

674.023
К-89
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Белорусский технологический институт
имени С. М. Кирова

На правах рукописи

Н. С. КУЗЬМИЧ

**Исследование
процесса фрезерования древесины
торцовыми фрезами**

(Специальность 421. Машины, оборудование и
технология лесопильных и деревообрабатывающих
производств)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск, 1968

674.023

K-89

Министерство высшего и среднего специального
образования БССР

Белорусский технологический институт имени
С.М.Кирова

На правах рукописи

Н.С.КУЗЬМИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ
ТОРЦОВЫМИ ФРЕЗАМИ

(Специальность 42I. Машины, оборудование и
технология лесопильных и деревообрабатывающих
производств)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск, 1968

Сек. 216 ар.
2161 ар.

Работа выполнена в Белорусском технологическом
институте им.С.М.Кирова

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор А.Л.БЕРШАДСКИЙ

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор Н.А.БАТИН,
кандидат технических наук, доцент А.В.МОИСЕЕВ.

Ведущее предприятие –

Гомельский ордена Трудового Красного знамени
деревообрабатывающий комбинат Министерства лесной,
целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промыш-
ленности БССР.

Автореферат разослан мая 1968 г.

Защита диссертации состоится 12 июня 1968 г. на засе-
дании Совета БТИ им.С.М.Кирова, г.Минск, ул.Свердлова,
13, корпус 4, ауд. 220.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института.

Ученый секретарь Совета

(И.П.Блишкова)

Решениями Партии и Правительства перед деревообрабатывающей промышленностью поставлена задача значительно увеличить выпуск продукции и улучшить ее качество. Выполнение этой задачи невозможно без дальнейшего совершенствования техники и технологии производства.

Одной из актуальных задач, стоящих перед деревообрабатывающей промышленностью страны, является проблема рациональной обработки древесины резанием, в том числе и методом фрезерования.

По методу фрезерования работают фуговальные, рейсмусовые, 4-х сторонние строгальные, фрезерные, фрезерно-копировальные и другие деревообрабатывающие станки. Почти каждая изготавливаемая деталь или узел, входящие в состав изделия, проходят обработку фрезерованием. Поэтому не случайно, что в целях совершенствования метода фрезерования проведено ряд научных исследований как у нас, так и за рубежом. Однако выполненные исследования проведены в основном применительно к цилиндрическому фрезерованию, вопросы же, касающиеся обработки торцовыми фрезами, остались мало изученными. Между тем метод торцового фрезерования имеет некоторые достоинства по сравнению с цилиндрическим — отсутствие кинематической волнистости на обрабатываемой поверхности, сравнительно простое оснащение резцов твердыми сплавами и др. В последние годы область применения торцового фрезерования в деревообработке несколько расширилась. Стали изготавливаться новые станки с торцовым режущим инструментом.

Анализируя вопрос применения торцовых фрез в деревообработке и металлообработке (в последнем случае они используются весьма широко), можно предположить, что метод торцового фрезерования в деревообработке может быть значительно расширен. Торцовые фрезы, предназначенные для чистовой обработки плоских поверхностей, могут эф-

эффективно использоваться на ряде операций как взамен применяемых в настоящее время цилиндрических фрез и в сочетании с ними. Примером такого сочетания может служить предлагаемая комбинированный инструмент, состоящий из двух фрез, цилиндрической и торцовой (рис. I).

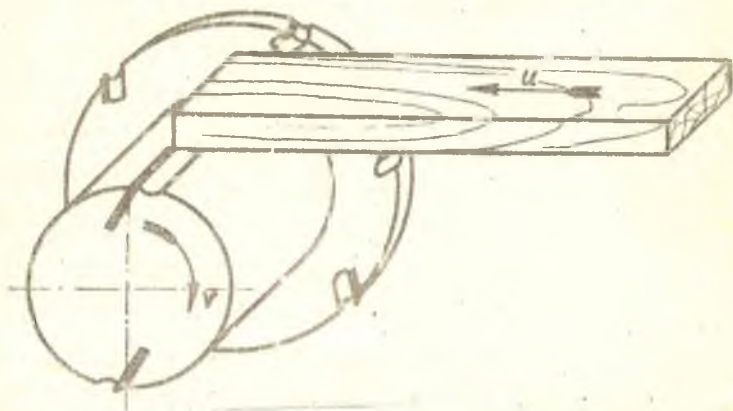


Рис. I. Схема обработки заготовки комбинированным режущим инструментом.

Однако применение торцового режущего инструмента, в том числе и комбинированного, станет возможным в том случае, если будут разработаны промышленные конструкции торцовых фрез для обработки плоских поверхностей, отвечающие требованиям современного производства.

Изложенное выше позволяет считать, что проведение специальных теоретических и экспериментальных исследований по торцовому фрезерованию является актуальной задачей, решение которой будет способствовать совершенствованию большой группы деревообрабатывающих станков, работающих по методу фрезерования.

Содержание работ и изложено на 253 страницах машинописного текста и состоит из введения, 4-х глав, выводов и рекомендаций. Текст иллюстрирован 71 рисунком и имеет 22 таблицы. Список использованной литературы включает 115 названий работ, в т.ч. 7 зарубежных

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ рассматривается состояние вопроса и перспективы применения торцового фрезерования в деревообработке.

Вопрос применения торцовых фрез для обработки плоских поверхностей является для деревообработки не новым. В трудах П.В.Денфера, В.А.Малышева и А.П.Гавриленко, М.А.Дешевого и других авторов приводится описание поперечно-строгальных станков, работающих по методу торцового фрезерования. Эти станки применялись для обработки поверхностей шириной до 0,6 м. Резание на данных станках осуществляется в плоскости волокон, а направление резания было главным образом поперечным. Ввиду того, что чистота обрабатываемой поверхности древесины при поперечном резании низкая, поперечно-строгальные станки по чистоте обработки уступали станкам, работающим по методу цилиндрического фрезерования, но по затратам энергии и производительности выгодно от них отличались.

Однако указанных выше преимуществ поперечно-строгальных станков было недостаточно для того, чтобы они сохранили свою долю участия в деревообработке в связи с быстрым развитием техники и совершенствованием технологии. Эти станки по сравнению со станками, работающими по принципу цилиндрического фрезерования, имели большие недостатки, а именно: кроме низкой чистоты обрабатываемой поверхности, была неидеальной конструкция станков, особенно режущий инструмент (большой диаметр фрезы, 0,6-0,75 м; полукруглая форма резцов и др.). Эксплуатировать эти станки было труднее как с точки зрения технического обслуживания, так и с точки зрения техники безопасности.

От того, что поперечно-строгальные станки окончательно были вытеснены из производства, можно судить по тому, что в последующих изданиях специальной литературы (до 1958 г.) вопросы обработки плоских

поверхностей методом торцового фрезерования не рассматривались.

В последние годы и вопросу торцового фрезерования в деревообработке был проявлен некоторый интерес, а область применения этого метода фрезерования несколько расширилась. Так, например, торцовые фрезы взамен цилиндрических стали применяться при нарезании рамных шипов и калибрования по толщине заготовок из древесно-стружечных плит. За рубежом (ФРГ) появились фуговальные станки, в которых вместо ножовых валов используются торцовые фрезы.

Применение торцовых фрез взамен цилиндрических на указанных операциях обуславливается возможностью создания соответственно более рациональных по конструкции и более производительных деревообрабатывающих станков.

Согласно имеющимся данным торцовый режущий инструмент, установленный на современных фуговальных станках, представляет собой гораздо более совершенную конструкцию, чем режущий инструмент, применявшийся ранее на поперечно-строгальных станках, и обеспечивает высокую чистоту обработки.

Разработка промышленных конструкций торцовых фрез, которые смогут обеспечить чистовую обработку плоских поверхностей брусковых деталей, откроет перед торцовым фрезерованием в деревообработке перспективы более широкого его применения.

Создание комбинированного режущего инструмента, состоящего из двух фрез — цилиндрической и торцовой, — позволяющего производить одновременно обработку двух смежных сторон детали за один проход, дает возможность создать новые, более рациональные по конструкции деревообрабатывающие станки и линии для обработки брусковых деталей.

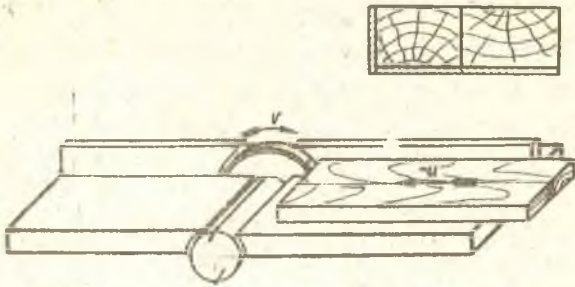


Рис.2. Схема фугования пласти и кромки заготовки.

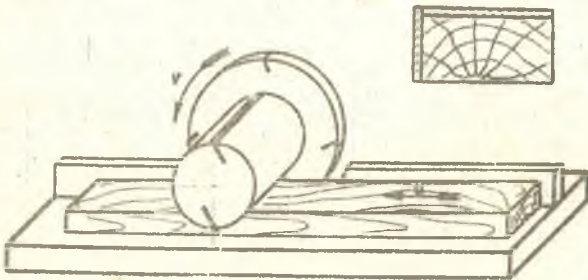


Рис.3. Схема обработки заготовки по толщине с одновременной обработкой кромки,

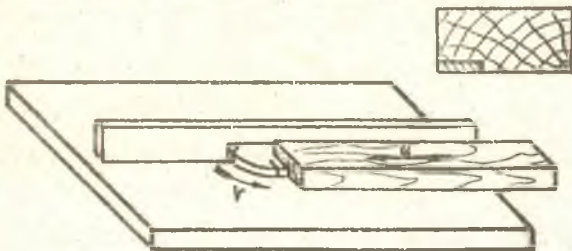


Рис.4. Схема выборки четвертки торцовой фрезой.

Некоторые варианты схем обработки комбинированным режущим инструментом приведены на рис. 2 и 3.

Кроме указанных выше схем обработки, торцовые фрезы могут быть успешно применены взамен цилиндрических при выборке в деталях четверти (рис. 4). Чистота поверхности, обработанная торцовой стороной фрезы, в этом случае будет значительно выше, чем при выборке таких же четвертей цилиндрической фрезой.

Важным фактором, обуславливающим дальнейшее применение торцовых фрез в деревообработке, является возможность более простого (по сравнению с цилиндрическим) решения вопроса увеличения их стойкости путем оснащения резаков твердыми сплавами. В современной деревообрабатывающей промышленности, требующей обработки переклейных деталей и деталей из древесностружечных плит, содержащих твердые смолы, вопрос повышения стойкости режущего инструмента имеет первостепенное значение.

ВО ВТОРОЙ ГЛАВЕ — теоретические исследования рассматриваются четыре вопроса.

I. Сопоставительный анализ некоторых факторов процесса резания при цилиндрическом и торцовом фрезеровании.

I. Врезание резца в древесину.

При цилиндрическом фрезеровании резец начинает отделять стружку в той точке дуги контакта, где ее толщина достигает определенной величины, превышающей радиус затупления лезвия. До достижения этой точки резец скользит по материалу и усиленно деформирует его. Понятно, что явление скольжения отрицательно сказывается на процессе резания, так как при этом возникает сила, отжимающая материал от

режущего инструмента, и происходит более быстрый износ реза по вадной грани. Эти теоретические предпосылки о врезании реза при цилиндрическом фрезеровании подтверждены в работе экспериментально.

При торцовом фрезеровании (см. рис. 5) врезание реза в древесину происходит при толщине стружки, значительно превышающей радиус затупления реза. Поэтому указанное выше скольжение и связанные с ним нежелательные явления в данном случае не будут иметь места.

2. Чистота обрабатываемой поверхности.

Одним из неизбежных видов неровностей, которые обуславливаются кинематикой резания при цилиндрическом фрезеровании, является кинематическая волнистость. Глубина неровностей (H), образованных кинематической волнистостью, определяется по уравнению (I)

$$H = \frac{125 \cdot 10^3 \cdot U^2}{R \cdot z^2 \cdot n^2} \text{ мм}, \quad (I)$$

где: U — скорость подачи в м/мин;

R — радиус резания фрезы в мм;

z — число резцов, формирующих поверхность обработки;

n — число оборотов режущего инструмента в минуту.

Хотя кинематические неровности на практике не всегда являются преобладающими, тем не менее данный вид неровностей является весьма нежелательным при операциях склеивания и особенно при фанеровании.

При обработке торцовыми фрезами кинематическая волнистость исключается. Применительно к уравнению (I) в данном случае можно предположить, что $R = \infty$, а, следовательно, $H = 0$.

Из анализа схемы торцового фрезерования (рис. 5) видно, что формирование обрабатываемой поверхности в данном случае происходит при переменном угле пересечения лезвием реза волокон древесины (ω). Известно, что угол ω оказывает существенное влияние на величину

неровностей разрушения (при уменьшении ω глубина неровностей возрастает). Однако результаты опытов Н.А.Кряжева по торцово-коническому фрезерованию и наши предварительные исследования по торцовому фрезерованию показали, что в определенных пределах угла пересечения ($\omega \approx 90 \pm 40^\circ$) может быть получена высокая чистота обработки, порядка $\nabla \partial 9$ по ГОСТ 7016-54 "Чистоты поверхности древесины".

3. Стойкость резцов.

Стойкость резцов зависит от многих факторов, к числу которых можно отнести: физико-механические свойства материала резцов, породе древесины или структуру древесного материала, направление резания, геометрию резцов, путь резания, кинематику резания и другие.

Отсутствие данных по влиянию ряда перечисленных факторов на стойкость резцов при цилиндрическом фрезеровании, а также данных по затуплению резцов при торцовом фрезеровании, не позволяют дать полный анализ относительной стойкости резцов при сопоставляемых методах фрезерования.

Понятным является факт, что путь резания резца (дуга контакта) при торцовом фрезеровании будет значительно большим, чем при цилиндрическом. Поэтому следует ожидать, что при прочих равных условиях стойкость резцов при торцовом фрезеровании будет меньшая. Численное значение показателя относительной стойкости, с учетом всех факторов, может быть определено только экспериментальным путем.

В последние годы значительное применение получил режущий инструмент, оснащенный пластинками из твердых сплавов. Торцовые фрезы, предназначенные для обработки плоских поверхностей, имеющие гораздо меньшие размеры резцов по сравнению с цилиндрическими, легко

могут быть оснащены твердыми сплавами, что значительно увеличит их стойкость.

4. Равномерность процесса резания.

При обработке плоских поверхностей цилиндрическими фрезами в каждый данный момент резания в работе участвует только один резец. Следовательно, за время одного оборота фрезы сила резания изменяется от нуля до своего максимума столько раз сколько раз окошко в данной фрезе установлено работающих резцов, а обрабатываемый материал воспринимает на себя такое же количество ударов. Кроме того, неравномерность резания при цилиндрическом фрезеровании значительно увеличивается при наличии разности в радиусах резания отдельных резцов. Замеренная нами в производственных условиях средняя величина этой разности составляет:

для фуговальных станков	0,127 мм
для рейсмусовых станков	0,42 мм
для рейсмусовых станков, оборудованных заточным приспособлением	0,023 мм
для четырехсторонних станков	0,412 мм
для шипорезных станков	0,325 мм
для фрезерных станков	0,191 мм

Проведенные расчеты применительно к производственным режимам обработки при указанных выше разностях в радиусах резания резцов показали, что во всех случаях формирование обрабатываемой поверхности производится одним наиболее выступающим резцом. Резец с меньшим радиусом срезает значительно меньшую по длине и толщине стружку, а в ряде случаев вообще не участвует в работе.

Получены расчетные уравнения для различных режимов фрезерования, по которым определяется величина разности в радиусах резания

(τ) для случаев:

а) резец меньшего радиуса не будет формировать обрабатываемую поверхность

$$\tau \geq \frac{U_2^2}{R+z} \quad \text{мм}, \quad (2)$$

б) резец с меньшим радиусом резания не будет срезать стружки

$$\tau \geq \frac{2U_2 \sqrt{2Rh - h^2} - U_2^2}{R+z} \quad \text{мм}, \quad (3)$$

где: U_2 - расчетная подача на резец в мм,

R и z - соответственно больший и меньший радиусы резания резцов в мм;

h - высота снимаемого слоя в мм.

По расчетным уравнениям построена номограмма, позволяющая анализировать процесс фрезерования с учетом имеющейся разности в точности установки резцов / 2 /.

При торцовом фрезеровании (см. схему рис.5) дуга контакта резцов с древесиной значительно большая, чем при цилиндрическом, и при определенных значениях параметров фрезерования может иметь место непрерывный процесс резания. Это будет при условии, если контактный угол ($\varphi_{R_1-R_2}$) между смежными резцами торцовой фрезы не будет превышать величины угла контакта, т.е.

$$\varphi_{R_1-R_2} = \alpha z c \cos \frac{R(A+B)}{R} - \alpha z c \cos \frac{R-A}{R} \quad (4)$$

Кроме того, толщина стружки, срезаемой боковыми резцами при торцовой фрезеровании, практически будет большая, чем при цилиндрическом, и приведенная выше разность в установке резцов окажет значительно меньшее влияние на равномерность процесса резания.

П. Основные кинематические соотношения при торцовом фрезеровании

Для анализа исследуемого процесса торцового фрезерования необходимо знать связи между угловыми и линейными параметрами фрезы, толщиной стружки, подачей на резец, углом встречи, углом пересечения, шириной фрезерования и другими параметрами.

Указанные связи могут быть получены из схемы процесса фрезерования, показанной на рис.5.

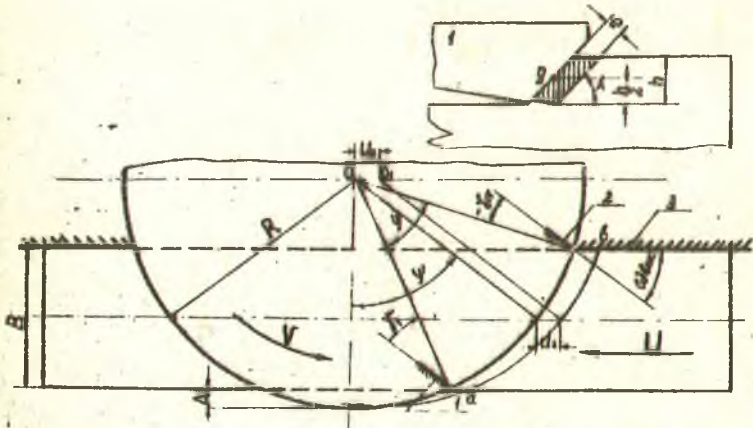


Рис.5. Схема несимметричного встречного торцового фрезерования. 1 - боковой резец, 2 - торцовый резец, 3 - упорная линейка.

На схеме показаны:

- ψ - угол встречи,
- φ - угол пересечения волокон при выходе резца из древесины,
- φ - угол контакта резца с древесиной,
- $ab(\varphi)$ - дуга контакта,

- e - толщина стружки,
 δ_{II} - угол установки торцового резца,
 δ_I - угол установки бокового резца,
 λ - угол наклона главного лезвия к плоскости обработки,
 h - высота снимаемого слоя,
 U_z - подача на резец,
 R - радиус фрезы,
 B - ширина обрабатываемого материала,
 A - вылет фрезы.

Из схемы рис.5 получены следующие уравнения связи:

$$\psi_{вх} = \arccos \frac{R-A}{R} \quad (5)$$

$$\psi_{вых} = \arccos \frac{R-(A+B)}{R} \quad (6)$$

$$\omega_{вх} = \arcsin \frac{R-A}{R} - \delta_{IT} \quad (7)$$

$$\omega_{вых} = \arcsin \frac{R-(A+B)}{R} - \delta_{IT} \quad (8)$$

$$\varphi = \arccos \frac{R-(A+B)}{R} - \arccos \frac{R-A}{R} \quad (9)$$

$$-l = R \left(\arccos \frac{R-(A+B)}{R} - \arccos \frac{R-A}{R} \right) \quad (10)$$

$$l_{\varphi} = U_z \cdot \sin \lambda \cdot \sin \varphi \quad (11)$$

Приведенные уравнения позволяют определять численные значения основных кинематических параметров исследуемого процесса торцового фрезерования.

Ш. Требования, предъявляемые к угловым параметрам торцовой фрезы

Торцовая фреза представляет собой диск, на котором расположены боковые (главные) и торцовые (вспомогательные) режущие лезвия. Боковые лезвия работают по принципу полузакрытого цилиндрического (или конического) фрезерования и производят основную работу резания (грубое строгание), а торцовые лезвия производят зачистку обрабатываемой поверхности.

Анализируя процесс обработки торцовыми фрезами при несимметричном встречном фрезеровании с точки зрения основных положений теории резания древесины, можно видеть, что в целях создания условий для более рационального процесса резания необходимо, чтобы лезвия боковых резцов были установлены под углом наклона к плоскости обработки. Наклон боковых лезвий изменяет положение плоскости резания по отношению к волокнам древесины с продольно-торцового к продольно-торцово-поперечному направлению. При этом уменьшается также и толщина срезаемой стружки (e_λ)

$$e_\lambda = \frac{e}{\sin \lambda} \quad (12)$$

где e — толщина стружки при $\lambda = 90^\circ$.

Придание угла наклона боковому лезвию приводит также к изменению его положения в плоскости резания. Это положение лезвия в плоскости резания определяется значением угла скоса (ρ'). Наличие угла скоса способствует более легкому входу и выходу резца из древесины. Последнее является весьма важным, так как способствует устранению сколов при выходе резца.

Другие угловые параметры бокового резца (δ, β и α) должны быть в пределах тех значений, которые в настоящее время при-

няты промышленностью при фрезеровании.

Анализ чистоты поверхности при торцовом фрезеровании (см. стр. 8) показывает, что для получения чистой обработки необходимо, чтобы угол пересечения волокон в процессе резания лезвием, формирующей поверхность обработки, находился в пределах примерно $90 \pm 40^\circ$.

Выполнение указанных выше требований, предъявляемых к торцовой фрезе, имеющей плоскую форму резцов, может быть осуществлено при условии установки в ней двух видов резцов — боковых и торцовых. Схема расположения резцов показана на рис. 6.

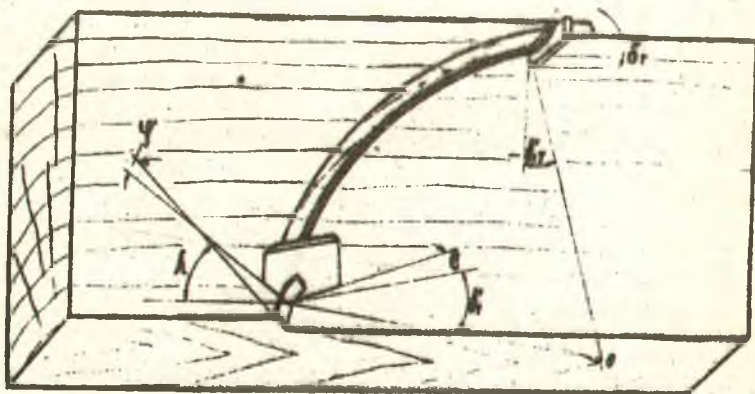


Рис. 6. Схема расположения резцов торцовой фрезы:

λ — угол наклона главного лезвия бокового резца к плоскости обработки, φ — угол сноса, ε — угол поднутрения, δ — угол установки, δ — угол резания торцового резца, $\delta_{г}$ — угол установки торцового резца.

IV. Связь между угловыми параметрами торцевой фрезы.

Установление связей между углом наклона, передним углом, углом установки и углом скоса бокового реза (см. рис. 6) является необходимым при изучении угловых параметров торцевой фрезы.

В результате анализа характера изменения угловых параметров реза при изменении угла наклона и путем расчетов получены следующие уравнения связи:

$$\sin \lambda = \frac{\operatorname{tg} \delta'}{\operatorname{tg} \delta} \quad (13)$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = \cos \lambda \cdot \operatorname{tg} \delta' \quad (14)$$

Указанные уравнения удобно решать при помощи номограммы, приведенной на рис. 7.

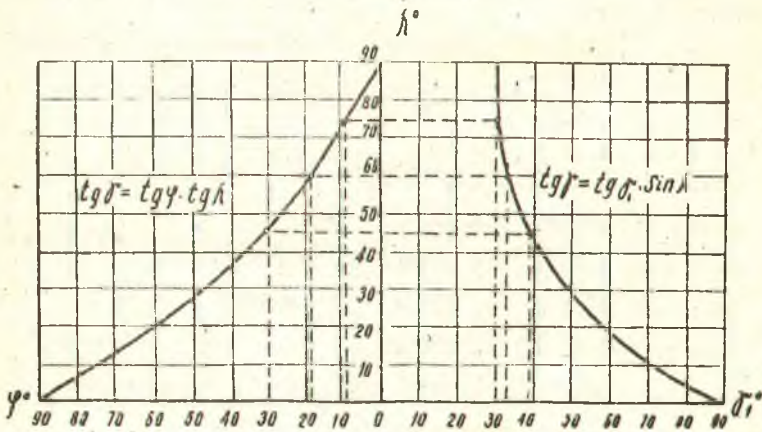


Рис. 7. Номограмма для определения углов δ , δ' и φ' при изменении угла λ .

Величина угла установки торцового резца при заданном значении угла пересечения волокон зависит от радиуса фрезы, ширины фрезерования, от расположения заготовки по отношению к фрезе и определяется по уравнению:

$$\gamma_{tr} = \arcsin \frac{R - (A+B)}{R} - \omega \quad (15)$$

Другие угловые параметры торцового резца определяются по общеизвестным уравнениям.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ — методика проведения экспериментов — подробно рассмотрены факторы, влияющие на процесс торцового фрезерования, определены пределы изменения исследуемых факторов, составлены методические схемы экспериментов, приведено описание экспериментальной установки, опытной конструкции торцовой фрезы, а также определена последовательность проведения экспериментов и порядок обработки их результатов.

Рассмотрены факторы, относящиеся к обрабатываемому материалу, режущему инструменту и режимам фрезерования. Часть факторов приняты постоянными:

1. Влажность материала, $W = 9 \pm 1\%$.
2. Радиус затупления резцов, $\rho \approx 10 \text{ мк}$.
3. Угол резания главного лезвия бокового резца, $\delta = 60^\circ$.
4. Угол заточки бокового резца, $\beta = 40^\circ$.
5. Диаметр фрезы $D = 250 \text{ мм}$.

Независимые переменные факторы изучались в пределах, несколько превышающих их практические значения:

угол поднутрения, ϵ от 0,5 до 5° ;

угол наклона главного лезвия, λ от 90° до 45° ;

передний угол торцового резца, δ_r от 15 до 45°;
 угол установки торцового резца, δ_{r1} от 30 до - 45°;
 подача на резец, U_2 от 0,4 до 2,7 мм;
 толщина снимаемого слоя, h от 1,5 до 5 мм;
 ширина фрезерования, B от 40 до 100 мм;
 скорость резания, V от 23,7 до 61 м/сек.

Зависимыми изучаемыми факторами являлись удельное сопротивление резанию (K в $\frac{\text{кг}}{\text{мм}^2}$) и чистота обрабатываемой поверхности (Имако в мк).

Все исследования проводились для двух пород древесины — осины и дуба, как наиболее широко применяемых и обладающих различными физико-механическими свойствами. Подбор материала для исследований производился с учетом числа годовичных слоев на 1 см, процента поздней древесины, объемного веса, предела прочности при сжатии вдоль волокон и торцовой твердости. Длина образцов принята с учетом инерционности экспериментальной установки 800–1050 мм.

Все эксперименты разбиты на пять серий "А", "Б", "В", "Г" и "Д".

Эксперименты первых трех серий предназначаются для определения угловых параметров резцов торцовой фрезы (ϵ , λ , δ_r и δ_{r1}).

Эксперименты остальных двух серий проводятся при постоянных значениях угловых параметров резцов, принятых с учетом результатов предыдущих серий экспериментов, и предназначены для определения рациональных режимов торцового фрезерования.

Для проведения исследований была создана специальная экспериментальная установка на базе фрезерного станка Ф-3. Подача материала осуществлялась тяговым приспособлением.

Режущим инструментом являлись разработанные опытные торцовые фрезы. Инструкция фрезы, которая назначалась для определения оптимальных значений углов, позволяла изменять угловые параметры резания в пределах, оговоренных в условиях проведения экспериментов.

Мощность резания регистрировалась самопишущим киловаттметром. Показания самопишущего киловаттметра контролировались комплектом контрольно-измерительных приборов.

Чистота обрабатываемой поверхности измерялась приборами МИС-II и ТСП-2 в соответствии с ГОСТ 7016-54 "Чистота поверхности древесины".

Опытные данные обрабатывались методом математической статистики.

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ - приводятся результаты экспериментов.

1. Эксперименты серии "А".

В этой серии экспериментов определено влияние угла поднутрения вспомогательного лезвия бокового реза (ϵ) на удельное сопротивление резанию (K). Характер изменения K от ϵ при обработке сосны для различных значений u_2 показан на рис.8.

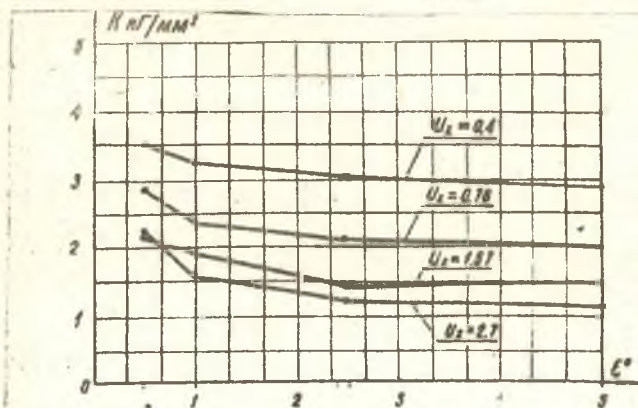


Рис.8. Влияние угла поднутрения на удельное сопротивление резанию ($v = 36,7$ м/сек, $B = 60$ мм).

Из графика видно, что при изменении угла ϵ от $0,5$ до $2,5^\circ$ уменьшается, а при изменении от $2,5$ до 5° практически остается постоянным.

Значение угла $\epsilon = 2,5^\circ$ следует считать оптимальным для данных режимов фрезерования.

Для дуба, при тех же режимах фрезерования, экспериментами установлен оптимальный угол $\epsilon = 1,5^\circ$.

Разница в значениях углов ϵ для сосны и дуба объясняется различием в упругом восстановлении древесины этих пород.

2. Эксперименты серии "Б".

Результаты экспериментов показывают, что при изменении угла наклона главного лезвия (λ) от 90 до 45° удельное сопротивление резанию как при обработке сосны, так и дуба уменьшается. Это можно объяснить изменением положения плоскости резания по отношению к волокнам древесины.

Однако более существенным фактором, положительно влияющим на процесс фрезерования, при уменьшении угла λ является характер стружкообразования.

При уменьшении угла λ улучшается чистота среза, осуществляемая главным лезвием бокового резца и значительно уменьшаются размеры и количество сколов в срезаемом слое. Значительно уменьшаются также размеры сколов при выходе резца из древесины, а при наличии упора (направляющей линейки) они практически исключаются.

По результатам экспериментов оптимальным углом λ при принятых режимах фрезерования и конструкции фрезы следует считать угол $\lambda = 45^\circ$.

3. Эксперименты серии "В".

В данной серии экспериментов изучалось влияние переднего угла (δ_f) и угла установки (δ_{1T}) торцового реза на чистоту обрабатываемой поверхности ($H_{\text{макс}}$).

Зависимость изменения $H_{\text{макс}}$ от угла δ_{1T} при обработке осей показана на графике рис.9.

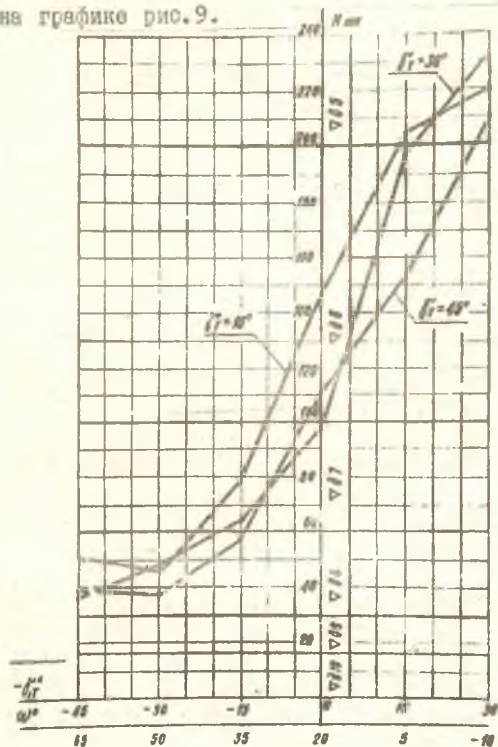


Рис.9. Влияние угла установки торцового реза на чистоту обрабатываемой поверхности ($\delta_f = 60$ мм, $v = 36,7$ м/сек, $l_z = 1,58$ мм).

Анализ результатов экспериментов показывает, что угол $\delta_r = 45^\circ$ обеспечивает более высокую чистоту поверхности. С учетом других угловых параметров торцового резца, а именно: заднего угла и угла заточки, следует рекомендовать как при обработке сосны, так и дуба $\delta_r = 40-45^\circ$.

Весьма существенное влияние на чистоту поверхности оказывает угол δ_{1r} . Изменение угла δ_{1r} , при прочих постоянных параметрах фрезерования, приводит к изменению угла пересечения волокон (ω) (см. уравнение (15)), который и предопределяет чистоту обрабатываемой поверхности.

Минимальным значением угла ω по результатам экспериментов следует считать:

$$\text{для сосны } \omega_{\min} \approx 40^\circ,$$

$$\text{для дуба } \omega_{\min} \approx 35^\circ.$$

4. Эксперименты серии "Г" и "Д".

В этих сериях экспериментов исследовалось влияние режимных факторов U_x , h , B и v процесса торцового фрезерования на удельное сопротивление резанию и чистоту обрабатываемой поверхности. В результате получены следующие уравнения связи:

а) при обработке сосны

$$K_{x2} = \frac{0,55L}{\delta} + \frac{1,03}{h^{0,5}} + 0,0024B \text{ кг/мм}^2, \quad (16)$$

б) при обработке дуба

$$K_{x2} = \frac{0,75}{\delta} + \frac{1,72}{h^{0,45}} + 0,0024B \text{ кг/мм}^2; \quad (17)$$

$$K_{x2} = \frac{0,75}{\delta} + \frac{1,70}{h^{0,47}} + 0,0048B \text{ кг/мм}^2; \quad (18)$$

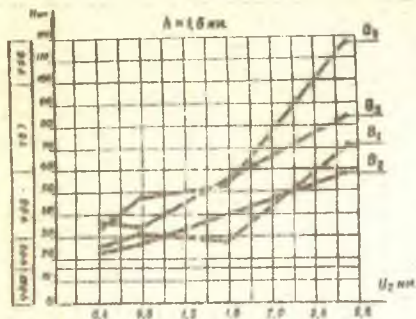


Рис.11. Влияние ширины фрезерования на чистоту поверхности ($V = 36,7$ м/сек, $U_{z1} = 0,4$ мм, $U_{z2} = 0,78$ мм, $U_{z3} = 1,58$ мм, $U_{z4} = 2,7$ мм).

Рис.10. Влияние подачи на резец на чистоту поверхности ($V = 36,7$ м/сек, $L_1 = 40$ мм, $B_2 = 60$ мм, $B_3 = 80$ мм, $B_4 = 100$ мм).

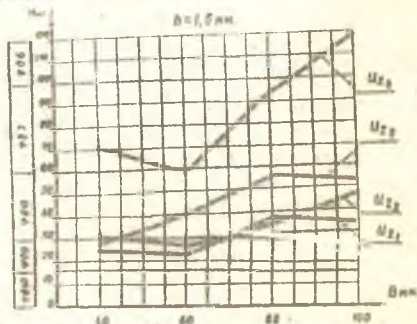


Рис.12. Влияние толщины снимаемого слоя на чистоту поверхности ($V = 36,7$ м/сек, $U_{z1} = 0,4$ мм, $U_{z2} = 0,78$ мм, $U_{z3} = 1,58$ мм, $U_{z4} = 2,7$ мм).

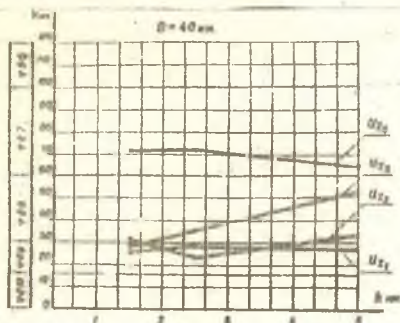
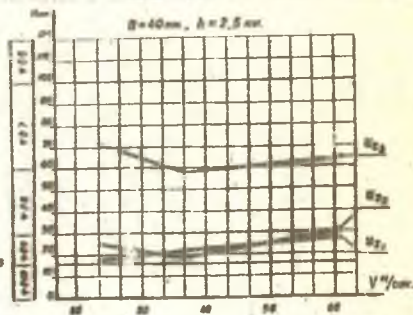


Рис.13. Влияние скорости резания на чистоту поверхности при обработке дуба ($U_{z1} = 0,78$ мм, $U_{z2} = 1,58$ мм, $U_{z3} = 2,7$ мм).



$$K = \frac{0,75}{8} + \frac{1,83}{\sqrt{0,43}} + 0,0057B \text{ кг/мм}^2 \quad (19)$$

$$(V_1 = 23,6 \text{ м/сек}, V_2 = 36,7 \text{ м/сек}, V_3 = 61,0 \text{ м/сек})$$

Уравнения (16), (17), (18) и (19) в пределах тех значений переменных факторов, которые были приняты при экспериментировании, позволяют производить анализ и расчет процесса торцового фрезерования.

Величина и характер влияния исследуемых факторов u_x, h, B на чистоту поверхности при обработке сосны показан на графиках рис.10,11 и 12. При обработке дуба характер влияния этих же факторов аналогичен, однако численные значения различны. При прочих равных условиях фрезерования глубина неровностей при обработке сосны большая чем при обработке дуба.

Согласно результатам экспериментов, скорость резания в исследуемых пределах не оказывает влияния на чистоту поверхности (см. график рис.13).

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании выполненных в работе теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Для обработки плоских поверхностей брусковых деталей, наряду с методом цилиндрического фрезерования, может успешно быть применен метод торцового фрезерования, который свободен от ряда недостатков, присущих цилиндрическому фрезерованию.

2. Торцовые фрезы для чистовой обработки плоских поверхностей при встречном фрезеровании должны быть оснащены двумя видами резцов - боковыми и торцовыми. Наличие двух видов резцов позволяет устанавливать их в корпусе фрезы с угловыми параметрами, учитывая

лющими кинематику резания и волокнисто-слоистое строение древесины.

3. Наиболее существенное влияние на процесс торцового фрезерования оказывают угол наклона бокового резца λ и угол пересечения волокон древесины лезвием торцового резца ω . Между указанными углами и другими параметрами установлены математические связи.

4. Оптимальными угловыми параметрами резцов торцовой фрезы в пределах исследованных режимов фрезерования можно считать:

а) угол поднутрения вспомогательного лезвия бокового резца для дуба $\xi = 1,5^\circ$, для сосны $\xi = 2,5^\circ$.

б) угол наклона главного лезвия бокового резца $\lambda = 45^\circ$;

в) передний угол торцового резца $\gamma_r = 40-45^\circ$;

г) угол установки торцового резца γ_{r1} определяется с учетом минимально допустимого угла пересечения.

5. При торцовом фрезеровании в пределах $u_z = 0,4-2,7$ мм удельная сила резания находится в линейной зависимости от толщины стружки.

6. Полученные в результате исследований уравнения связи (I6-I9) могут быть использованы при расчете усилия резания торцового фрезерования.

7. На чистоту обрабатываемой поверхности оказывают влияние:

а) величина подачи на резец (u_z) -

с увеличением u_z от 0,4 до 1,58 мм глубина неровностей возрастает в среднем на 15 мк при обработке сосны, а при обработке дуба с увеличением u_z от 0,78 до 1,58 мм в среднем на 9 мк. Максимальная величина подачи, при которой глубина неровностей не превышает предела 8 класса чистоты, равна для сосны $u_z \approx 1,5$ мм и для дуба

$u_z \approx 2$ мм.

б) Ширина фрезерования (В) -

с увеличением В от 40 до 100 мм глубина неровностей увеличивается в среднем на 27 мк при обработке сосны и на 22 мк при обработке дуба.

в) Угол пересечения волокон (ω) - минимальным углом ω , при котором глубина неровностей не превышает VД 8 класса чистоты, при увеличении подачи на резец до 1,5-2 мм следует считать: для сосны $\omega = 40^\circ$, для дуба 35° .

8. Высота снимаемого слоя h практически не оказывает влияния на чистоту обрабатываемой поверхности.

9. Скорость резания в пределах 23,6 - 61,0 м/сек практически не оказывает влияния на чистоту обрабатываемой поверхности при торцовом фрезеровании.

10. Полученные результаты исследований могут быть использованы при разработке промышленных конструкций торцовых фрез и станков с торцовым режимом инструментом, а также для расчета режимов фрезерования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО
В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

†1. О механизации процесса базирования заготовок, журнал "Деревообрабатывающая промышленность" № 10, 1959.

†2. О точности установки режущих ножей при цилиндрическом фрезеровании. Сборник научных трудов, выпуск XI, БЛТИ, 1959.

†3. Применение торцовых фрез для модернизации фуговальных станков, журнал "Лесоинженерное дело" № 1, 1959.

†4. Применение торцовых фрез в мебельном производстве, тезисы доклада, материалы межвузовской научно-технической конференции, посвященной проблеме "Совершенствование производства мебели", Минск, 1959.

†5. Обработка фитарейных филенок торцовыми фрезами. "Бюллетень технико-экономической информации Совнархоза БССР" № 7, 1959.

†6. О торцовом фрезеровании, "Материалы научно-технической конференции БЛТИ им.С.М.Кирова, издательство Академия наук БССР, 1959.

†7. О возможности использования торцовых фрез в деревообработке, материалы научно-технического совещания "Рациональные режимы резания и оптимальные конструкции режущего инструмента для обработки древесины", Ленинград, 1960.

АТ 07803 ЗАК. 161 ТИРАЖ 200 ЭКЗ.

ОТПЕЧАТАНО НА РОТОПРИНТЕ БТИ.им.С.М.КИРОВА

Свердлова, 13.