

# ОБЩЕИНЖЕНЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

---

УДК 674.023

**А. Ф. Аникеенко**, ассистент (БГТУ);

**А. П. Фридрих**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ); **Я. И. Сороченко**, студент (БГТУ)

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДСП МЕТОДОМ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

В статье рассмотрены существующие методики расчета технологических режимов обработки фрезерования натуральной древесины и древесных композиций и их основные недостатки в разрезе современного производства, силообразования, затупления и качества поверхности при фрезеровании инструментов. Проведены исследования в направлении моделирования влияния основных переменных факторов на путь контакта реза в объекте обработки, длину без дефекта обработанных кромок ламинированных древесностружечных плит, продолжительность работы инструмента до потери его работоспособности и мощность, затрачиваемую на процесс резания. Предложены новая методика и алгоритм расчета рациональных режимов фрезерования древесностружечных ламинированных плит.

In article existing design procedures of technological modes of processing of milling of natural wood and wood compositions are considered. Their basic lacks of a cut of modern manufacture are considered. Questions force of formation are considered, blunting and qualities of a surface at milling of tools are conducted researches in a direction of modeling of influence of the basic variable factors on a way of contact of a cutter to object of processing, length without defect of the processed edges reinforced wood particle board, operation time of the tool before loss of its working capacity and the capacity spent for process of cutting. The new technique and algorithm of calculation of rational modes of milling reinforced wood particle board is offered.

**Введение.** Основные требования, предъявляемые к теории резания, – получение продукции установленного качества с наименьшими энергозатратами при необходимой производительности. С учетом данных требований существующая методика расчетов технологических режимов для фрезерования натуральной древесины предусматривает расчеты скорости подачи обрабатываемых заготовок с учетом возможностей используемого оборудования по критерию энергоемкости и требований к шероховатости поверхности [1].

Однако данная методика расчетов рациональных режимов обработки ламинированных древесностружечных плит не нашла применения в деревообрабатывающих производствах.

**Основная часть.** В настоящее время обработка плитных материалов методом фрезерования осуществляется на оборудовании, где есть возможность обрабатывать материалы, имеющие ширину, значительно превышающую их толщину. В данном оборудовании используется механизм резания, оснащенный приводом большей мощности (свыше 15 кВт). В этом случае расчет максимально возможной скорости подачи с учетом ограничений по мощности привода механизма резания не имеет смысла.

Качество обработки древесины характеризуется длиной и глубиной волны. При обработке облицованных плитных материалов данный критерий в виде кинематических неровностей на обработанной поверхности не может служить оценкой качества. Практика показала: наличие на обработанной поверхности даже незначительных неровностей в виде сколов недопустимо. Образование сколов в данном случае зависит не только от состояния главной режущей кромки, т. е. степени ее округления, но и от технологии процесса резания, включающей выбор геометрии инструмента, его режимных показателей, величины припуска и т. д.

Длительность взаимодействия лезвия с обрабатываемым материалом вызывает при фрезеровании натуральной древесины округление режущей кромки, что приводит к росту энергозатрат и ухудшению качества обработанной поверхности.

При фрезеровании плитных материалов характер округления режущих кромок имеет значительные отличия. При обработке натуральной древесины главная режущая кромка имеет форму, примерно близкую к окружности с некоторым радиусом. При фрезеровании древес-

ностружечных плит из-за наличия связующих наблюдается интенсивный линейный износ по биссектрисе угла заострения и образование фаски на задней поверхности лезвия. Необходимо отметить, что линейный износ в наружных слоях плиты выше, чем в средней зоне контакта лезвия с материалом в 3–5 и более раз.

Наличие высокоабразивного износа обрабатываемого материала вызвало необходимость использовать ножи, изготовленные из твердых и сверхтвердых материалов. Однако до настоящего времени не разработаны рекомендации по потере режущей способности каждого отдельно взятого твердого и сверхтвердого материала в зависимости от вида обработки.

Таким образом, существующая методика определения затрат мощности на резание с получением предполагаемого качества обработки при фрезеровании древесины не может быть положена в основу для выполнения технологических расчетов по установлению режимов резания ламинированных древесностружечных плит.

В результате проведения экспериментальных исследований были получены математические модели влияния переменных факторов на выходные показатели:

длину обрабатываемой поверхности:

$$L = -162,58 + 392,58e - 21,32h + 4,868V + 1,852D + 116,53eh + 2,864eD - 0,438hV - 0,243hD - 0,041VD - 617,3e^2 + 15,71h^2; \quad (1)$$

длину дуги контакта:

$$l = -2135,4 - 3626,7e + 973h + 59,15V + 21,645D - 746,7eh + 51,27eV + 15,02eD - 12,51hV - 2,09hD - 0,5123VD; \quad (2)$$

период стойкости инструмента:

$$T = -30,66 - 50,1e + 8,58h + 0,604V + 0,49D - 4,53eh + 1,106eV - 0,104hV - 0,037hD - 0,0092VD; \quad (3)$$

полезную мощность процесса фрезерования:

$$P = -37 + 1357e - 14h + 3V - 0,3D + 353eh + 19eV + 2,6hV - 4222e^2 - 20h^2. \quad (4)$$

Математические модели позволили разработать рекомендации по назначению рациональных режимов обработки ламинированных ДСтП на станках с ЧПУ в зависимости от приоритетности выходного показателя.

При необходимости получения максимальной производительности процесса с обеспечением установленного качества другие выходные показатели могут значительно ухудшать свои значения (ресурсосбережение), наименьшие энергозатраты не позволяют получать высокий показатель производительности процесса и периода стойкости инструмента (энергосбережение).

Результаты проведенных исследований позволили установить, что значения выходных показателей должны корректироваться поправочными коэффициентами: при использовании ножей из сплава ВК15 – 1, ВК8 – 1,7 и ВК6 ОМ – 2,2.

В табл. 1 и 2 приведен пример расчета стоимости потребляемой мощности при фрезеровании ламинированных древесностружечных плит и расчета потребности в ножах на обработку 10 000 пог. м кромок ламинированных древесностружечных плит.

Таблица 1

**Расчет стоимости потребляемой мощности при фрезеровании ламинированных древесностружечных плит**

Расчетные показатели и зависимости	Диаметр фрезы			
	D = 100 мм		D = 140 мм	
	z1 = 3	z2 = 4	z1 = 3	z2 = 4
1. Скорость подачи заготовок, обеспечивающая выполнение сменной производительности, $V_s$ , м/мин $V_s = \frac{L_{cm}}{T_{cm}} = \frac{10000}{420} = 24$ м/мин	24	24	24	24
2. Подача на режущий элемент $S_z$ , мм [1] $S_z = \frac{1000V_s}{zn}$	1,33	1,0	1,33	1,0
3. Синус кинематического угла встречи $\sin \theta = \sqrt{\frac{h}{D}}$	0,1414	0,1414	0,1195	0,1195
4. Средняя толщина стружки $e$ , мм $e = S_z \sin \theta$	0,188	0,141	0,159	0,120

Окончание табл. 1

Расчетные показатели и зависимости	Диаметр фрезы			
	D = 100 мм		D = 140 мм	
	z1 = 3	z2 = 4	z1 = 3	z2 = 4
5. Скорость резания $V$ , м/с $V = \frac{\pi D n}{60 \cdot 1000}$	31,4	31,4	44,0	44,0
6. Мощность, затрачиваемая на резание острыми ножами, $P$ , кВт, с учетом ширины обработки $\left(K_2 = \frac{20}{16} = 1,25\right)$	0,541	0,468	0,660	0,576
7. Расход мощности на выполнение программы $P_{см}$ , кВт, по обработке плит острыми ножами	3,787	3,276	4,620	4,032
8. Поправочный коэффициент на расход мощности с учетом округления лезвий ножей $K_1$	1,379	1,412	1,400	1,427
9. Расход мощности на выполнение программы с учетом периода стойкости инструмента $P_{см}$ , кВт (ф-ла (4))	4,507	3,951	5,544	4,895
10. Расчет стоимости расходуемой мощности без учета потерь ее в климатических парах механизмов станка и расхода мощности в подающем механизме, $Z_{ин}$ , руб. (1 кВт принят равным 320 руб.)	1440	1260	1770	1570

Таблица 2

**Расчет потребности в ножах на обработку  
10 000 пог. м кромок ламинированных древесностружечных плит**

Расчетные показатели	Диаметр фрезы			
	D = 100 мм		D = 140 мм	
	z1 = 3	z2 = 4	z1 = 3	z2 = 4
При использовании ножей из твердосплавных пластин ВК15: длина обработанных поверхностей при использовании фрез с одним ножом $L$ , пог. м (ф-ла (1))	52,54	41,13	47,49	30,32
общая длина обработанных поверхностей ( $L_{сум}$ , пог. м) с учетом количества режущих элементов ( $z$ ) и резцов ( $p = 2$ )	315,24	329,04	284,94	242,56
количество ножей для выполнения сменного задания, шт. $K_{нож} = \frac{10000z}{L_{сум}}$	96	124	108	168
стоимость одного ножа, тыс. руб.	7,7	7,7	7,7	7,7
затраты на инструмент $Z_{инстр}$ , тыс. руб.	739,2	954,8	831,6	1293,6
При использовании ножей из твердосплавных пластин ВК8: длина обработанных поверхностей $L_{сум}$ , пог. м	539,69	563,32	487,82	415,26
количество штук ножей для выполнения сменного задания $K_{нож}$ , шт.	57	72	63	100
стоимость одного режущего элемента, тыс. руб.	8,0	8,0	8,0	8,0
затраты на инструмент для выполнения сменного задания $Z_{инстр}$ , тыс. руб.	456,0	576,0	504,0	800,0
При использовании ножей из твердосплавных пластин ВК60М: общая длина обработанных кромок $L_{сум}$ , пог. м	692,58	722,90	626,01	532,90
количество ножей для выполнения сменного задания $K_{нож}$ , шт.	45	56	48	76
стоимость одного ножа, тыс. руб.	13,9	13,9	13,9	13,9
затраты на инструмент для выполнения сменного задания $Z_{инстр}$ , тыс. руб.	625,5	778,4	667,2	1056,4

При расчетах технологической задачи, указанной в принятых условиях, можно использовать зависимость (1), по которой устанавливается длина обработанных поверхностей одним комплектом режущих элементов. Отношение длины обработанной поверхности, предусмотренной сменным заданием, к длине, полученной по формуле (1), дает возможность определить расход инструмента на программу.

Как видно из расчетов, выполнение технологического процесса для принятых условий обработки ламинированных древесностружечных плит наиболее эффективно фрезами диаметром 100 мм и числом ножей  $z = 3$  шт.

Однако анализ расчетных методов затрат на мощность и дереворежущий инструмент не может быть установлен окончательно, т. к. срезание стружки можно изменить за счет выбора

рациональной скорости подачи или количества ножей и увеличения высоты припуска. Нахождение рациональных режимов возможно, если принять скорость подачи, выраженную не сменным заданием, а исходя из максимально возможной длины обработанной поверхности с учетом зависимостей (1)–(4).

**Заключение.** В настоящее время рациональными режимами обработки плитных материалов могут быть следующие критерии:

– максимально возможное получение качественной продукции. В этом случае производство практически не учитывает затраты на выполнение технологического процесса на расход (потребление) дереворежущего инструмента и энергоносители;

– минимальные затраты на приобретаемый дереворежущий инструмент. Опыт эксплуатации оборудования, используемого для обработки ламинированных древесностружечных плит,

показывает, что потребность в инструменте возрастает по мере увеличения таких показателей, как средняя толщина стружки (подача на резец) и скорость резания. Таким образом, стремление сократить расход инструмента приводит к снижению производительности обрабатываемых станков, центров и т. д.;

– минимальные затраты на энергоносители. Из теории резания известно, что с уменьшением средней толщины стружки, высоты срезаемого припуска и скорости резания потребление энергоносителей уменьшается. Но это приводит, как и в предыдущем случае, к снижению производительности.

#### Литература

1. Бершадский, А. Л., Резание древесины / А. Л. Бершадский, Н. И. Цветкова. – Минск: Выш. шк., 1975. – 303 с.

*Поступила 25.02.2012*