

Імовірність відмови гідравлічної підчастини в 12 разів менша, ніж імовірність відмови кінематичної підчастини. Крім цього мають місце одночасні відмови як гідравлічної, так і кінематичної підчастин.

Визначені показники ремонтпридатності гідравлічної підчастини дозволяють застосувати метод імітаційного моделювання технічної експлуатації обладнання ліній пресування ДСП.

Література

1. Лозовський В.Н. Надежность гидравлических агрегатов. – М.: Машиностроение, 1974. – 319 с.
2. Одинцов Е.Н. Ремонт оборудования для производства древесностружечных плит. – М.: Лесная пром-сть, 1991. – 240 с.
3. Комаров А.А. Надежность гидравлических приводов. – К: Техніка, 1969. – 49 с.
4. Комаров А.А. Надежность гидравлических устройств самолетов. – М.: Машиностроение, 1976. – 224 с.

УДК 674.053 : 621.91

Аспір. В.В. Пуна* – УкрДЛТУ

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ МЕРЗЛОЇ ДЕРЕВИНИ СТРІЧКОВОЮ ПИЛКОЮ

Проведено теоретичні дослідження оптимізації режимів різання мерзлої деревини стрічковою пилкою за критерієм собівартості обробки. Вибрано формули для визначення оптимальної собівартості обробки. Розроблено алгоритм розрахунку режимів різання. Виявлено фактори, які найбільше впливають на величину питомої роботи різання.

V.V. Puna – USUFWT

Optimization of cutting modes of frozen wood by a band saw

Theoretical studies of frozen wood modes optimization with a band saw according to the criterion of a recoupment of processing have been carried out. Formulas for determining optional processing recoupment have been chosen. An algorithm of cutting modes calculation have been developed. Factors, influencing most of all the magnitude of a specific cutting operation, have been revealed.

Незважаючи на широке використання різних типів стрічкопилкових верстатів, в літературі і наукових дослідженнях мало публікацій, присвячених обґрунтуванню режимних параметрів процесу різання мерзлої деревини стрічковою пилкою. На основі аналізу науково-дослідних робіт, виконаних Худяковим В.А., Феоктистовим А.С., Мікловциком Н.Ю. та іншими нами встановлено, що залежність питомої роботи різання від режимних факторів можна описати імперичною формулою:

$$K = C \cdot a_n \cdot a_p \cdot a_t \cdot S_z^x \cdot H^y \cdot E^q, \quad (1)$$

де: C – постійний коефіцієнт; a_n , a_p , a_t – коефіцієнти, що враховують породу, густину і температуру деревини; S_z – подача на зуб, мм; H – висота пропилю, мм; E – кут нахилу пилки до волокон деревини, град.

Існуючі режими різання для обробки деревини, розроблені різними організаціями, не враховують зношення різального інструменту. Це не дозволяє вважати ці режими оптимальними, тому що стрічкові пилки є дорогим і швидкозношуваним інструментом.

У Львівському лісотехнічному інституті під керівництвом проф. Тімонена С.М. [1] проведені дослідження, в яких показано, що на величину зношення зубів пилки впливає подача на зуб пилки, швидкість різання і шлях, пройдений різцем у деревині. Залежність площі зношення зубів від цих факторів можна описати формулою:

$$F = A \cdot V^{x_F} \cdot S_z^{y_F} \cdot L^{q_F}, \quad (2)$$

де: A – постійний коефіцієнт, що визначається дослідним шляхом; V – швидкість різання м/с; L – шлях, пройдений зубом пилки, км; x_F , y_F , q_F – показники степеня;

Якщо площа зношення зубів досягає граничного значення F_{Γ} , для якого практично відсутній задній кут різання, то настає нагрівання інструменту, різко погіршується якість розпилювання, зростає потужність різання. З врахуванням цього з формули (2) визначаємо граничний шлях різання:

$$L_{\Gamma} = \left(\frac{F_{\Gamma}}{A \cdot V^{x_F} \cdot S_z^{y_F}} \right)^{1/q_F}. \quad (3)$$

Оптимальним можна вважати такий режим різання, для якого буде отримана мінімальна собівартість обробки одиниці продукції [2]:

$$C_o = E_o + E_i + E_d \rightarrow \min, \quad (4)$$

де: E_o , E_d , E_i – витрати на виконання основної і допоміжної операцій та на утримання інструменту.

Значення E_o та E_i визначають за формулами:

$$E_o = \frac{\tau_p \cdot n_p + \tau_o k_o + A \cdot C_M / 2m + \tau_M \cdot S_M + N_{вст} \cdot \tau_e \cdot K_B}{Q_{\phi}}, \quad (5)$$

$$E_i = \frac{\left[t_n (\lambda \cdot g_o + \tau_p / 60 + A \cdot C_M / 120m + t_H \cdot \tau_H / 60 + C_i \frac{B_i}{a_i} + C_{3T}) \right]}{Q_L}, \quad (6)$$

де: τ_p – оплата праці робітника; n_p – кількість робітників; k_o – коефіцієнт, який враховує кількість допоміжних робітників; C_M – ціна верстата; m – змінність роботи верстата; S_M – площа, яку займає верстат; $N_{вст}$ – потужність верстата; k_B – коефіцієнт використання верстата; g_o – ціна електроенергії під час холостого ходу; c_i – ціна однієї пилки; B_i – зношення зуба пилки за одну переточку; A_i – допустиме зточування пилки за термін служби; C_{3T} – затрати на заточку однієї пилки; t_n – час затрачений на налагодження верстата; τ_n – оплата праці налагоджувальника; t_n – час витрачений на заміну інструменту; Q_{ϕ} – фактична годинна продуктивність; Q_L – продуктивність верстата за період стійкості інструменту;

Фактична годинна продуктивність визначається за формулою:

$$Q_{\phi} = \frac{60 \cdot \pi d_k^2 l_k \cdot K_M K_d}{4 \cdot (t_{px} + t_{xx})i + t_{qon}}, \quad (7)$$

де: d_k – діаметр колоди, мм; l_k – довжина колоди, мм; K_M – коефіцієнт використання машинного часу; K_d – коефіцієнт використання робочого дня; t_{px} , t_{xx} – тривалість робочого і холостого ходів; i – кількість разів на одну колоду;

Продуктивність верстата за період стійкості інструменту

* наук. керівник – доц. В.В. Шостак, д.т.н. – УкрДЛТУ

$$Q_L = \frac{L_f \cdot S_z \cdot Z \cdot \cos \varphi}{H}, \quad (8)$$

де Z – кількість зубів;

Витрати на допоміжні операції не залежать від режимних факторів процесу різання, тому ними можна знехтувати. $E_d = 0$

Функцію оптимізації режимів різання можна записати у вигляді:

$$C_o = \frac{A_o}{Q_\phi} + \frac{B_o}{Q_L} \rightarrow \min. \quad (9)$$

Після підстановки отриманих величин у функцію оптимізації можна отримати значення C_o , E_o і E_i залежно від подачі на різець S_z і кількості обертів шківів верстата n .

Аналіз залежностей собівартості обробки від подачі на зуб пилки показує (рис 1), що зі збільшенням S_z величина C_o постійно зменшується і досягає граничного значення для $[S_z]$, яке вибирається як мінімум:

$$[S_z] = \min[S_{z(N)}, S_{z(F_{in})}, S_{z(R_n)}, S_{z(I)}]. \quad (10)$$

Але це значення не є оптимальним, тому що C_o залежить від швидкості різання, тому подальше знаходження $C_{o(opt)}$ – (оптимального значення собівартості обробки) досягається зміною частоти обертання пилкового шківів n (рис. 2).

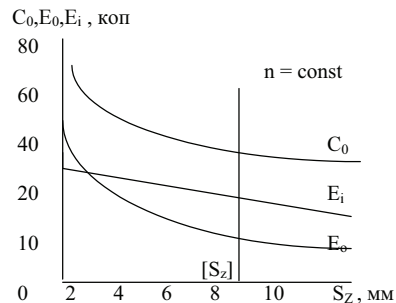


Рис. 1. Залежність собівартості обробки від подачі на зуб для постійної величини n

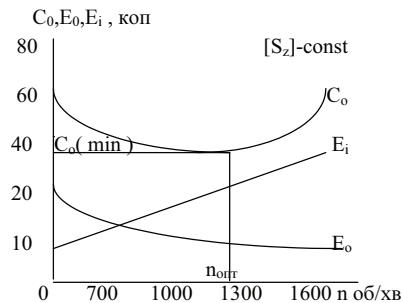


Рис. 2. Залежність собівартості обробки від частоти обертання пилкового шківів для максимально допустимого значення $[S_z]$

Алгоритм розрахунку режимів різання мерзлої деревини стрічковою пилкою показаний на рис. 3.

В цьому алгоритмі блок 3 обчислює постійні величини, винесені за цикли (A_o і B_o). Блоки 4 і 5 організовують цикли розрахунків для різних товщин пилки S_j і різних висот пропилих H_j . Далі задаємо початковими значеннями подачі на зуб $S_z = S_{zn}$ (блок 6) і частоти обертання $n = n_n$ (блок 7). Блок 8 визначає граничну довжину шляху L_f , фактичну годинну продуктивність Q_ϕ , фактичну продуктивність за період стійкості інструменту і перше значення собівартості обробки C_{o1} . Блок 9 збільшує величину частоти обертання пилкового шківів $n := n + \Delta n$ і знову виконує всі розрахунки, шукаючи друге значення собівартості обробки C_{o2} . Блоки 10, 11, 12, 13 виконують процедуру знаходження мінімуму функції методом поло-

винного ділення. Блок 14 визначає значення можливої помилки для оптимальної частоти обертання n_{opt} . Блоки 15, 16 перевіряють $S_{z(min)}$ з допустимою посылкою за об'ємом западини зуба. Блоки 17, 18 перевіряють $S_{z(min)}$ з допустимою посылкою за шорсткістю поверхні пропили. Блоки 19, 20 перевіряють значення посылки S_{zmin} з заданим значенням S_z . Ці розрахунки продовжуються доти, доки не буде виконано умову $(S_{z(min)} - S_z) < \xi_2$, де ξ_2 – наперед задане мале число, наприклад $\xi = 1,0 \cdot 10^{-4}$.

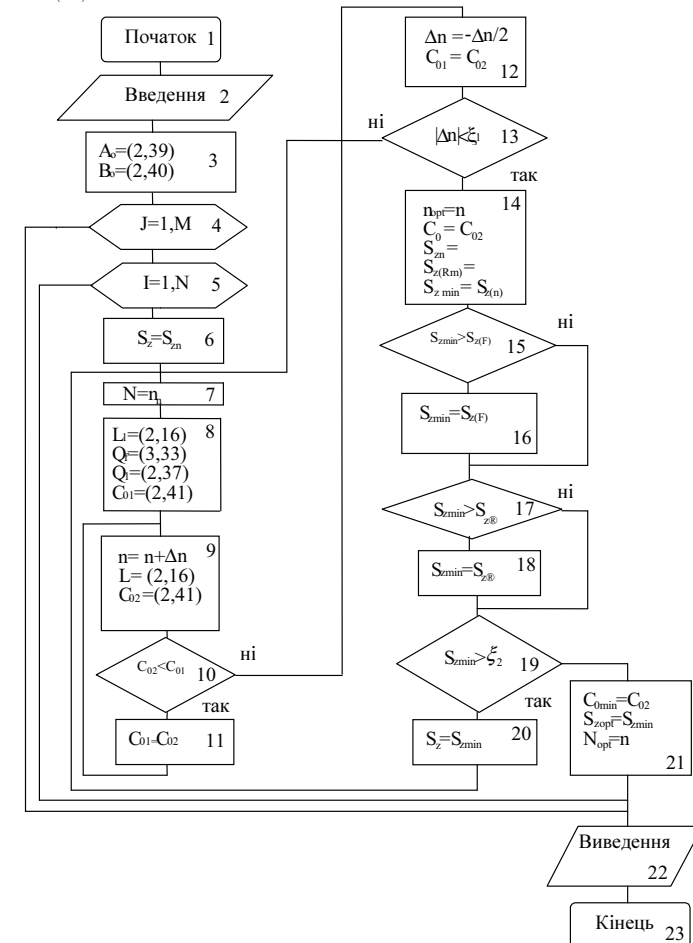


Рис. 3. Алгоритм розрахунку режимів різання мерзлої деревини

Після виконання цієї умови здійснюється перехід до блоку 21, де знайдені значення подачі на зуб і частоти обертання пилкового шківів приймають за оптимальні $S_{z(opt)}$ і $n_{(opt)}$. За цими режимами визначають всі вихідні показники. Блок 22 організовує виведення отриманих величин на зовнішній файл.

За цим алгоритмом буде складена програма для ПЕОМ.

Calculation of dynamic processes in electromechanical drive system with elastic clutch

Results of mathematical simulation of dynamic processes in drive system with elastic clutch are considered. The analysis is fulfilled in view of the electromagnetic phenomena in the induction motor. An efficiency of operation of controlled clutch are shown on designed examples.

Зниження віброактивності привідних систем є однією з найактуальніших проблем сучасного машинобудування. Дана проблема тісно пов'язана з аналізом нестационарних режимів роботи приводів і вимагає побудови математичної моделі агрегату як єдиної електромеханічної системи [1–3].

Розглянемо математичну модель привідної системи, що складається з асинхронного двигуна, пружної муфти та редуктора з виконавчим органом на вихідному валі. Розрахункова схема системи зображена на рис. 1, де J_1 , J_2 – момент інерції ротора двигуна та зведений до вала двигуна момент інерції редуктора; c , μ – жорсткість і коефіцієнт лінійного опору муфти; M_E – електромагнітний момент двигуна; M_0 – зведений момент сил корисного опору; φ_1 , φ_2 – кутові координати руху елементів системи.

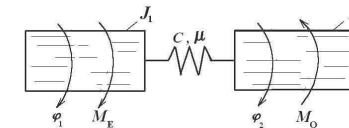


Рис. 1. Розрахункова модель привідної системи

Диференціальні рівняння руху механічних ланок запишемо у вигляді:

$$J_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} + c(\varphi_1 - \varphi_2) + \mu(\omega_1 - \omega_2) = M_E; J_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} - c(\varphi_1 - \varphi_2) - \mu(\omega_1 - \omega_2) = M_0, \quad (1)$$

де t – час; ω_1 , ω_2 – кутові швидкості елементів з моментами інерції J_1 , J_2 .

Якщо привідна система оснащена керованою муфтою квазінульової жорсткості, то рівняння руху набувають вигляду:

$$J_1 \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} + M_c = M_E; J_2 \frac{d^2 \varphi_2}{dt^2} - M_c = M_0, \quad (2)$$

де M_c – момент сил пружності муфти,

$$M_c = c_1 \Delta + \mu_1 \dot{\Delta}, \text{ якщо } \Delta < \Delta_1;$$

$$M_c = c_1 \Delta_1 + c_2 (\Delta - \Delta_1) + \mu_2 \dot{\Delta}, \text{ якщо } \Delta_1 \leq \Delta \leq \Delta_2;$$

$$M_c = c_1 \Delta_1 + c_2 (\Delta_2 - \Delta_1) + c_1 (\Delta - \Delta_2) + \mu_1 \dot{\Delta}, \text{ якщо } \Delta > \Delta_2. \quad (3)$$

Тут Δ і $\dot{\Delta}$ – кутова деформація і швидкість кутової деформації муфти,

$$\Delta = \varphi_1 - \varphi_2, \dot{\Delta} = \omega_1 - \omega_2; \quad (4)$$

Δ_1 і Δ_2 – значення кутових деформацій пружної ланки, у межах яких муфта має квазінульову жорсткість; c_1 , c_2 , μ_1 , μ_2 – квазіпружні коефіцієнти та коефіцієнти лінійного опору муфти, причому

$$\begin{aligned} c &= c_1; \quad \mu = \mu_1, \text{ якщо } \Delta_1 > \Delta > \Delta_2; \\ c &= c_2; \quad \mu = \mu_2, \text{ якщо } \Delta_1 \leq \Delta \leq \Delta_2. \end{aligned} \quad (5)$$

За результатами проведених теоретичних досліджень можна зробити висновки:

1. На величину питомої роботи різання під час розпилювання стрічковою пилою впливають такі фактори:

- подача на зуб S_z ; висота пропилю H ; кут нахилу пилки до напрямку швидкості подачі (кінематичний кут зустрічі); гострота інструменту; температура деревини (мерзла, тала); відносна вологість деревини W , %; кут різання різців δ , град; порода деревини.

2. Гострота інструменту виявляє значний вплив на енергетичні і якісні показники різання стрічковою пилою. Особливість цього фактора полягає в тому, що він змінюється в часі залежно від шляху, пройденого зубом пилки у матеріалі. Крім цього, на зношеність і затупленість інструменту впливають режими різання: швидкість подачі S_z і швидкість різання V_r .

3. Якість процесу різання стрічковою пилою визначається шорсткістю поверхні пропилю в межах від 100 до 800 мкм, для подачі на зуб від 0,1 до 1,2 мм. Більші значення подачі на зуб допускаються для твердolistяних порід і менші – для шпилькових (для розведених зубів).

4. Критерієм, що характеризує оптимальні значення режимних параметрів процесу різання стрічковою пилою є собівартість обробки одного погонного метра розпиленої продукції. В собівартість оброблення входять витрати на виконання основних і допоміжних операцій та витрати на утримання інструменту.

Зі збільшенням подачі на різець собівартість обробки одиниці продукції зменшується.

Зі збільшенням швидкості різання (частоти обертання пилкового шків) собівартість обробки спочатку падає, а потім зростає. Існує така точка, для якої собівартість обробки є мінімальною. Вона і буде характеризувати оптимальний режим різання.

5. Обмеженнями цільової функції оптимізації за критерієм собівартості обробки будуть:

- можлива подача на зуб за потужністю двигуна механізму різання;
- можлива подача на зуб за об'ємом западини зуба;
- можлива подача на зуб за якістю поверхні (шорсткість, точність, площинність);
- можлива подача на зуб за жорсткістю пилки, що зумовлена критичною силою натягування пилки.

Література

1. Тимонен С.М. Износ и затупляемость зубьев пил как функция пути резания // Лесн. журн. – 1969. – № 3. – С. 67–72. – (Изв. высш. учебн. заведений).

2. Шостак В.В. Оптимизация режимов пиления на круглопильных станках // Лесн. журн. – 1991. – № 3. – С. 70 – 74. – (Изв. Высш. учебн. заведений).

УДК 621.825.001

Проф. Є.В. Харченко, д.т.н.;

аспір. К.К. Колесник – НУ "Львівська політехніка"

РОЗРАХУНОК ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРО-МЕХАНІЧНІЙ ПРИВІДНІЙ СИСТЕМІ З ПРУЖНОЮ МУФТОЮ

Розглядаються результати математичного моделювання динамічних процесів у привідній системі з пружною муфтою. Аналіз виконується з урахуванням електромагнітних явищ в асинхронному двигуні. На розрахункових прикладах ілюструється ефективність роботи керованої муфти.