

УДК 674.055

П. В. Рудак, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);**Р. Н. Ласовский**, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель (БГТУ);**А. Балтрушайтис**, кандидат технических наук, доцент,

заведующий кафедрой (Каунасский технологический университет, Республика Литва);

Г. Кятуракис, преподаватель (Каунасский технологический университет, Республика Литва)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ СТРУЖКИ И ПЫЛИ ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ ЗОНЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В статье приводятся результаты моделирования процесса движения частиц стружки и пыли при выходе из зоны резания плитных древесных материалов в процессе фрезерования. Исследовано влияние угла наклона кромки на угол схода стружки, скорость движения стружки вдоль лезвия и скорость выхода стружки из зоны резания, влияние частоты вращения фрезы на угол схода стружки.

The paper presents the results of modeling of the motion of chips particles and dust at the exit from the zone of milling of plate wood material. The influence of angle of inclination on the edge of the chip flow, the impact angle of the edge on the speed of chips along the blade and the output speed of the chips from the cutting area, the effect of rotation frequency on the angle cutter chip flow.

Введение. Дереворежущие фрезы эксплуатируются при высоких частотах вращения и скоростях подачи без применения смазывающе-охлаждающих жидкостей. В связи с этим древесные стружка и пыль приобретают высокие начальные скорости, что затрудняет их улавливание [1]. Неуловленная крупная стружка распространяется на значительные расстояния от зоны обработки, попадает на направляющие станка и, ухудшая условия эксплуатации, сокращает их ресурс.

В связи с высокими частотами вращения дереворежущих фрез стружка, срезанная за один оборот инструмента, не всегда полностью удаляется из межзубой впадины, образует подпор, затрудняет срезание новой стружки, увеличивает мощность на резание, обуславливает доизмельчение стружки.

При недостаточной эффективности системы аспирации ухудшаются пожарные и санитарные условия труда. Пыль оказывает неблагоприятное воздействие на органы дыхания, зрения, кожные покровы рабочих.

Процесс аспирации в деревообрабатывающей промышленности характеризуется высоким уровнем энергетических затрат. Мощность на фрезерование древесных материалов не превышает 1 кВт, в то время как мощность привода вентилятора системы аспирации часто составляет 6–30 кВт.

Одной из возможностей разработки энергосберегающей системы эффективного удаления отходов из зоны резания фрезерных деревообрабатывающих станков является использование кинетической энергии стружки и пыли – их направление в сторону стружкоприемника или накопителя и организация воздушных потоков через зону обработки [1].

Целью исследования, результаты которого представлены в данной работе, является установление закономерностей движения частиц струж-

ки и пыли при выходе из зоны резания плитных древесных материалов при фрезеровании.

При исследовании решались задачи установления влияния: 1) угла наклона кромки на угол схода стружки при фрезеровании плитных древесных материалов на различных режимах; 2) угла наклона кромки на скорость движения стружки вдоль лезвия и скорость выхода стружки из зоны резания; 3) частоты вращения фрезы на угол схода стружки.

Основная часть. Исследованию процесса выхода стружки из зоны фрезерования плитного древесного материала посвящена работа [2].

Для описания процесса выхода стружки древесностружечной плиты (ДСтП) из зоны резания рассматривалась частица стружки массой m , находящаяся в межзубой впадине инструмента и участвующая в круговом движении с циклической частотой ω в результате вращения фрезы радиусом R , осуществляющей полное фрезерование (раскрой плитного древесного материала) (рис. 1).

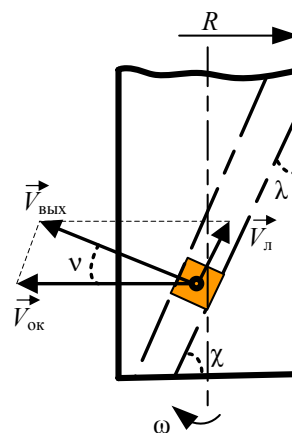


Рис. 1. Схема векторов скоростей движения частицы стружки в межзубой впадине вертикально установленной фрезы

Полученные в работе [2] уравнения позволяют определять угол схода стружки ν с учетом широких диапазонов значений частоты вращения n и радиуса фрезы, угла наклона кромки λ , массы стружки, коэффициентов трения стружки по поверхности обрабатываемого материала μ_1 и по поверхности лезвия μ_2 .

Далее анализируем влияние значений параметров режима фрезерования на величины угла схода стружки, скорость движения стружки вдоль лезвия и скорость выхода стружки из зоны резания.

На рис. 2 представлены зависимости скорости движения стружки вдоль лезвия $V_{\text{л}}$ и скорости выхода стружки из зоны резания $V_{\text{вых}}$ от угла наклона кромки λ при диаметре хвостовой фрезы 20 мм, частоте вращения фрезы 24 000 мин⁻¹.

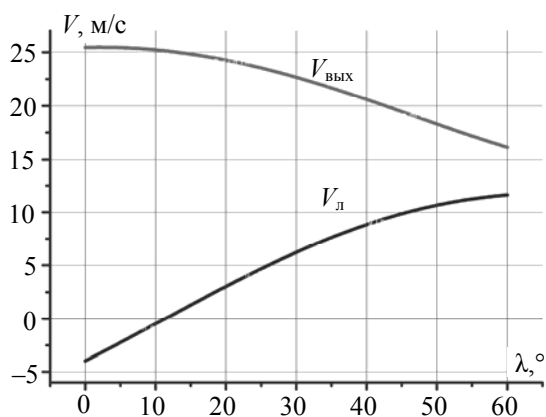


Рис. 2. Зависимости скорости движения стружки вдоль лезвия $V_{\text{л}}$ и скорости выхода стружки из зоны резания $V_{\text{вых}}$ от угла наклона кромки λ при диаметре хвостовой фрезы 20 мм, частоте вращения фрезы 24 000 мин⁻¹

Из графиков видно, что увеличение угла λ вызывает увеличение скорости $V_{\text{л}}$ движения стружки вдоль лезвия. В интервале значений угла λ от 0 до 11,3° значения $V_{\text{л}}$ являются отрицательными, что говорит о движении стружки в данном интервале вниз.

На рис. 3 представлена зависимость угла ν схода стружки от угла λ наклона кромки при диаметре хвостовой фрезы 20 мм, частоте вращения фрезы $n = 24\ 000$ мин⁻¹.

В интервале угла ν от -10° до 35° зависимость практически линейна.

Из рисунка видно, что при значениях угла λ наклона кромки от 0° до 11,3° угол схода стружки ν отрицателен – стружка при выходе движется вниз. При $\lambda = 11,3^\circ$ угол схода стружки $\nu = 0$ – стружка покидает зону резания, двигаясь в плоскости, перпендикулярной оси вращения фрезы. При дальнейшем увеличении угла λ стружка покидает зону резания, будучи

направленной вверх. Так, при угле $\lambda = 25^\circ$ угол схода стружки $\nu = 10,4^\circ$. С увеличением угла λ более 55°, угол ν начинает уменьшаться.

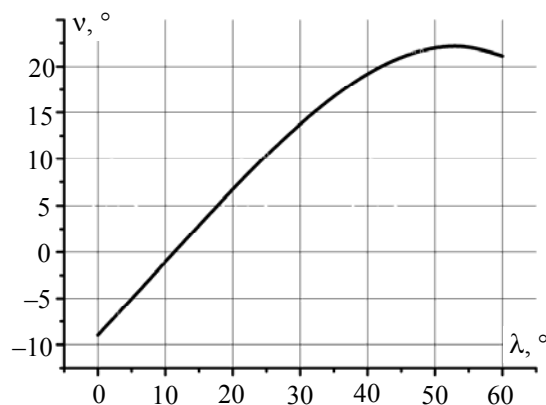


Рис. 3. Зависимость угла ν схода стружки от угла наклона кромки λ при диаметре хвостовой фрезы 20 мм, частоте вращения фрезы 24 000 мин⁻¹

На рис. 4 представлена зависимость угла схода стружки ν от частоты вращения хвостовой фрезы n при диаметре фрезы 20 мм и угле наклона кромки $\lambda = 25^\circ$.

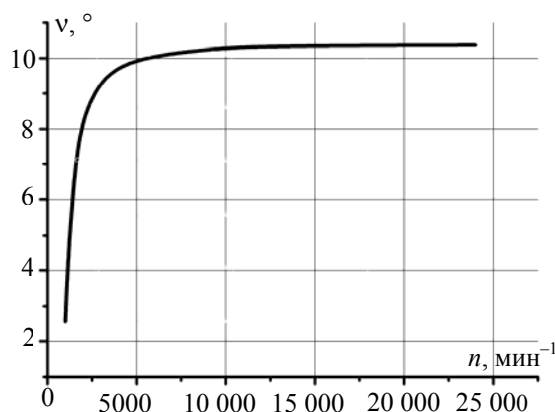


Рис. 4. Зависимость угла схода стружки ν от частоты вращения хвостовой фрезы n при диаметре фрезы 20 мм, угле наклона кромки $\lambda = 25^\circ$

Увеличение частоты вращения от 1000 мин⁻¹ до 3000 мин⁻¹ вызывает быстрый рост угла ν . При дальнейшем увеличении частоты вращения угол схода стружки изменяется незначительно, оставаясь на уровне $\approx 10^\circ$.

На рис. 5 представлены зависимости угла схода стружки ν от коэффициента трения стружки по поверхности обрабатываемого материала μ_1 (при $\mu_2 = 0,2$) и от коэффициента трения стружки по поверхности лезвия μ_2 (при $\mu_1 = 0,5$) при диаметре фрезы 20 мм, угле наклона кромки $\lambda = 25^\circ$.

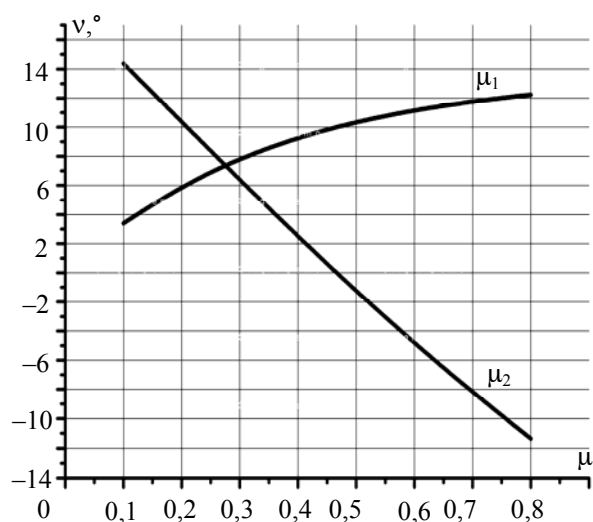


Рис. 5. Зависимости угла схода стружки v от коэффициента трения стружки по поверхности обрабатываемого материала μ_1 (при $\mu_2 = 0,2$) и от коэффициента трения стружки по поверхности лезвия μ_2 (при $\mu_1 = 0,5$) при диаметре фрезы 20 мм, угле наклона кромки $\lambda = 25^\circ$

Как видно из рисунка, с увеличением μ_1 наблюдается монотонный рост угла v .

Угол v практически линейно зависит от μ_2 и при значении коэффициента μ_2 трения стружки по поверхности лезвия более 0,45 угол схода стружки приобретает отрицательное значение.

В ходе экспериментальных исследований углов схода стружки на деревообрабатывающем центре с ЧПУ ROVER B 4.35 (Италия) осуществлялось фрезерование ДСтП хвостовыми фрезами различных конструкций в широком диапазоне режимов резания. Процесс выхода стружки из зоны резания фиксировался цифровым фотоаппаратом, далее фотографии анализировались с помощью компьютера. Углы схода стружки определялись в САПР КОМПАС 3D v.12.

На рис. 6 представлены примеры картин выхода стружки и пыли из зоны резания при неполном (*a*) и полном (*б*) фрезеровании.

Установлено, что фракционный состав стружки и пыли, образующихся в процессе фрезерования ДСтП, зависит от режима резания.

Заключение. На основе экспериментальных исследований в процессе фрезерования ДСтП в широких диапазонах параметров режима резания (диаметр фрезы 7–24 мм, число режущих элементов $z = 1-3$ шт., угол наклона кромки $-5-20^\circ$, частота вращения 3000–24 000 мин^{-1} , подача на нож 0,1–1,5 мм) по разработанной методике [2] установлены коэффициенты трения μ_1 и μ_2 , с учетом которых рассчитаны углы схода стружки.



a



б

Рис. 6. Цельная твердосплавная фреза $\varnothing 16$ мм, $z = 3$ шт., $\lambda = 20^\circ$, выход стружки и пыли из зоны резания при неполном фрезеровании (*a*), полном фрезеровании (*б*) (стрелка указывает направление движения стружки)

В процессе фрезерования ДСтП в широких диапазонах параметров режима резания выполнено экспериментальное определение углов схода стружки. Сопоставление значений углов схода стружки, полученных в результате экспериментов, с результатами расчетов по разработанной математической модели показало их хорошую сходимость.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (Т12М-098).

Литература

1. Рудак, П. В. Эффективное удаление стружки и пыли из области обработки в процессе фрезерования древесных материалов / П. В. Рудак, Д. В. Куис // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 24–26 нояб. 2010 г.: в 2 ч. / Белорус. гос. технол. ун-т; редкол.: И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2010. – Ч. 1.
2. Моделирование процесса движения элемента стружки в стружечной канавке фрезы при обработке плитных древесных материалов / П. В. Рудак [и др.] // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2013.

Поступила 21.02.2013