

Ганиев, Дж.Н. Алиев, А.Г. Сафаров //Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 2019. № 1. - С. 26-31.

УДК 674.023

**Б.В. Войтеховский, С.А. Гриневич, А.Ф. Аникеенко**  
Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ КРОМОК ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ МЕТОДОМ ФРЕЗЕРОВАНИЯ**

*Аннотация.* В настоящее время энерго- и ресурсосбережение является одной из наиболее актуальных задач для производства. Одним из направлений решения данной задачи может быть установление рациональных режимов механической обработки древесины и древесных материалов, обеспечивающих требуемое качество обработки при минимальных энергетических затратах.

**B.V. Voitechovsky, S.A. Grinevich, A.F. Anikeenko**  
Belarusian State Technological University  
Minsk, Belarus

### **ENERGY-EFFICIENT MODES OF PROCESSING THE EDGES OF LAMINATED CHIPBOARD BY MILLING**

*Abstract.* Currently, energy and resource conservation is one of the most urgent tasks for production. One of directions for solving this problem can be the setting of rational modes of mechanical processing of wood and wood materials that ensure the required quality of work with minimal energy costs.

В мебельной промышленности широкое распространение нашли ламинированные древесностружечные плиты (ЛДСП). Обработка кромок заготовок из данного вида древесного материала методом фрезерования обеспечивает высокое качество получаемой поверхности. Так как древесностружечные плиты обладают повышенными абразивными свойствами, то в качестве режущего инструмента применяют ножи, изготовленные из материалов, обладающих повышенной износостойкостью (твердые сплавы, алмазы и др.).

Фрезерование кромок ЛДСтП является довольно энергоемким процессом. Одним из способов снижения потребляемой мощности и повышения качества обработки является создание угла наклона режущих элементов. Эффективность этого приема для натуральной древесины экспериментально доказана в работах В.Д. Лескива [1] и А.М. Векшина [2]. Однако эти результаты не могут быть применены к ламинированным древесностружечным плитам в силу специфических физико-механических свойств данного древесного материала. В тоже время установлено, что создание угла наклона при фрезеровании ламинированных древесностружечных плит позволяет повысить стойкость режущего инструмента [3].

Целью настоящего исследования является определение влияния основных технологических факторов (угол наклона режущей кромки  $\omega$ , угол резания  $\delta$ , скорость резания  $V$ , толщина снимаемого слоя  $h$ , толщина стружки  $a$ ) на энергоемкость процесса фрезерования ЛДСтП.

В работах [4, 5] приведены результаты проведенных исследований по определению влияния основных переменных технологических факторов на мощность, затрачиваемую при цилиндрическом фрезеровании кромок ламинированных древесностружечных плит. Однако мощность процесса не в полной мере характеризует его энергозатратность. Мощность, по определению это работа, отнесенная к единице времени. Другой важной величиной широко применяемой в теории резания древесины и древесных материалов, является удельная работа резания  $K$ .

$$K = \frac{A}{V_{cm}}, \quad (1)$$

где  $A$  – затраченная работа, Дж;  $V_{cm}$  – объем снятого слоя, см<sup>3</sup>.

Таким образом, удельная работа – это работа, затрачиваемая на снятие 1 см<sup>3</sup> объема стружки. Также удельная работа резания при работе острым инструментом может быть выражена через мощность

$$K = \frac{60 \cdot N_0}{b \cdot h \cdot V_s}, \quad (2)$$

где  $N_0$  – потребляемая мощность при остром ноже, Вт;  $b$  – ширина обрабатываемой кромки, мм;  $h$  – величина снимаемого припуска, мм;  $V_s$  – скорость подачи, м/мин.

$$V_s = \frac{S_z \cdot z \cdot n}{1000}, \quad (3)$$

где  $S_z$  – подача на нож, мм;  $z$  – число ножей, шт;  $n$  – частота вращения режущего инструмента, мин<sup>-1</sup>.

$$S_z = \frac{a}{\sqrt{\frac{D}{h}}}, \quad (4)$$

где  $a$  – средняя толщина стружки, мм;  $D$  – диаметр фрезы, мм.

$$n = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (5)$$

где  $V$  – скорость резания, м/с.

Подставив значения из формул (3-5) в формулу (2) и преобразовав получим

$$K = \frac{N_0 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{D}{h}}}{b \cdot a \cdot z \cdot V}, \quad (6)$$

Выражение (6) использовано для расчета удельной работы резания.

При проведении опытов применен метод планирования эксперимента и выбран план В<sub>5</sub>. Для проведения эксперимента была специально разработана конструкция сборной цилиндрической фрезы с изменяемыми углами наклона режущей кромки и углами резания (рис. 1).



**Рис.1 - Экспериментальная фреза**

Условия проведения исследований аналогичны с приведенными в работе [4]. Основными переменными технологическими факторами приняты: угол наклона резца в плане  $\omega$ , угол резания  $\delta$ , скорость

резания  $V$ , толщина срезаемого слоя (припуск)  $h$ , средняя толщина стружки  $a$ .

В результате статистической обработки данных получено уравнения регрессии для начальной мощности.

$$N_0 = -598,98 - 5,51 \cdot \omega - 9,63 \cdot \delta + 59,75 \cdot V + 64,84 \cdot h + 178,56 \cdot a - 1,19 \cdot V^2 - 6682,75 \cdot a^2 + 0,42 \cdot \delta \cdot V + 41,73 \cdot \delta \cdot a + 41,6 \cdot V \cdot a. \quad (7)$$

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

На основании полученной зависимости проведен анализ влияния переменных технологических факторов на удельную работу резания при фрезеровании кромок ламинированной древесностружечной плиты и сделаны следующие выводы:

1. Установлено, что наклон режущих элементов фрезы при обработке ламинированных ДСтП приводит к снижению энергоемкости процесса на нижнем уровне варьирования в 2,20 раза, на верхнем – в 1,10 раза.

2. Рост угла резания вызывает увеличение удельной работы резания в 1,05 раза на нижнем уровне варьирования, в 1,62 раза – на верхнем.

3. Скорость резания неоднозначно влияет на энергоемкость процесса. Особенно это проявляется на нижнем уровне переменных факторов, где от 20 до 30 м/с наблюдается рост удельной работы резания в 1,27 раза, а затем при дальнейшем увеличении скорости – падение в 2,32 раза.

4. При увеличении величины припуска с 1,5 до 4,5 мм на верхнем и нулевом уровне варьирования переменных факторов наблюдается падение удельной работы резания в 1,05-1,47 раз соответственно и только на нижнем уровне при росте припуска от 3,8 до 4,5 наблюдается незначительный рост.

5. Увеличение толщины стружки от 0,05 до 0,45 мм на всех уровнях варьирования вызывает резкое падение энергоемкости процесса фрезерования. На рассматриваемых уровнях оно составляет: на нижнем уровне варьирования в 7,42 раза, на верхнем – в 3,96 раза.

### **Список использованных источников**

1. Лискив В. Д. Исследование зависимостей силовых и качественных показателей процесса цилиндрического фрезерования древесины от положения лезвия относительно направления резания: автореф. дисс... канд.техн.наук:– Львов; 1973. – 24 с.

2. Векшин А. М. Исследование процесса цилиндрического фрезерования древесины тонкими винтовыми ножами автореф. дисс... канд.техн.наук:– М., 1970. – 31 с.

3. Войтеховский Б. В., Гриневиц С. А. Особенности износа твердосплавного инструмента при фрезеровании ламинированных ДСтП наклонными ножами. // Труды БГТУ. Сер II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2010. – Вып. XIX. С. 252–255.

4. Гриневиц С. А., Войтеховский Б. В. Исследование технологической стойкости при фрезеровании ламинированных древесностружечных плит наклонными резцами // Труды БГТУ. Сер II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2010. – Вып. XVIII. – С.284–286.

5. Аникеенко А. Ф., Фридрих А. П. Рекомендации по методике проведения исследований в области механической обработки ламинированных древесностружечных плит // Труды БГТУ. Сер II, Лесная и деревообаб. пром-сть. – 2011. – Вып. XIX. – С. 313–317.

УДК 621.396.669.8

**Д.А. Гринюк, Н.М. Олиферович, И.Г. Сухорукова,  
Т.А. Дейнека, А.О. Алешевич**  
Белорусский государственный технологический университет  
Минск, Беларусь

## **ПОДАВЛЕНИЕ ПОМЕХ В ЗАМКНУТЫХ КОНТУРАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ**

*Аннотация.* Для уменьшения влияния шумов измерительного канала на процесс регулирования в качестве фильтра был использован управляемый ограничитель. Предложены различные точки установки и варианты рассматриваемой структуры. Разработаны алгоритмы настройки системы с управляемым ограничителем для получения субоптимального подавления шумов.

**D.A. Hryniuk, N.M. Oliferovich, I.G. Sukhorukova,  
T.A. Deineka, A.O. Aleshevich**  
Belarusian State Technological University  
Minsk, Belarus

## **INTERFERENCE SUPPRESSION IN CLOSED CONTROL LOOPS**