

УДК 674.053

В. Т. Лукаш

Белорусский государственный технологический университет

**РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПИЛЕНИЯ
ПРИ РАСКРОЕ ЛАМИНИРОВАННЫХ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ
В ЗАО «ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ «ПИНСКДРЕВ»**

На одном из ведущих мебельных предприятий республики внедрены режимы пиления ламинированных древесно-стружечных плит, позволившие увеличить стойкость дисковых твердосплавных пил по критерию качества обработки в среднем на 23%. Значения рекомендуемых технологических параметров получены путем оптимизации математических зависимостей, разработанных в рамках выполнения научных исследований энерго- и ресурсосберегающих режимов пиления ламинированных древесно-стружечных плит. Результаты проведенных расчетов показали, что благодаря увеличению ресурса режущего инструмента и, соответственно, снижению затрат на его приобретение и подготовку, а также росту производительности форматно-раскrojного станка, был достигнут экономический эффект в размере 39 747,6 тыс. руб. на одну единицу оборудования в ценах 2015 г.

Ключевые слова: внедрение, оптимизация, технологическая стойкость, производительность, затраты, экономия, эффект.

V. T. Lukash

Belarusian State Technological University

**RESULT OF THE INTRODUCTION OF RATIONAL MODES SAWING
WHEN CUTTING LAMINATED CHIPBOARD
IN «HOLDING COMPANY «PINSKDREV»**

On one of the leading furniture enterprises of the republic introduced the modes of sawing of laminated chipboard, which allowed to increase the resistance of carbide disk saws by a criterion of quality of processing on the average by 23%. Recommended values of process parameters obtained by optimizing the mathematical relations developed in the framework of the scientific research of energy-saving modes of sawing of laminated chipboard. The results of the calculations showed that, with the increase of resource of the cutting tool and, accordingly, reduce the cost of its purchase and preparation, as well as productivity panel sizing machine, has been the economic effect in the amount of 39,747.6 thousand rubles for one unit of equipment prices in 2015.

Key words: implementation, optimization, process stability, productivity, costs, savings, the effect.

Введение. Технология изготовления мебельных заготовок из ламинированных древесно-стружечных плит (ДСП-Л) на предприятии ЧПУП «Мебельная фабрика «Пинскдрев-Адриана» предусматривает получение форматных деталей с использованием двух технологических методов обработки: раскрой плит на заданный размер дисковыми твердосплавными пилами и последующее фрезерование кромок с целью удаления дефектов пиления в виде сколов, вырывов и т. д.

Раскрой плит выполняется на форматно-раскrojном центре с ЧПУ при следующих режимах: скорость резания $V = 75$ м/с ($n = 4100$ мин⁻¹), скорость перемещения пилы $V_S = 18$ м/мин (подача на зуб $S_z = 0,06$ мм), выход пилы из пропила $a = 10$ мм. Параметры режущего инструмента: дисковая твердосплавная пила диаметром 350 мм с зубьями плоско-трапециевидного профиля в количестве 72 шт. Переточка произ-

водится через каждые 1000–1200 пог. м, когда величина сколов на кромках деталей превышает припуск на их дальнейшую обработку фрезерованием перед облицовыванием.

Основная часть. С целью внедрения на предприятии режимов пиления ДСП-Л, обеспечивающих максимальную технологическую стойкость режущего инструмента при высоких требованиях к качеству кромки пропила и условию сохранения производительности процесса, в математическом пакете MathCad была выполнена оптимизация зависимости (1):

$$S = \frac{L \cdot S_z \cdot z}{l}, \quad (1)$$

где S – количество обработанного материала от начала резания новым или восстановленным инструментом до появления сколов, пог. м; L – фактический путь резания одного зуба пилы до появления сколов на поверхности облицовочного

материала, м; S_z – подача на зуб, мм; z – количество зубьев дисковой пилы, шт.; l – длина дуги контакта режущей кромки зуба пилы с обрабатываемым материалом, мм.

Регрессионная модель технологической стойкости дисковой пилы с плоско-трапециевидным профилем зубьев (2) была разработана автором ранее [1].

$$L = 1854,55 + 725\,818,33 \cdot S_z - 598,47 \cdot V + 1322,59 \cdot a - 8\,060\,312,50 \cdot S_z^2 + 4,58 \cdot V^2 - 18,04 \cdot a^2 - 5133,33 \cdot S_z \cdot a. \quad (2)$$

По результатам оптимизации были рекомендованы следующие режимы обработки: скорость резания $V = 80$ м/с ($n = 4365$ мин⁻¹), скорость перемещения пилы $V_S = 18$ м/мин (подача на зуб $S_z = 0,06$ мм), выход пилы из пропилы $a = 31$ мм.

Технологическая стойкость дисковых пил после внедрения разработанных режимов составила 1300–1400 пог. м. При этом критерием замены инструмента являлось появление на кромках пропила сколов величиной более 0,3 мм, что недопустимо по ГОСТ 9769-89.

Величина экономического эффекта от внедрения была определена по годовой экономии на эксплуатационных текущих затратах в ценах и нормах 2015 г.

1. *Расчет годовой производительности форматно-раскроечного станка*

Фактическая годовая производительность Π_ϕ , пог. м/г. одного форматно-раскроечного станка,

$$\Pi_\phi = T_{\text{эф}} \cdot 60 \cdot i \cdot V_S, \quad (3)$$

где $T_{\text{эф}}$ – эффективный фонд рабочего времени станка, мин; i – количество заготовок обрабатываемых одновременно, шт.; V_S – скорость подачи, м/мин.

$$T_{\text{эф}} = T_n \cdot K_m \cdot K_p, \quad (4)$$

где T_n – расчетная норма рабочего времени, ч. Для 5-дневной рабочей недели расчетная норма рабочего времени на 2015 г. составляет $T_n = 2032$ ч. [2]; K_m – коэффициент использования машинного времени; K_p – коэффициент использования рабочего времени.

По данным предприятия до внедрения $K_m = 0,7$, $K_p = 0,7$, после внедрения $K_m = 0,75$, $K_p = 0,7$. Увеличение коэффициента машинного времени достигнуто за счет повышения технологической стойкости режущего инструмента и уменьшения времени простоев на замену режущего инструмента.

Эффективный фонд рабочего времени станка: – до внедрения

$$T_{\text{эф1}} = 2032 \cdot 0,7 \cdot 0,7 = 995,68 \text{ ч};$$

– после внедрения

$$T_{\text{эф2}} = 2032 \cdot 0,75 \cdot 0,7 = 1066,8 \text{ ч}.$$

Таким образом, фактическая годовая производительность Π_ϕ , пог. м/г. при проведении индивидуального раскроя ($i = 1$):

– до внедрения

$$\Pi_{\phi1} = 995,68 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 18 = 1\,075\,354,4 \text{ пог. м / г};$$

– после внедрения

$$\Pi_{\phi2} = 1066,8 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 18 = 1\,152\,144,0 \text{ пог. м / г}.$$

2. *Расчет затрат на приобретение и подготовку к работе дисковых твердосплавных пил*

Расходы на приобретение режущего инструмента $C_{\text{и}}$, тыс. руб.,

$$C_{\text{и}} = N \cdot \Pi_{\text{и}}, \quad (5)$$

где N – количество дисковых пил для выполнения годовой программы, шт.; $\Pi_{\text{и}}$ – цена инструмента, тыс. руб. По данным предприятия цена дисковой твердосплавной пилы в 2015 г. составляла 1200 тыс. руб.

Потребное количество режущего инструмента на год

$$N = \frac{100 \cdot n \cdot T_{\text{эф}}}{(K + 1) \cdot T_{\text{и}} \cdot (100 - y)} = \frac{100 \cdot n \cdot \Pi_\phi}{S_\Sigma \cdot (100 - y)}, \quad (6)$$

где n – число одинаковых инструментов в комплекте, шт.; K – количество возможных переточек инструмента (зависит от величины допустимого стачивания режущей пластины и величины съема за одну заточку); $T_{\text{и}}$ – продолжительность работы инструмента между переточками, ч; S_Σ – суммарное количество обработанного материала за весь срок службы инструмента (ресурс режущего инструмента), пог. м; y – процент на непредвиденные поломки, %.

По данным предприятия количество переточек в среднем составляет $K = 18$, процент на непредвиденные поломки – 5%. На станке установлена одна основная пила $n = 1$.

Суммарное количество обработанного материала за весь срок службы инструмента (ресурс режущего инструмента) составляет

$$S_\Sigma = (K + 1) \cdot S, \quad (7)$$

где S – количество обработанного материала до переточки, пог. м. Минимальное гарантированное количество обработанного материала между переточками по данным предприятия до внедрения разработанных режимов 1000 пог. м, после внедрения 1300 пог. м.

Таким образом:

– до внедрения

$$S_{\Sigma} = (18 + 1) \cdot 1000 = 19\,000 \text{ пог. м};$$

– после внедрения

$$S_{\Sigma} = (18 + 1) \cdot 1300 = 24\,700 \text{ пог. м.}$$

С учетом всех данных количество дисковых пил, необходимых для выполнения годовой программы, составит:

– до внедрения

$$N_1 = \frac{100 \cdot 1 \cdot 1\,075\,354,4}{19\,000 \cdot (100 - 5)} = 60 \text{ шт};$$

– после внедрения

$$N_2 = \frac{100 \cdot 1 \cdot 1\,152\,144,0}{24\,700 \cdot (100 - 5)} = 50 \text{ шт.}$$

Расходы на приобретение режущего инструмента до внедрения $C_{и1}$ и после $C_{и2}$:

$$C_{и1} = 60 \cdot 1200 = 72\,000 \text{ тыс. руб.};$$

$$C_{и2} = 50 \cdot 1200 = 60\,000 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на заточку

$$C_{зат} = N \cdot K \cdot C_{зат}, \quad (8)$$

где $C_{зат}$ – цена заточки инструмента, тыс. руб. По данным предприятия цена заточки дисковой твердосплавной пилы диаметром $D = 350$ мм и количеством зубьев $z = 72$ шт. составляет $C_{зат} = 80$ тыс. руб.

Затраты на заточку инструмента:

– до внедрения

$$C_{зат1} = 60 \cdot 18 \cdot 80,0 = 86\,400 \text{ тыс. руб.};$$

– после внедрения

$$C_{зат2} = 50 \cdot 18 \cdot 80,0 = 72\,000 \text{ тыс. руб.}$$

3. Расчет затрат на электрическую энергию при пилении

Расходы на потребляемую электрическую энергию $C_{эл}$, тыс. руб.,

$$C_{эл} = C_{э} \cdot M_y \cdot K_{м.э} \cdot T_{эф}, \quad (9)$$

где $C_{э}$ – цена за 1 кВт · ч электроэнергии, тыс. руб.; M_y – установленная мощность электродвигателей станка, кВт; $K_{м.э}$ – коэффициент использования электродвигателей по мощности, равный отношению величины потребляемой мощности на полезную и холостую работу оборудования к установленной мощности электродвигателей.

Цена за 1 кВт · ч электроэнергии для предприятия в 2015 г. составляла $C_{э} = 2220$ руб. Установленная мощность электродвигателей станка 8,6 кВт. Коэффициент использования электродвигателей по мощности по данным предприятия до внедрения $K_{м.э} = 0,8$, после внедрения – $K_{м.э} = 0,7$.

Таким образом, расходы на потребляемую электрическую энергию до внедрения $C_{эл1}$ и, соответственно, после $C_{эл2}$ приведены ниже:

$$C_{эл1} = 2,22 \cdot 8,6 \cdot 0,8 \cdot 995,68 = 15\,207,6 \text{ тыс. руб.};$$

$$C_{эл2} = 2,22 \cdot 8,6 \cdot 0,7 \cdot 1066,8 = 14\,257,1 \text{ тыс. руб.}$$

4. Расчет экономического эффекта от внедрения рациональных режимов пиления

Экономия затрат при пиления $\mathcal{E}_п$, млн. руб.,

$$\mathcal{E}_п = \left(\frac{C_{\Sigma1}}{П_{\Phi1}} - \frac{C_{\Sigma2}}{П_{\Phi2}} \right) \cdot П_{\Phi2}, \quad (10)$$

где $C_{\Sigma1}$, $C_{\Sigma2}$ – сумма эксплуатационных затрат до внедрения рациональных режимов пиления и после соответственно:

$$C_{\Sigma1} = C_{и1} + C_{зат1} + C_{эл1}; \quad (11)$$

$$C_{\Sigma1} = 72\,000 + 86\,400 + 15\,207,6 = 173\,607,6 \text{ тыс. руб.};$$

$$C_{\Sigma2} = C_{и2} + C_{зат2} + C_{эл2}; \quad (12)$$

$$C_{\Sigma2} = 60\,000 + 72\,000 + 14\,257,1 = 146\,257,1 \text{ тыс. руб.};$$

$$\mathcal{E}_п = \left(\frac{173\,607,6}{1\,075\,354,4} - \frac{146\,257,1}{1\,152\,144,0} \right) \cdot 1\,152\,144,0 = 39\,747,6 \text{ тыс. руб.} \quad (13)$$

Заключение. Как следует из проведенных расчетов, внедрение разработанных рациональных режимов пиления ламинированных древесностружечных плит на предприятии ЧПУП «Мебельная фабрика «Пинскдрев-Адриана» позволило: 1) увеличить технологическую стойкость дисковых пил для форматной обработки в среднем на 23% и, соответственно, сократить потери времени, связанные с заменой режущего инструмента; 2) снизить энергетические затраты на процесс обработки облицованных плитных древесных материалов на 6,2%; 3) снизить затраты на потребляемый режущий инструмент и его подготовку (заточку) на 16,7%; 4) обеспечить экономию затрат при пиления в размере 39 747,6 тыс. руб. в расчете на один станок.

Литература

1. Лукаш В. Т., Гриневич С. А. Технологическая стойкость и начальная мощность при обработке ламинированных ДСтП пилами с плоско-трапециевидным профилем зубьев // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообраб. пром-сть. 2010. Вып. XVIII. С. 234–239.
2. Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 17 октября 2014 г. № 91 «Об установлении расчетной нормы рабочего времени на 2015 год» // Главный бухгалтер: электронный журнал. URL: <http://www.gb.by/izdaniya/glavnyi-bukhgalter/postanovlenie-mintruda-i-sotszashchity-r-6> (дата обращения: 22.06.2015).

References

1. Lukash V. T., Grinevich S. A. Technological resistance and initial power at processing laminated chipboard saws with flat-trapezoidal tooth profile. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series II, Forest and Woodworking. Industry, 2010, issue XVIII, pp. 234–239 (In Russian).
2. *Postanovlenie Ministerstva truda i social'noy zashchity Respubliki Belarus' ot 17 oktyabrya 2014 g. № 91 "Ob ustanovlenii raschetnoy normy rabocheho vremeni na 2015 god"* [Decree of the Ministry of labor and social protection of the Republic of Belarus of October 17, 2014 year, no. 91. "On establishing the rules of calculation of working time for 2015 year". Available at: <http://www.gb.by/izdaniya/glavniy-bukhgalter/postsnovlenie-mintruda-i-sotszashchity-r-6>. (accessed 22.06.2015).

Информация об авторе

Лукаш Валерий Тадеушевич – соискатель, заведующий лабораторией кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Lukash@belstu.by

Information about the author

Lukash Valeriy Tadeushevich – external doctorate student, Head of the Laboratory, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Lukash@belstu.by

Поступила 20.02.2015