

УДК 630*652.54

А. А. Гришкевич, В. В. Раповец, В. Н. Гаранин, А. Ф. Аникеенко
Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», Минск

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА С ИЗМЕНЯЕМЫМИ УГЛАМИ ПЕРЕДНИМ И НАКЛОНА КРОМКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Выполнен анализ существующих конструкций насадного фрезерного дереворежущего инструмента, на основании которого определены основные параметры фрез. Предложена к использованию новая конструкция сборной фрезы с изменяемыми углами передним и наклона кромки, обеспечивающая улучшенные характеристики перед существующими конструкциями инструментов. Проведены исследования на работоспособность новой фрезы, а также представлены основные полученные результаты, которые позволили определить пути дальнейшего совершенствования фрезерного дереворежущего инструмента.

Ключевые слова: фреза, угол наклона кромки, мощность резания, стружка, период стойкости.

Введение. Деревообрабатывающая промышленность Республики Беларусь находится в стадии активного развития технологий и оборудования для комплексной и экономически оправданной переработки древесины. В настоящее время отмечается существенный рост потребительского спроса на изделия из древесины или композитов на её основе. Освоение в производстве предприятиями концерна «Беллесбумпром» нового универсального фрезерного инструмента, обеспечивающего ресурс- и энерго-сбережение, сокращающего типоразмеры используемых на производстве фрез, позволит повысить эффективность производства и частично выполнить республиканскую программу замещения импорта.

Для повышения технического уровня и эффективности использования деревообрабатывающего оборудования большое значение имеет улучшение качества режущего инструмента.

Высокопроизводительная и качественная механическая обработка древесины и древесных материалов во многом зависит от рациональной эксплуатации инструмента. Под рациональной эксплуатацией понимается создание таких условий его использования, которые обеспечивают производительную и качественную обработку деталей. К этим условиям относятся: правильный выбор инструментального материала, конструкции, угловые параметры, оптимальные режимы резания и выполнение мероприятий по подготовке инструмента к работе.

В настоящее время в Республике Беларусь применяют в основном импортный дорогостоящий фрезерный дереворежущий инструмент ведущих зарубежных фирм Leitz, AKE, LEUCO, Faba, JSO и др.

Одно из важнейших направлений в совершенствовании режущего инструмента, используемого в автоматизированном производстве, — разработка конструкций с изменяемыми линейными и угловыми параметрами. Это позволяет повысить производительность оборудования (за счёт скорости резания и подачи, настройки оборудования, сокращения простоев из-за правок и поломок инструмента и др.); улучшить качество обработки (шероховатость поверхности, точность обработки); уменьшить износ станков за счёт снижения мощности на резание; сократить добавочные операции технологического процесса изготовления деталей из-за плохого качества и неточности сопрягаемых изделий (пригонка, шлифование и т. д.); уменьшить расход сырья на изготовление изделия (большие припуски на обработку, отходы в брак).

Поэтому разработка конструкции энергоэффективного фрезерного инструмента для механической обработки древесных материалов является актуальной задачей для деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь.

Основная часть. Анализ путей развития насадного и хвостового фрезерного инструмента [1], используемого в деревообрабатывающей промышленности для производства мебели, показал следующее: 1) развитие инструмента идёт в направлении повышения частот вращения инструмента и снижения его массы в целях повышения качества обработанной поверхности; 2) конструктивные особенности

крепления режущих элементов связаны с развитием технологий восстановления режущей способности лезвий и условиями работы инструмента. Проектирование систем крепления ножей происходит не только с учётом действующих на нож сил, но также и с учётом величины стачивания материала ножа при его восстановлении, а также количества возможных переточек режущих элементов; 3) создаются новые конструкции инструмента, позволяющие расширить возможности их эксплуатации.

Теоретическое исследование и обоснование конструкторско-технологических параметров новой энергоэффективной конструкции фрезерного инструмента для обработки древесных материалов на промышленных режимах показало, что основными её параметрами являются: диаметр резания (D), количество режущих элементов (z) и угловые характеристики инструмента (угол передний γ , угол наклона кромки λ и угол заострения β). Анализ других параметров фрез (материал корпуса и режущего элемента, ширина фрезерования) показал, что они лишь повышают функциональные возможности инструмента (период стойкости, ширину обработки) и коренным образом не влияют на условия его взаимодействия с обрабатываемым материалом, на что указывается в работе [2].

На основании рассчитанных параметров фрезы и с учётом авторского свидетельства [3] выполнена эскизная проработка инструмента, разработана конструкторская документация на новую конструкцию фрезы с изменяемыми углами передним и наклона кромки, изготовлен натурный образец (рисунок 1) и проведены лабораторные испытания на работоспособность данного фрезерного инструмента.

Для выполнения экспериментальных исследований была использована установка, которая создана на базе промышленного станка Unimat 23EL фирмы WEINIG (Германия) (рисунок 2) и находится в лаборатории кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Измерение мощности резания выполнялось с использованием программного обеспечения COMBIVIS5 путём снятия электрических параметров с частотного преобразователя электропривода управления механизмом резания станка (рисунок 3).

Для экспериментов были приняты следующие условия: заготовка — плита ламинированная ДСтП, толщина 17 мм (ширина фрезерования), скорость подачи V_s , равная 6 м / мин, припуск на обработку h , составляющий 2 мм. Перед каждым опытом ножи выставляются с помощью установки OptiControl на нужный угол. Все экспериментальные исследования работоспособности фрезы проводились при механической обработке древесного материала одним ножом с учётом данных, которые были представлены в авторском свидетельстве [4].

Была проведена серия экспериментальных исследований, подтверждающих работоспособность новой энергоэффективной конструкции фрезы. Результаты данных исследований представлены ниже.

1-й опыт. Сила резания $F_{рез}$ равна 0,22 Н, мощность холостого хода $P_{х.х}$ — 0,47 кВт, угол наклона кромки λ — 0°. Зададимся главной скоростью V , равной 35 м / с. На установке OptiControl было получено значение диаметра фрезы, которое впоследствии было нами использовано при расчётах диаметра D , равного 143,8 мм. Отсюда частота вращения при эксплуатации будет равна n , мин⁻¹:

$$n = \frac{60\,000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{60\,000 \cdot 35}{3,14 \cdot 143,8} = 4\,651.$$

Подача на нож S_z , мм, вычисляется по формуле

$$S_z = \frac{1\,000 \cdot V_s}{z \cdot n} = \frac{1\,000 \cdot 6}{2 \cdot 4\,651} = 1,29.$$



Рисунок 1. — Фреза сборная с изменяемыми углами передним и наклона кромки



Рисунок 2. — Оборудование для выполнения экспериментов

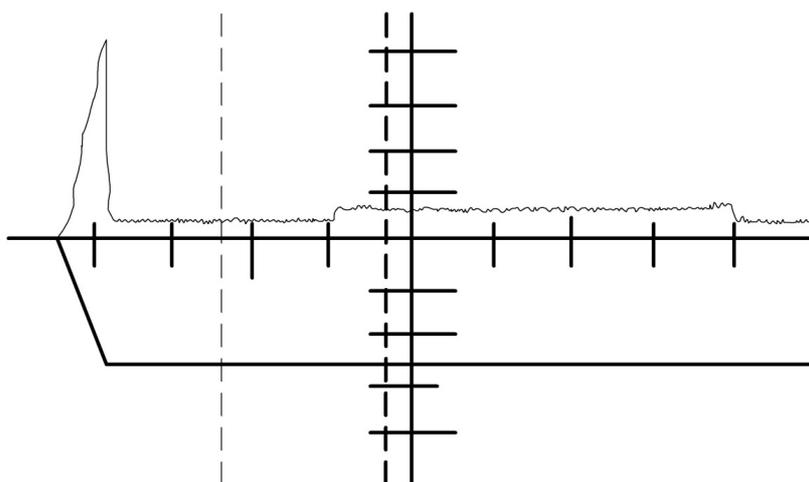


Рисунок 3. — Измерение потребляемой мощности

Толщина стружки e , мм, определяется из выражения

$$e = \sqrt{\frac{h}{D}} S_z = \sqrt{\frac{2}{143,8}} \cdot 1,29 = 0,15,$$

где h — припуск на обработку.

Измерительная система установки Unimat 23EL позволяла регистрировать изменение параметров мощности и частоты вращения во времени при обработке плитного (ДСтП) материала на заданных режимах и представлять в удобном для анализа графическом виде.

В результате проведённого опыта нож повернулся на некоторый угол, однако требуемое качество поверхности было получено. Из расчётов видно, что нож формирует макростружку, т. е. e составляет 0,152 мм.

2-й опыт. Сила резания $F_{рез}$ равна 0,29 Н, мощность холостого хода $P_{x. x}$ — 0,47 кВт, угол передний γ — 20°. Рассматриваем два крайних положения, угол наклона кромки λ равен 0°. Зададим скорость главного движения V , равную 35 м / с. На установке OptiControl было измерено значение диаметра фрезы D , составившее 143,8 мм.

После проведения опыта нож не изменил своего положения, но на поверхности присутствовали кинематические неровности, значение которых менялось в диапазоне 0,5 мм.

3-й опыт. Сила резания $F_{рез}$ равна 0,22 Н, мощность холостого хода $P_{x. x}$ — 0,47 кВт, угол в плане λ составляет 15° . Задаёмся скоростью главного движения V , равной 35 м / с. На установке OptiControl измерено значение диаметра фрезы D , составляющее 143,8 мм.

Отмечается изменение угла в плане на установке OptiControl после проведения опыта (рисунок 4).

После выполненного эксперимента нож развернулся на некоторый угол (см. рисунок 4). Присутствовало отклонение от плоскостности обработанной поверхности.

4-й опыт. Сила резания $F_{рез}$ равна 0,25 Н, мощность холостого хода $P_{x. x}$ — 0,47 кВт, угол наклона кромки λ составляет 30° . Задаёмся скоростью главного движения V , равной 35 м / с. На установке OptiControl было измерено значение диаметра фрезы D , составляющее 143,8 мм.

Эксперимент показал, что после обработки фрезой ДСтП присутствовали сколы на верхней и нижней пластях заготовки. Нож работал в зоне макростружки и устойчиво находился в креплении, в процессе работы не поменял своего положения.

5-й опыт. Сила резания $F_{рез}$ равна 0,52 Н, мощность холостого хода $P_{x. x}$ — 0,47 кВт. Задаёмся частотой вращения n , равной 10 000 мин⁻¹, угол наклона кромки λ принимаем равным 0° , угол передний γ — 20° . При фрезеровании использовали два ножа, не закреплённых монтажными винтами.

Опыт показал, что мощность и сила резания увеличились. Процесс резания характеризовался зоной микростружки (толщина стружки e составляла 0,0354 мм).

Подача на нож S_z равна 0,3 мм. В начале фрезерования наблюдалось значительное увеличение мощности (на 0,52 кВт, что составляло 27,8%). Это обуславливается тем, что нож при внедрении в древесину до высоты заданного припуска на обработку формировал стружку первоначальной толщины, не равной 0 ($e \neq 0$).

При этом углы передний и наклона кромки после фрезерования не поменяли своего значения. Ножедержатель находился в устойчивом положении за счёт сил инерции. Качество поверхности обработки оказалось соизмеримым с опытом № 4.

6-й опыт. Сила резания $F_{рез}$ равна 0,42 Н, мощность холостого хода $P_{x. x}$ — 1,66 кВт. Параметры обработки те же, что и в опыте № 5.

Частота вращения фрезы n составляла 12 000 мин⁻¹. В резании использованы два не закреплённых винтами ножа.

Опыт показал, что мощность и сила резания также увеличились. Процесс резания характеризовался зоной микростружки (толщина стружки e составила 0,02948 мм). Подача на нож S_z равна 0,25 мм.

После обработки получили высококачественную поверхность (рисунок 5). При работе ножа в зоне микростружки сколов не наблюдалось. Ножи минимально сместились по сравнению с первоначальным их положением (рисунок 6).

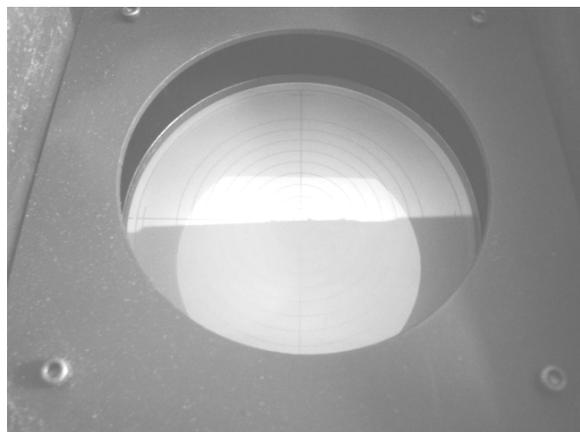


Рисунок 4. — Измерение угла наклона кромки на установке OptiControl

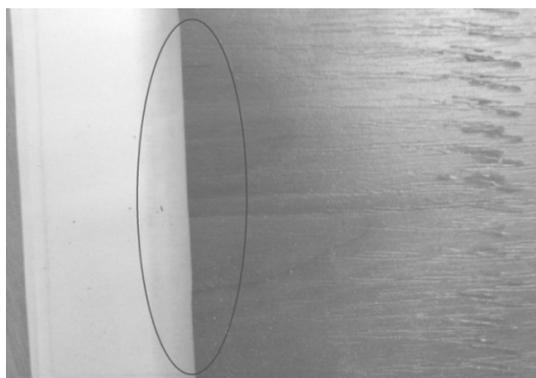


Рисунок 5. — Качество полученной поверхности

Заключение. Установлено, что в производстве элементов мебели при обработке плитных материалов (ДСтП, ДВП, МДФ и др.), наряду с хвостовыми, широко используются сборные конструкции насадных фрез диаметром 80...200 мм. Крепление инструментов, представляющих собой ножи одноразового использования, осуществляется механически (клиновым креплением, винтами или другим способом). Ширина фрезерования (высота обработки) составляет 4...30 мм. Выявлено, что существующие конструкции фрез имеют возможность изменения переднего и заднего угла в диапазоне $\pm 10^\circ$, угла наклона режущей кромки по отношению к оси вращения (цилиндрическое, коническое, торцевое фрезерование). Это даёт возмож-

ность снизить энергоёмкость процесса обработки и повысить период стойкости инструмента в зависимости от обрабатываемых материалов при конкретных режимах его эксплуатации, а также расширить технологические возможности инструмента.

Разработана конструкция энергоэффективного фрезерного инструмента. Особенность конструкции состоит в следующем: имеется возможность изменения переднего γ ($\pm 10^\circ$) или заднего α ($\pm 10^\circ$) углов; угла наклона кромки λ ($\pm 180^\circ$); угла между осью вращения и режущей кромкой ножа ($\pm 25^\circ$).

Конструкция новой сборной фрезы позволяет: уменьшить составляющие силы резания; повысить полный период стойкости инструмента по критерию качества (отсутствие сколов при обработке ламинированных древесностружечных плит, отрыва волокон, сколов при обработке древесины); оптимизировать угол λ по показателям качества обработанной поверхности (отклонение от плоскостности) и мощности на резание. Данная конструкция может стать универсальным инструментом при обработке различных видов материалов на деревоперерабатывающих предприятиях.

На основании краткого теоретического обзора, представленного в данной работе, авторы, изучив все достоинства и недостатки существующего фрезерного инструмента, предлагают работоспособную конструкцию энергоэффективного фрезерного инструмента с изменяемыми углами передним и наклона кромки для обработки древесины и древесных материалов. Работоспособность новой фрезы подтверждают лабораторные испытания, представленные в настоящей работе.

Однако необходимо отметить, что исследуемый инструмент является только первоначальным образцом принципиально нового типа фрез с подвижными ножами, который требует доработки и дальнейшего совершенствования. Над этим в настоящее время и работают авторы представленного материала.

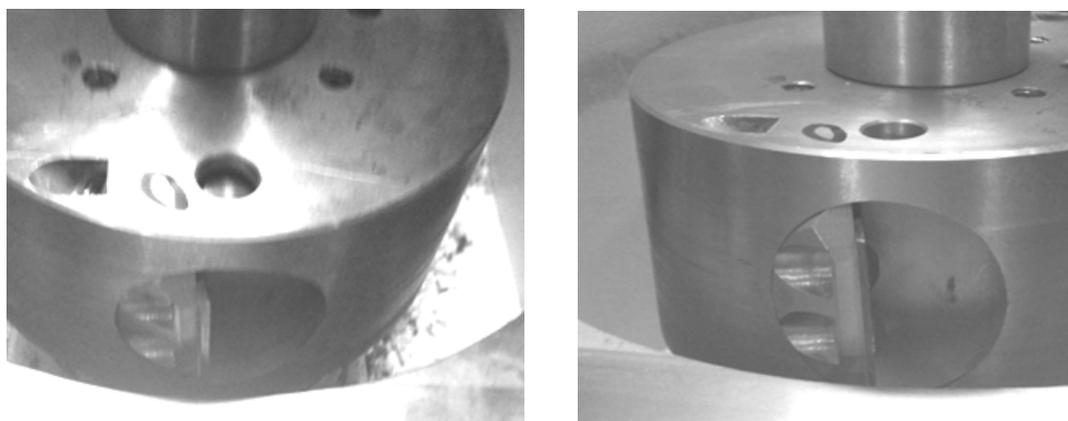


Рисунок 6. — Нож до и после обработки

Список цитируемых источников

1. Planing and profiling [Electronic resource]. URL: http://www.leitz.org/?cat_id=449 (date of access: 12.11.2014). ; Моисеев А. В. Износостойкость дереворежущего инструмента. М. : Лесная пром-сть, 1981. 112 с. ; Трусова Л. П. Применение инструмента с пластинками из твёрдого сплава в деревообрабатывающей промышленности. М. : Лесная пром-сть, 1963. 47 с. ; Каталог инструмента к фрезерному оборудованию фирмы Weinig. Таубербишевсхайм, 2008. 85 с. ; Насадной инструмент [Электронный ресурс]. URL: http://www.leuco.com/dateien/03-Cutters-with-Bore_RU.pdf. (дата обращения: 12.12.2014). ; Фрезерно-калибровочные машины ROTOLES [Электронный ресурс]. URL: http://www.ledinek.com/en/product/machine/rotoles_system.html. (дата обращения: 12.12.2014). ; Каталог JSO [Электронный ресурс]. URL: <http://www.js0.de/katalog/pages/index.php?l=EN>. (дата обращения: 12.12.2014). ; Дереворежущий инструмент отечественного и импортного производства : каталог. Минск : ИнтерКрим-пресс, 2006. 174 с. ; Каталог продуктов фирмы Faba [Электронный ресурс]. URL: <http://www.faba.pl/?pid=12>. (дата обращения: 01.02.2014). ; Каталог инструмента Freud [Электронный ресурс]. URL: <http://www.freud.it/page38b.do?sp=page38b&link=ln37e&dau24bkey.att49=302>. (дата обращения: 12.10.2014).
2. Гришкевич А. А., Аникеенко А. Ф., Гаранин В. Н. Особенности фрезерного сборного инструмента с изменяемыми углами: передним и наклона режущей кромки // Труды БГТУ. 2014. Сер. II (166) : Лесная и деревообрабатывающая пром-сть. С. 175—177.
3. Цилиндрическая фреза: а. с. 666080 СССР, МПК В 27 G 13/02. № 4839921; заявл. 09.08.76 ; опубл. 09.06.79, Бюл. № 21. 2 с.
4. А. с. 666080 СССР. С. 1—2.

The brief theoretical overviews of the milling wood-cutting tools used in the woodworking enterprises of the Republic of Belarus are under study in this article. They help to find the main disadvantages of the modern constructions milling tools. As a result, the new construction of the energy efficient milling tool with variable angles front and slope of the edge for processing wood materials is put forward.

The construction of the milling tool on offer has some advantages over the existing milling tools. The main advantage of it is the versatility in the production of various profiles and energy efficiency. The laboratory research has proved the advantages of the developed tool.

Key words: the milling tool, the angle of the edge, cutting power, shavings, durability.