10) в явном виде позволяет расчётным методом определить путь контакта реза в объекте обработки, после чего возможны появления первых дефектов.

$$L = 16084 - 19755a - 7,315n + 1415h + 35,3b + 3,12an - 2940ah - 0,433nh + 13956a^2 + 0,000961n^2 + 174h^2 \quad (10)$$

Наряду с выполненными расчётами общего пути контакта рассчитывается путь контакта в одной, отдельно взятой заготовке (L_z , м.пог) и количество заготовок, подлежащих обработке установленным комплектом инструмента (m , шт), а также время эксплуатации режущих элементов до его затупления (t , мин) по зависимости (11):

$$L_z = \sqrt{h \times D} \times n \times \frac{l_z}{U} \quad (11)$$

Количество заготовок, которые возможно обработать с высоким качеством, определится из соотношения:

$$m = \frac{L}{L_z}, \quad \text{тогда} \quad T = m \times t,$$

где T — продолжительность работы инструмента от заточки до заточки, мин.

Для расчётов величины стачивания при заточке инструмента используют зависимость (12), позволяющую определить максимальное значение линейного износа для фрез, оснащённых твёрдым сплавом ВК15.

$$A_{\max} = -137,2 - 0,1164n + 21,6h + 14,86\delta - 0,0027n \cdot h + 0,000159n^2 - 0,112\delta^2. \quad (12)$$

Полученное значение износа реза по биссектрисе угла заострения (β , град) позволяет установить уменьшение режущей части (b , мкм) по зависимости (13):

$$b = A_{\max} \times \cos\left(\frac{\beta}{2}\right). \quad (13)$$

Величина уменьшения режущей части является исходной величиной по определению количества проходов (режимов заточки) для полного восстановления режущей способности инструмента и всех остальных затрат, связанных с подготовкой инструмента к работе.

Для определения энергозатрат на выполнение технологической операции определяется мощность резания (P_1 , кВт) при обработке острым резцом и (P_2 , кВт) — затупленным по математическим моделям (14, 15).

$$P_1 = 3136 - 1076,67a - 0,0729n - 88,35h - 82,83\delta + 24,4a \cdot \delta + 0,0347n \cdot h + 0,608\delta^2; \quad (14)$$

$$P_2 = 3808 + 330,53a + 0,0063n - 75,59h - 112,58\delta - 0,2a \cdot n + 262,7a \cdot h + 0,0249n \cdot h + 0,889\delta^2. \quad (15)$$

Средняя мощность резания на обработку изделий составит:

$$P = (P_1 + P_2) / 2.$$

Данная зависимость справедлива, так как нами мощность резания острыми резцами фиксировалась после приработочного износа. Исследования многих авторов показывают, что монотонное изнашивание

режущих элементов после приработочного износа имеет прямопропорциональную зависимость.

Для рекомендованных математических уравнений регрессии (10, 12, 14, 15) расчётов выходных величин процесса фрезерования разработаны программы, позволяющие устанавливать рациональные режимы обработки ДСтП методом фрезерования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Получены математические модели силовых, качественных и стойкостных показателей в зависимости от средней толщины стружки, высоты срезаемого припуска, угла резания и частоты вращения шпинделя (скорости резания) и на их основе разработана методика расчёта режимов цилиндрического фрезерования кромок древесностружечных плит, облицованных натуральным шпоном.

2. Установлен новый критерий качества обработки кромок древесностружечных плит облицованных натуральным шпоном, выраженный длиной пути контакта резца в объекте обработки до появления первого дефекта вида сколов, вырывов и т.д.

3. Полученные расчётным путём рациональные режимы фрезерования плитных материалов позволили повысить качество выпускаемой продукции при наименьших энергетических затратах, повысить производительность труда до 7% и снизить себестоимость выпускаемой продукции.

4. В результате экспериментальных исследований получены режимные данные, обеспечивающие получение качественной обработки кромок древесностружечных плит, облицованных шпоном натуральной древесины с наиболее рациональным использованием оборудования: средняя толщина стружки $a = 0,2+0,35$ мм, угол резания $\delta = 68^\circ+70^\circ$ при высоте срезаемого слоя $h = 2$ мм и частоте вращения инструмента $n = 5000$ мин⁻¹.

5. Разработана на основе экспериментальных исследований конструкция сборной фрезы с изменяемыми угловыми параметрами и быстрозъёмными резцедержателями [2]. Экономический эффект от внедрения ножевых головок и режимов резания в ценах на декабрь месяц 1996 года составил 3,3 млн. руб.

6. Разработанное программное обеспечение на основе экспериментальных исследований качественных показателей даёт возможность автоматизировать процесс механической обработки плит и подготовки инструмента к работе, а программное обеспечение на основе теоретических разработок – автоматизировать процесс проектирования фрез с изменяющимися угловыми параметрами и прогнозировать период его стойкости.

1. Клубков А.П., Гришкевич А.А., Клубков А.А. Сборная фреза с поворотными и быстрорезными сегментами // Деревообрабатывающая промышленность. – 1994. – № 4. – С. 17.

2. Гришкевич А.А. Работоспособность фрезы с изменяемыми угловыми параметрами и съёмными резцедержателями / Ред. журн. “Человек и экономика”. – Минск, 1996. – 48 с. – Деп. в Бел ИНФОРМПРОГНОЗ 12.07.96., № Д 199628 // Обществ.–полит. и эконом. журн. – 1996. – № 10 – С.47.

3. Гришкевич А.А. Определение мощности, потребляемой при фрезеровании кромки древесностружечной плиты острым и затупленным ножом/ Ред. журн. “Человек и экономика”. – Минск, 1996. – 48 с. – Деп. в Бел ИНФОРМПРОГНОЗ 12.07.96., № Д 199629 // Обществ.–полит. и эконом. журн. – 1996. – № 10 – С.47.

4. Гришкевич А.А. Расчёт на прочность фрезы с изменяемыми угловыми параметрами // Мебельный салон. – 1998. – №1(5). – С.53.

5. Гришкевич А.А. Расчет качественных, силовых и стойкостных показателей фрезерования древесностружечных плит облицованных натуральным шпоном // Мебельный салон. – 1998. – №1(5). – С.52.

6. Гришкевич А.А., Клубков А.П., Фридрих А.П. Теоретические основы конструирования фрезерного инструмента // Лес – 96: Тез. докл. межд. научно-практической конф. – Минск, 1996. – С.6.

7. Гришкевич А.А. Моделирование процесса фрезерования древесностружечных плит, облицованных натуральным шпоном, по качественным показателям Лес – 96: Тез. докл. межд. научно-практической конф. – Минск, 1996. – С.19.

А.А. Гришкевич

РЕЗЮМЕ

Гришкевич Александр Александрович

РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫХ
И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА ПРИ
ФРЕЗЕРОВАНИИ КРОМОК ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Ключевые слова: древесностружечная плита, фрезерование, угол резания, толщина стружки, частота оборотов, высота обработки, допустимые напряжения, расчёт, фреза.

Объект исследования. Фрезерование кромок облицованных древесностружечных плит, стойкостные, силовые и качественные показатели при фрезеровании облицованных ДСтП, конструкции ножевых головок.

Цель работы. Разработать расчётный метод определения силовых, стойкостных и качественных показателей при механической обработке кромки древесностружечных плит, облицованных натуральным шпоном, обосновать исходные данные при проектировании деревообрабатывающего оборудования и режущих инструментов.

Метод исследований и аппаратура. Метод исследований заключается в проведении теоретических и экспериментальных исследований силовых, стойкостных и качественных показателей при цилиндрическом фрезеровании кромки облицованных ДСтП, работоспособности новой конструкции ножевой головки, сопоставлении и анализе результатов. Теоретические расчёты и разработка новой конструкции инструмента проводились на ПЭВМ. Для экспериментальных исследований использовали промышленное оборудование, специальные измерительные приспособления и опытные установки.

Полученные результаты и новизна. Разработан теоретический метод расчёта силовых, стойкостных и качественных показателей фрезерования кромок древесностружечных плит. Разработана и создана усовершенствованная конструкция ножевой головки с изменяемыми угловыми параметрами. Разработано программное обеспечение для расчёта качественных показателей при фрезеровании кромок ДСтП, для конструкторского расчёта фрезерной головки.

Рекомендации по использованию и область применения. Результаты исследований можно использовать при планировании технологических режимов обработки ДСтП и режущего инструмента; проектировании оборудования, работающего методом цилиндрического фрезерования и конструкций дереворежущих инструментов.

РЭЗЬЮМЭ

Грышкевіч Аляксандр Аляксандравіч
 РАСПРАЦОЎКА РЭЖЫМАЎ РЭЗАННЯ, КАНСТРУКТЫЎНЫХ І
 ГЕАМЕТРЫЧНЫХ ПАРАМЕТРАЎ ІНСТРУМЕНТУ ПРЫ
 ФРЭЗЕРАВАННІ КАНТАЎ ДРАЎНЯНАСТРУЖКАВЫХ ПЛІТ

Ключавыя словы: драўнянастружкавая пліта, фрэзераванне, вугал рэзан-
 ня, таўшчыня стружкі, частата абартаў, вышыня апрацоўкі, дапушчальныя на-
 пружанні, разлік, фрэза.

Аб'ект даследавання: фрэзераванне кантаў абліцаваных ДСП, стойкасныя,
 сілавыя і якасныя паказчыкі пры фрэзераванні абліцаваных ДСП, канструкцыі
 нажавых галовак.

Мэта работы. Распрацаваць разліковы метад вызначэння сілавых, стой-
 касных і якасных паказчыкаў пры механічнай апрацоўке канта ДСтП, аб-
 ліцаваных натуральным шпонам; абгрунтаваць зыходныя даныя пры праекта-
 ванні дрэваапрацоўчага абсталявання і рэжучых інструментаў.

Метад даследавання і апаратура. Метад даследаванняў змяшчае ў сябе
 правядзенне тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў сілавых, стой-
 касных і якасных паказчыкаў пры цыліндрычным фрэзераванні канта аб-
 ліцаваных ДСтП, працаздольнасці новай канструкцыі нажавой галоўкі,
 супастаўленне і аналіз вынікаў. Тэарэтычныя разлікі і распрацоўка новай канст-
 рукцыі інструменту праводзілася на ПЭВМ. Для эксперыментальных даследа-
 ванняў выкарыстоўвалі прамысловае абсталяванне, спецыяльныя вымяральныя
 прыстасаванні і вопытныя ўстаноўкі.

Атрыманыя вынікі і навізна. Распрацаваны тэарэтычны метад разліку
 сілавых, стойкасных і якасных паказчыкаў фрэзеравання кантаў ДСП, рас-
 працавана і створана ўдасканаленая канструкцыя нажавой галоўкі са змя-
 нённымі вуглавымі параметрамі. Распрацавана праграмае забеспячэнне для
 разліку якасных паказчыкаў пры фрэзераванні кантаў ДСП, для канструктар-
 скага разліку фрэзернай галоўкі.

Рэкамендацыі па выкарыстоўванні і галіне ўжывання. Вынікі даследаванняў
 можна выкарыстоўваць пры планаванні тэхналагічных рэжымаў апрацоўкі
 ДСтП і рэжучага інструмента; праектаванні абсталявання, якое працуе мета-
 дам цыліндрычнага фрэзеравання і канструкцыі дрэварэжучых інструментаў.

SUMMARY

Aleksander A. Grishkevich

DEVELOPMENT OF THE CUTTING CONDITIONS,
CONSTRUCTIVE AND GEOMETRICAL PARAMETERS OF
INSTRUMENTS AT SHAPING EDGES OF TIMBER-CHIP SLAB

Key words: timber-chip slab (TCS), shaping, slant of cutting, chip gauge, frequency of speed, height of treatment, permissible stresses, analysis, shaper cutter.

Subject of research. The claded TCS edges shaping, the index of stability at claded TCS shaping, blade-heads construction.

Purpose of research. To develop the test method of the index of stability, force and quality determination at the mechanical treatment of TCS edges, claded by natural veneer; to substantiate the basic data at wood treatment equipment and cutting instruments designing.

Research method and equipment. The research method consists of the theoretical and experimental investigation of the index of stability, force and quality at claded TCS cylinder shaping, serviceability of the new blade-head construction, comparison and analysis of obtained results. PC were used for theoretical calculations and the new instrument construction development. Special measuring arrangements, experimental and industrial installations were used for experimental investigations.

Obtained results and novelty. The theoretical method of calculation of the index of stability, force and quality at TCS edges shaping, the improved construction of blade-head with changeable slant of cutting parameters have been developed. Software has been developed for calculations of the quality index at TCS edges shaping, for constructive calculation of the shaping head.

Recommendations for use and usage area. The results of research could be used for the planning of technological conditions of TCS treatment and cutting instrument; for the designing of equipment, working at method of cylinder shaping and wood-cutting instruments.

Гришкевич Александр Александрович

РАЗРАБОТКА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ, КОНСТРУКТИВНЫХ
И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА ПРИ
ФРЕЗЕРОВАНИИ КРОМОК ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

Подписано в печать 15.05.98. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,4. Усл. кр.-отт. 1,4. Уч.-изд. л. 1,2.

Тираж 80 экз. Заказ 233.

Белорусский государственный технологический университет
220630, Минск, Свердлова, 13 а.

Отпечатано на ротапринтере Белорусского государственного
технологического университета.
220630, Минск, Свердлова, 13.