

Гаранин В.Н. (БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь)
garanin@wmt.by

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДВИЖНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФРЕЗ С ПРИВОДОМ МЕХАНИЗМА РЕЗАНИЯ СТАНКА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Теоретически исследовано влияние дополнительной степени подвижности насадной фрезы на формирование кинематических неровностей обработки.

Существует большое количество фрезерного инструмента для обработки древесины и древесных материалов [1]. Общее, что их объединяет, – наличие жесткой связи между инструментом и шпинделем станка. При получении методом фрезерования строганой поверхности при такой связи образуются вынужденные дефекты обработки – кинематические неровности, которые являются следствием «жесткой» кинематики (по циклоиде) взаимодействия режущего элемента инструмента с обрабатываемым материалом. Для получения поверхности лучшего качества при такой связи инструмента с приводом необходимо либо снижать скорость подачи материала, что ведет к снижению производительности оборудования, либо повышать скорость резания, число резцов на цилиндрическом инструменте и диаметр инструмента, что ведет к повышению динамической нагрузки на элементы станка, усложнению конструкции и веса инструмента.

Задачей настоящей работы следует считать анализ способа установки инструмента на шпиндель станка, позволяющего повысить качество обработанной поверхности без снижения производительности оборудования, без увеличения и усложнения конструкции инструмента, а также без повышения скорости привода резания.

К наиболее распространенному способу установки цилиндрического фрезерного инструмента следует отнести способ, описанный в литературе [2]. Указанный способ установки насадных фрез на шпиндель станка предусматривает его крепление к шпинделю для передачи крутящего момента. Однако такое крепление инструмента приводит к циклоидной траектории взаимодействия режущих элементов с обрабатываемым материалом и, как результат, появлению дефектов в виде кинематических неровностей (рисунок 1).

Плохое качество



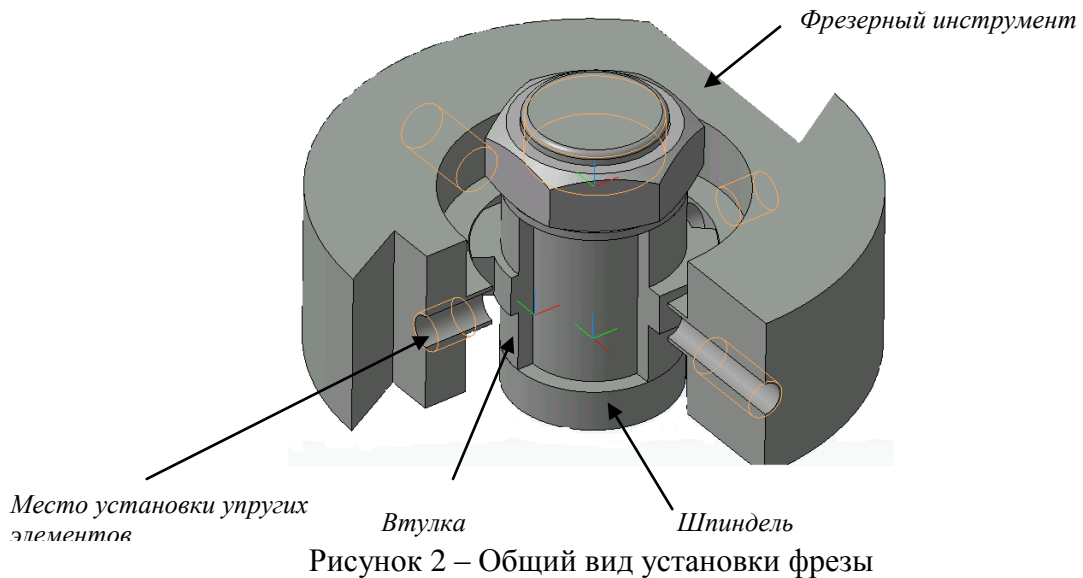
Хорошее качество



Рисунок 1 – Качество обработанных поверхностей методом цилиндрического фрезерования.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать способ взаимодействия фрезерного инструмента с приводом станка, позволяющий разрушить «жесткую» циклоиду, по которой происходит формирование поверхности обработки фрезерованием. Для этого предлагается использовать дополнительную степень свободы вращения фрезерного инструмента (рисунок 2) относительно шпинделя станка, что в ко-

в конечном итоге позволит обеспечить снижение высоты кинематических неровностей $H=R_{zmax}$ на величину ΔH (рисунок 3) и повысить качество обработанной поверхности.



Основная проблема при данном взаимодействии заключается в небольшом времени формирования поверхности обработки и высокой инерционности работающего инструмента. Хорошим решением в данной ситуации будет использование вынужденных колебаний, амплитуда которых не должна превышать угол φ_1 (рисунок 3). Причем благодаря возможности регулирования жесткости связи между приводным валом (шпинделем станка) и инструментом появляется возможность регулировать высоту кинематических неровностей, а также передаваемый крутящий момент режущему элементу.

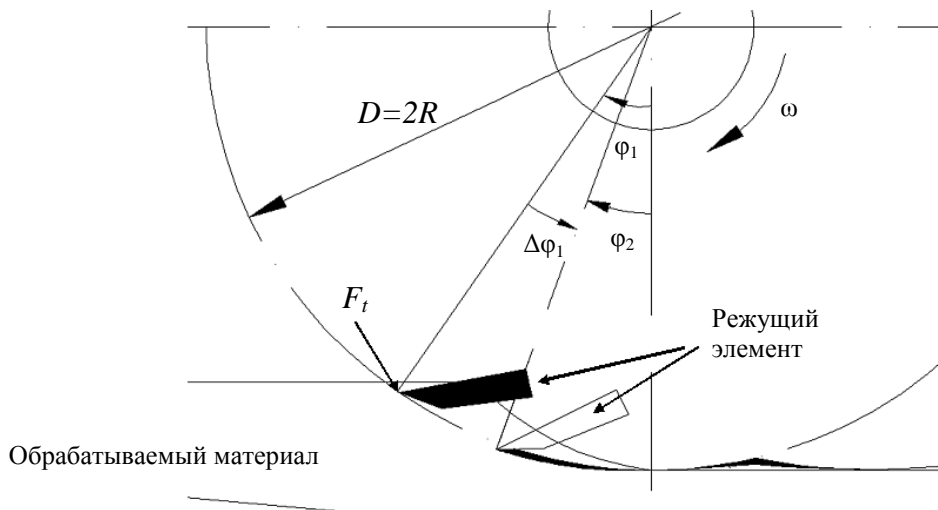


Рисунок 3 – Функциональная схема взаимодействия режущего элемента фрезы с обрабатываемым материалом

При запуске инструмента под действием инерционных сил указанный способ приведет к возможному относительному вращению инструмента относительно приводного вала. Это смещение можно снижать путем более медленного разгона инструмента или использования более жесткой пружины с ее предварительным натягом 4 (рисунок 1). После стабилизации холостого хода инструмент стабилизируется относительно первоначального положения относительно приводного вала.

Возможность изменения жесткости связи между инструментом и приводным валом (рисунок 2) позволяет регулировать амплитуду и частоту вращательных собствен-

ных колебаний инструмента относительно шпинделя станка. При проектировании инструмента для такой обработки материала необходимо стремиться к снижению осевого момента инерции инструмента относительно шпинделя станка, поскольку изменение угла φ_1 до величины φ_2 (рисунок 2) на дуге контакта напрямую зависит от инерционности фрезы.

В начале взаимодействия режущих элементов инструмента с обрабатываемым материалом под действием касательных сил сопротивления резанию F_t (рисунок 3) произойдет угловое смещение корпуса инструмента относительно приводного вала на $\Delta\varphi_1$. Это приведет к временному снижению скорости вращения инструмента ω с одной стороны и снижению высоты кинематических неровностей H , поскольку режущая кромка при взаимодействии с материалом будет описывать уже не «жесткую» циклоиду, а траекторию, более приближенную к прямой линии (рисунок 3).

Для определения влияния угла относительного поворота инструмента на высоту кинематических неровностей R_{zmax} воспользуемся приближенными зависимостями, полученными на основании анализа рисунка 4.

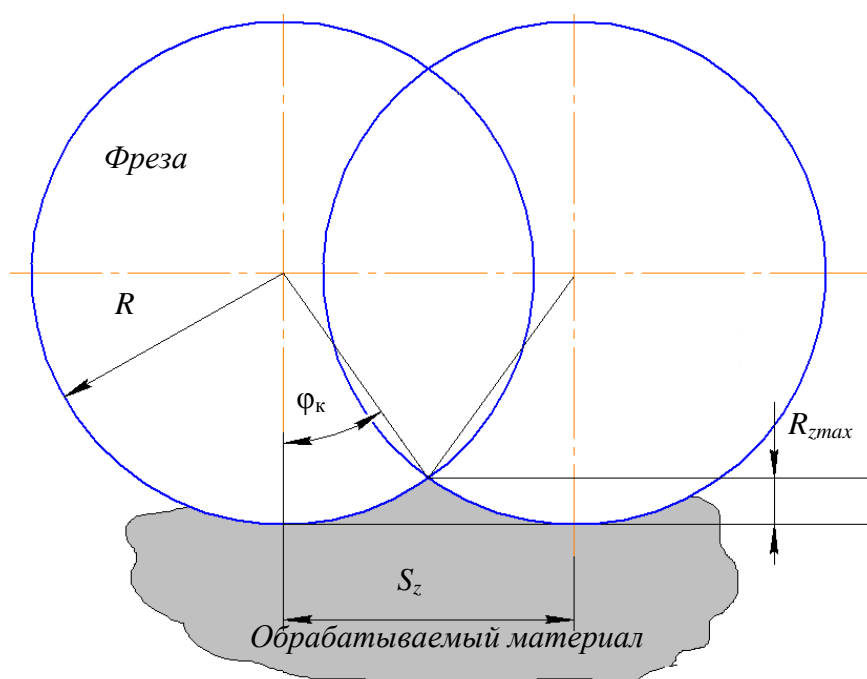


Рисунок 4 – Расчетная схема процесса цилиндрического фрезерования

Согласно источнику [3], существует упрощенная зависимость по определению высоты кинематических неровностей R_{zmax} , мм от технологических параметров процесса фрезерования.

$$R_{zmax} = \frac{S_z^2}{8R} \quad (1)$$

где R – радиус фрезерования, мм
 S_z – подача на зуб, мм

$$S_z = \frac{1000 \cdot V_s}{z \cdot n} \quad (2)$$

где V_s – скорость подачи материала, м/мин;
 z – количество режущих элементов, шт;
 n – частота вращения инструмента, мин^{-1} .

Указанные выше зависимости характерны для случая, когда существует «жесткое» соединение инструмента со шпинделем станка. При наличии еще одной степени

свободы инструмента (дополнительное вращение относительно шпинделя на угол $\Delta\varphi$), угол φ_k , обозначающий высоту кинематической неровности (рисунок 4), снижается до $\varphi_{\text{вых}}$.

$$\varphi_{\text{аио}} = \varphi_{\text{е}} - \Delta\varphi \quad (3)$$

где φ_k – угол при «жестком» соединении инструмента со шпинделем станка, рад

$$\varphi_{\text{е}} = \arcsin\left(\frac{S_z}{2R}\right) \quad (4)$$

В свою очередь, угол поворота инструмента относительно шпинделя станка $\Delta\varphi$ на дуге контакта может описываться различными зависимостями (рисунок 5), зависящими от различных факторов. Цель данной работы не является исследование этих факторов, однако при определенных допущения можно сделать небольшой анализ.

С целью построения графиков, зададимся следующими технологическими данными процесса обработки древесины фрезерованием: $z = 2$; $D = 125$ мм; $V_s = 36$ м/мин; $n = 8000$ мин⁻¹.

Используем зависимости угла $\Delta\varphi$, представленные на рисунке 5.

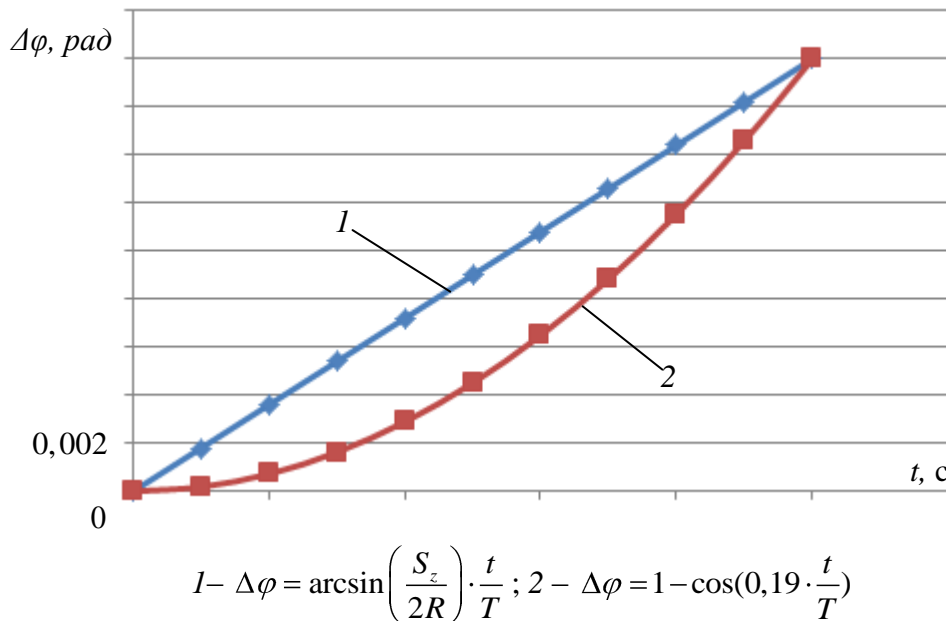


Рисунок 5 – Изменение относительного угла на дуге контакта

На рисунке 5 время T , с поворота ножа на угол φ_k определяется зависимостью

$$T = \frac{1}{\omega} \cdot \arcsin\left(\frac{S_z}{2R}\right) \quad (5)$$

Используя расчетную схему на рисунке 4 можно выразить следующую зависимость

$$R_{z\text{max}} = R(1 - \cos \varphi_{\text{аио}}) \quad (6)$$

Представим на рисунке 6 кривые влияния характера угла поворота инструмента относительно шпинделя станка $\Delta\varphi$ на высоту кинематических неровностей $R_{z\text{max}}$.

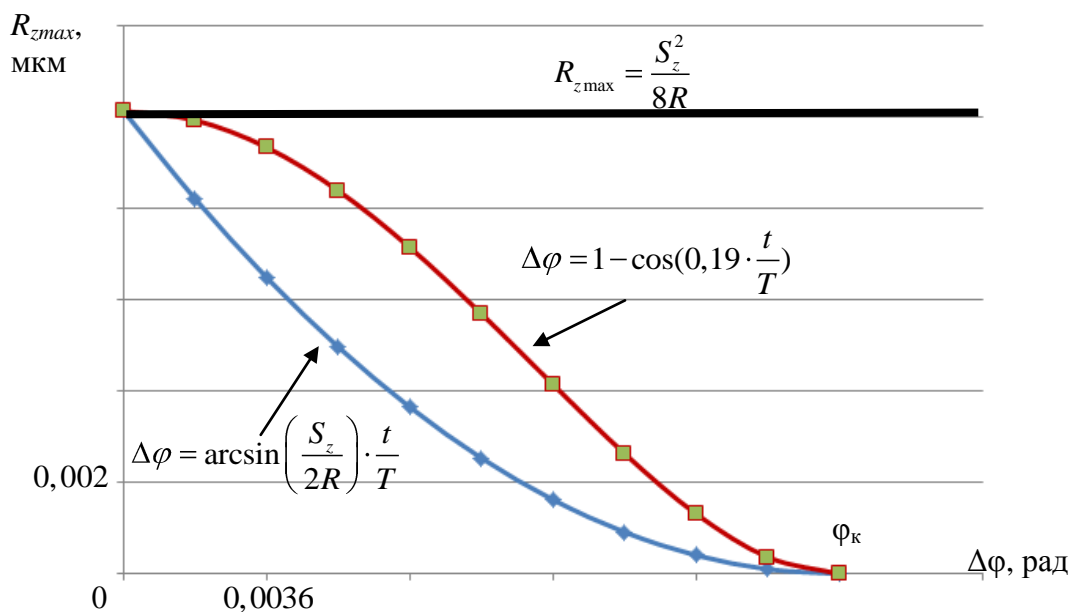


Рисунок 6 – Зависимость высоты кинематических неровностей от угла $\Delta\varphi$

На основании представленных данных можно сделать выводы, что независимо от характера изменения относительного угла $\Delta\varphi$ снижается величина R_{zmax} , что положительно сказывается на качестве получаемых поверхностей.

Предлагаемый способ взаимодействия фрезерного дереворежущего инструмента с приводом механизма резания станка позволяет теоретически повысить качество получаемых поверхностей без снижения производительности деревообрабатывающего оборудования. Однако при использовании предлагаемой технологии необходимо конструктивно обеспечить изменение жесткости системы инструмент – шпиндель станка. Это обосновано тем, что эффективность подвижного взаимодействия будет зависеть от физико-механических характеристик обрабатываемого материала, влияющих в конечном итоге на амплитуду колебаний рассматриваемой системы инструмент – шпиндель станка.

Все это дает основания для проведения дальнейших расчетов и лабораторных испытаний экспериментальных образцов насадного фрезерного инструмента с использованием нового способа подвижного взаимодействия с приводом механизма резания деревообрабатывающего оборудования.

Литература

1. Каталоги фирм: Leitz, Leuco, Guhdo, Stehle, Faba, Freud. 2008–2009.
2. Швырев Ф. А., Зотов Г. А. Подготовка и эксплуатация дереворежущего инструмента: учеб. для профтехучилищ – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Лесная пром-сть, 1979. 240 с.
3. Амалицкий, В. В. Оборудование отрасли : учебник / В. В. Амалицкий, Вит. В. Амалицкий. – М. ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 584 с.