

где E – модуль упругости материала сердечника и рубашки вала;
 $I_p; I_c$ – моменты инерции рубашки и сердечника вала;
 ρ – плотность материала сердечника и рубашки вала;
 $A_p; A_c$ – площадь поперечного сечения рубашки и сердечника вала;
 $L_p; L_c$ – длины соответственно рубашки и сердечника вала.
 Приведенный коэффициент жесткости гидравлической поддержки

$$C_r = \frac{5 \cdot Q \cdot L_c^4 \cdot f \cdot E_{ж} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) \cdot \left(b_y - \frac{b_y^2}{b_o} + \frac{3 \cdot b_y^3}{b_o^2}\right)}{R - \frac{r_c}{R} \cdot \left(r_c - 5 \cdot Q \cdot L_c^4 \cdot \left(1 - \frac{b_y}{b_o} + \frac{3 \cdot b_y^2}{b_o^2}\right)\right)},$$

где Q – нагрузка на сердечник вала от его собственного веса, от веса рубашки и линейного давления между валами;
 f – прогиб сердечника;
 $E_{ж}$ – модуль упругости жидкости, $E_{ж} = 1,8 \cdot 10^9$ Н/м;
 R – отношение радиусов рубашки вала и сердечника, $R = r_p / r_c$;
 b_y, b_o – параметры вала.

Определение динамических характеристик валов, в частности их собственных частот колебаний, производилось в системе Pro|ENGINEER путем параметрического моделирования. Передаточные функции определялись из временных зависимостей с помощью быстрого преобразования Фурье.

Решение приведенных моделей в системе Pro|ENGINEER позволяет избежать трудоемких вычислений громоздких математических моделей и обеспечить приемлемые результаты.

Библиографический список

1. Санников А.А. Вибрация и шум технологических машин и оборудования лесного комплекса/ А.А. Санников, В.Н. Старжинский, Н.В. Куцубина, Н.Н. Черемных, В.П. Сиваков, С.Н. Вихарев. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. – 484 с.

Лукаш В. Т., Гриневич С. А. (БГТУ, г. Минск, РБ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ДИСКОВЫХ ПИЛ С ПОПЕРЕМЕННО-КОСЫМ ПРОФИЛЕМ ЗУБЬЕВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ (ДСТП) EXAMINATION of TECHNOLOGICAL FIRMNESS of HARD DISK SAWS With ALTERNATELY-SLANTING the PROFILE of TEETHS AT PROCESSING of the LAMINATED WOOD PARTICLE BOARDS

Введение. Ламинированные ДСтП сегодня широко используются в мебельной промышленности для производства офисной и домашней мебели. Основным видом ме-

ханической обработки ламинированных ДСтП является раскрой дисковыми пилами на заданные размеры. Однако при кажущейся простоте выполнения данной операции деревообработчикам приходится решать ряд дополнительных вопросов. Например, выбор режущего инструмента, режимов пиления (рекомендаций по которым зачастую недостаточно), обеспечивающих высокое качество продукции без ущерба производительности труда. Важной задачей является исследование технологической стойкости режущего инструмента, которая напрямую связана с затратами на его подготовку и производительностью оборудования.

Основная часть. На сегодняшний день наибольшее применение при работе на круглопильных форматных станках находят дисковые твердосплавные пилы со следующими параметрами: диаметр пил 300–350 мм, толщина полотна 2,2 мм, ширина пропила 3,2 мм. В частности, хорошо зарекомендовал себя инструмент производства фирмы «Faba» (Польша), который и был принят для проведения экспериментальных исследований. Однако в целях снижения расхода материала и трудоемкости работ число зубьев режущего инструмента было уменьшено до 36 с сохранением остальных параметров.

Исходя из вышеизложенного, в качестве постоянных факторов для режущего инструмента при проведении экспериментов приняты:

- 1) дисковые твердосплавные пилы производства «Faba» (Польша);
- 2) диаметр пил 350 мм;
- 3) толщина полотна 2,2 мм;
- 4) ширина пропила 3,2 мм;
- 5) число зубьев 36;
- 6) передний угол $\gamma = 10^\circ$, задний угол $\alpha = 15^\circ$;
- 7) профиль зуба – попеременно-косой WZ (рис. 1).

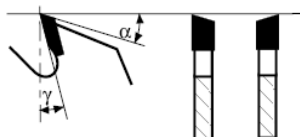


Рисунок 1 – Попеременно косой профиль зубьев

В качестве постоянных факторов для обрабатываемого материала приняты:

- 1) ламинированные трехслойные ДСтП производства «Kronospan» (Польша), соответствующие ГОСТ 10632-89 и ТУ РБ 00276475.435-99;
- 2) толщина 25 мм;
- 3) плотность 640 кг/м³.

В качестве переменных факторов приняты следующие технологические параметры:

- 1) подача на зуб U_z , мм;
- 2) скорость резания V , м/с;
- 3) выход пилы из пропила a , мм.

На основе анализа рекомендаций исследователей и производителей инструмента [1] определены диапазоны варьирования переменных факторов (табл. 1).

Таблица 1 – Диапазоны варьирования

| Переменные факторы | Нижний уровень (-1) | Нулевой уровень (0) | Верхний уровень (+1) |
|--------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| $X_1 (U_z)$ | 0,02 | 0,04 | 0,06 |
| $X_2 (V)$ | 60 | 70 | 80 |
| $X_3 (a)$ | 10 | 25 | 40 |

Поскольку необходимо обеспечить чистовой раскрой ламинированных древесных материалов, то в качестве одного из выходных показателей целесообразно принять фактический путь резания до появления сколов величиной более 0,3 мм на поверхности ламината $Y(L, м)$. Данный дефект, согласно ГОСТ 9769-79, определяется как невыполнение требований к качеству распиловки и является критерием затупления пил.

Для получения уравнения регрессии, описывающего выходные характеристики процесса пиления, использован В-план второго порядка. Исследования проводились на экспериментальной установке, созданной на базе промышленного станка ФСА [1, 2].

Для различных режимов фиксировался фактический путь резания до появления сколов на поверхности ламината. По результатам статистической обработки результатов эксперимента получена модель технологической стойкости (пути резания до появления сколов), $Y(м)$:

$$Y(L) = 1581,34 + 34,63 \cdot X_1 + 50,07 \cdot X_2 + 468,94 \cdot X_3 - 274,55 \cdot X_1^2 + 86,04 \cdot X_2^2 - 367,71 \cdot X_3^2 - 8,15 \cdot X_1 \cdot X_2 + 4,475 \cdot X_1 \cdot X_3 + 127,025 \cdot X_2 \cdot X_3; \quad (1)$$

После исключения незначимых коэффициентов и уточнения оставшихся, модель была приведена к явному виду:

$$Y(L) = 3945,1 + 56680 \cdot U_z - 136,24 \cdot V + 53,59 \cdot a - 686875 \cdot U_z^2 + 0,86 \cdot V^2 - 1,63 \cdot a^2 + 0,85 \cdot V \cdot a; \quad (2)$$

Адекватность полученной математической модели подтверждена проверкой по F - критерию Фишера.

По полученной модели были построены графические зависимости на нижнем, нулевом и верхнем уровнях варьирования переменных факторов.

На рисунке 2 представлена зависимость фактического пути резания от подачи на зуб. Из графика следует, что с уменьшением подачи на резец от 0,04 до 0,02 мм путь резания уменьшается. Вероятно, это связано с ухудшением условий работы зуба пилы. Так, при подаче на резец $U_z = 0,02$ мм и величине выхода пилы из пропила $a = 10$ мм средняя толщина стружки

$$e = U \cdot \sin \theta = 0,02 \cdot \sin 28,2 = 0,009 \text{ мм}, \quad (3)$$

или 9 мкм, что сопоставимо с величиной радиуса округления режущей кромки зуба пилы. По мере затупления инструмента и роста радиуса округления режущих кромок не все зубья будут участвовать в резании. Так, если величина радиуса округления вершины большая, то обработанная поверхность может не восстанавливаться до уровня границы раздела режущей кромки вследствие образования остаточных деформаций. В результате часть зубьев подминает под себя материал, что, с одной стороны, приводит к повышенному износу зубьев по задней поверхности, а с другой – к уплотнению мягкого слоя, который будет срезан последующими зубьями. Срезаемый слой будет обла-

дать более высокими физико-механическими характеристиками, чем исходный материал заготовки, что также способствует повышенному износу зубьев пилы [3].

С ростом подачи на резец от 0,04 до 0,06 мм путь резания, соответствующий одному уровню качества, уменьшается. Это связано с ростом сил резания при увеличении толщины стружки. По мере затупления инструмента зуб пилы не дорезает материал, а скалывает его из-за больших усилий резания.

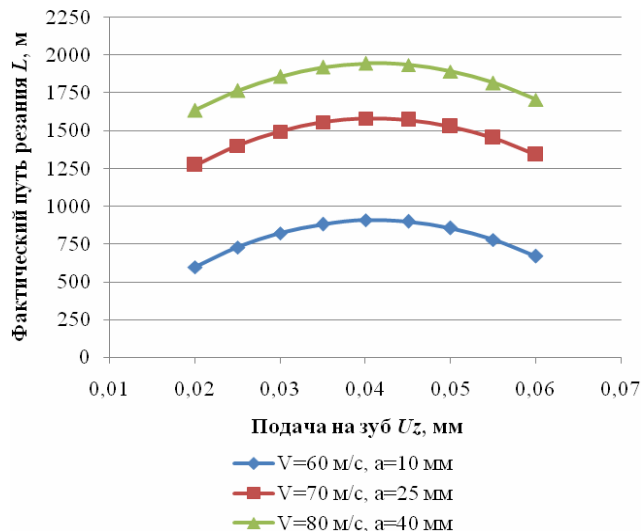


Рисунок 2 – Зависимости пути резания от подачи на зуб

На рисунке 3 представлена зависимость фактического пути резания от скорости резания. Скорость резания является противоречиво действующим фактором. Так, например, на нижнем уровне варьирования переменных факторов ($U_z = 0,02$ мм, $a = 10$ мм) увеличение скорости резания приводит к уменьшению пути резания. Возможно, данное явление связано с тем, что при малом выходе пилы из пропила вектор скорости резания направлен под небольшим углом к поверхности обрабатываемого материала, и поэтому зуб пилы не обеспечивает прижима ламината к основе, а способствует его продольному сдвигу. По мере затупления инструмента увеличение скорости ведет к появлению глубоких вырывов на поверхности.

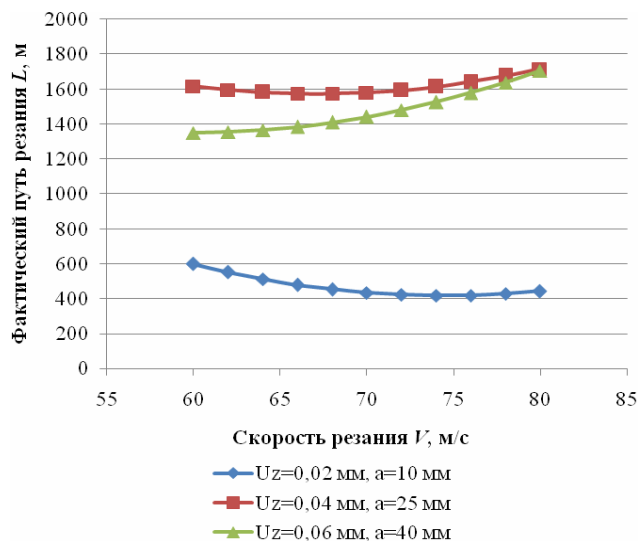


Рисунок 3 – Зависимости пути резания от скорости резания

На нулевом уровне варьирования скорость резания влияет слабо. Наиболее сильное влияние скорости резания наблюдается на верхнем уровне варьирования переменных факторов. Здесь наблюдается плавный рост пути резания с увеличением скорости. Положительное влияние скорости резания может быть связано с возникновением инерционного подпора [4].

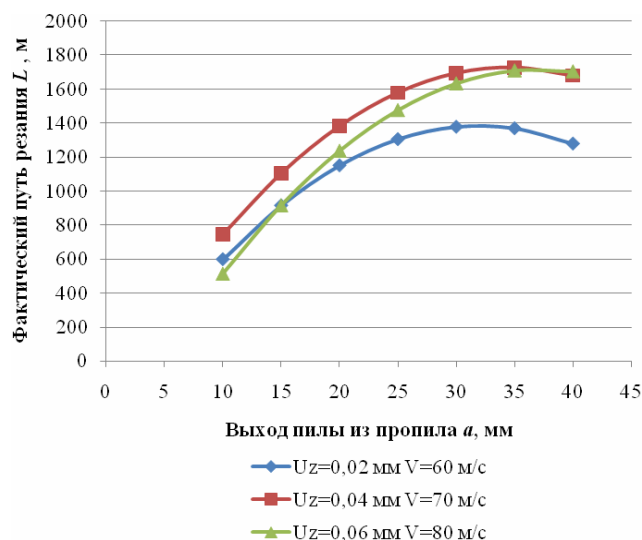


Рисунок 4 – Зависимости пути резания от величины выхода пилы из пропила

На рисунке 4 представлена зависимость технологической стойкости от величины выхода пилы из пропила. Все зависимости носят одинаковый характер и позволяют утверждать, что с ростом величины вылета пилы из пропила от 10 до ≈ 35 мм наблюдается рост пути резания по критерию качества. Увеличение пути может быть связано с увеличением вертикальной составляющей силы резания, которая прижимает ламинат к основе. При дальнейшем увеличении выхода пилы путь резания уменьшается. Возможно, это связано с увеличением ударной нагрузки при входе зуба пилы в обрабатываемый материал.

Заключение. Получены математические модели в виде уравнений второго порядка, описывающие влияние основных переменных факторов на путь резания до появления сколов на поверхности ламината.

В результате анализа полученных моделей установлено:

- с увеличением U_z от 0,02 до 0,04 мм путь резания увеличивается, а с дальнейшим ростом U_z от 0,04 до 0,06 мм – уменьшается;
- влияние скорости на путь резания неоднозначно: на нулевом и верхнем уровнях варьирования переменных факторов с увеличением скорости путь резания растет, а на нижнем – уменьшается;
- с ростом величины выхода пилы из пропила от 10 до 30–35 мм путь резания увеличивается, а затем уменьшается.

Библиографический список

1. Лукаш, В. Т. Влияние подачи на резец на технологическую стойкость режущего инструмента при пилении ламинированных ДСтП / В. Т. Лукаш, С. А. Гриневич // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2008. – Вып. XVI. – С. 230–234.

2. Кравченко, А. С. Применение силоизмерительного телеметрического устройства для исследования процессов пиления древесных материалов / А. С. Кравченко, В. Т. Лукаш // Труды БГТУ. Сер. II., Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2006. – Вып. XIV. – С. 172–174.

3. Амалицкий, Вит. В. Пиление твердосплавными круглыми пилами и их заточка / Вит. В. Амалицкий // Деревообаб. пром-сть. – 2005. – № 5.

4. Любченко, В. И. Резание древесины и древесных материалов: учеб. пособие для вузов / В. И. Любченко. – М.: Лесная пром-сть, 1986. – 296 с.

Мальцев И.Ю., Шабалин Л.А. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

ilush_@mail.ru

ПРИВОД ПИТАТЕЛЯ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ *DRIVE OF THE FEEDER WITH THE IMPROVED OPERATIONAL INDICATORS*

По предложению Екатеринбургского завода “Лесные машины” в рамках курсового и дипломного проекта была проведена модернизация привода питателя раскряжевочной установки ЛО-15 с целью повышения его надежности. В работе [1] дана краткая оценка предложенного заводу привода, в котором отсутствуют одна жесткая компенсирующая муфта, открытая цепная нерегулируемая передача роликовой цепью и исключена одна рама под гидродвигатель.

Указанные предложения позволяют уменьшить металлоемкость привода на 320 кг и существенно повысить его надежность. Кроме того, в проекте решены конструктивно вопросы, решения которых на заводе-изготовителе позволит значительно сократить затраты на обслуживание и ремонт этого привода в процессе эксплуатации.

Это, прежде всего, касается конструкции тягового ролика (рисунок 1), состоящего из двух тяговых звездочек для разборных тяговых цепей с поперечными траверсами. Звездочки установлены на приводном валу, от которого они получают вращение через призматические шпонки. Для опоры траверс предусмотрены две крайних и один центральный барабаны, состоящие из цилиндрических обечаек и приваренных к ним дисков. Барабаны дисками опираются на цилиндрические заточки звездочек и скрепляются в осевом направлении восьмью шпильками.

Опыт эксплуатации привода питателя показал, что потребителю при односменной работе раскряжевочной линии приходится заменять из-за износа зубьев тяговые звездочки не меньше одного раза в год. При этом замена связана с разборкой полностью приводного вала (снятие опорных боковин, двух подшипников, двух тяговых звездочек, разделение барабанов) и требует применения грузоподъемных средств и привлечения не менее двух рабочих. В зависимости от подготовленности бригады время замены звездочек составляет от 2 до 8 часов.