

стема имела наибольшие потери $\Delta П$. Работать постоянно в режиме внешней дозагрузки практически нельзя из-за ограниченного запаса рассортированных хлыстов. Кривые 2 и 3 характеризуют часовой прирост производительности при специализации потоков системы, имеющих соответственно четыре и шесть потоков (хлысты разных пород обрабатывают одинаковое число потоков). Прирост часовой производительности для четырех и шести поточных технологических систем получен суммированием показателей двухпоточной системы и может достигать, соответственно, 1,75 и 2,6 %.

Разработанная математическая модель позволяет определить условия достижения максимального прироста производительности системы при специализации потоков по видам перерабатываемого сырья, зависящей не только от объемного соотношения пород хлыстов и их среднего объема, но и от других факторов (числа выпиливаемых сортиментов, расположения лесонакопителей и т. д.). Это учитывается в модели численными значениями параметров $\lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2$, определяемыми для конкретных природно-производственных условий путем фотохронометражных наблюдений.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Вяля А. И. Экономическая эффективность применения многопильного блока в составе линии ЛО-15С для вторичной разделки длинномерных сортиментов // Тр. / ЦНИИМЭ.— Химки, 1975.— Вып. 145.— С. 16—20. [2]. О в ч а р о в Л. А. Прикладные задачи теории массового обслуживания.— М.: Машиностроение, 1969.— 324 с.

Поступила 6 июля 1987 г.

УДК 630*323.4

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РАСКРЯЖЕВКИ ЦЕПНОЙ ПИЛОЙ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПОДАЧИ

А. С. ТОРОПОВ

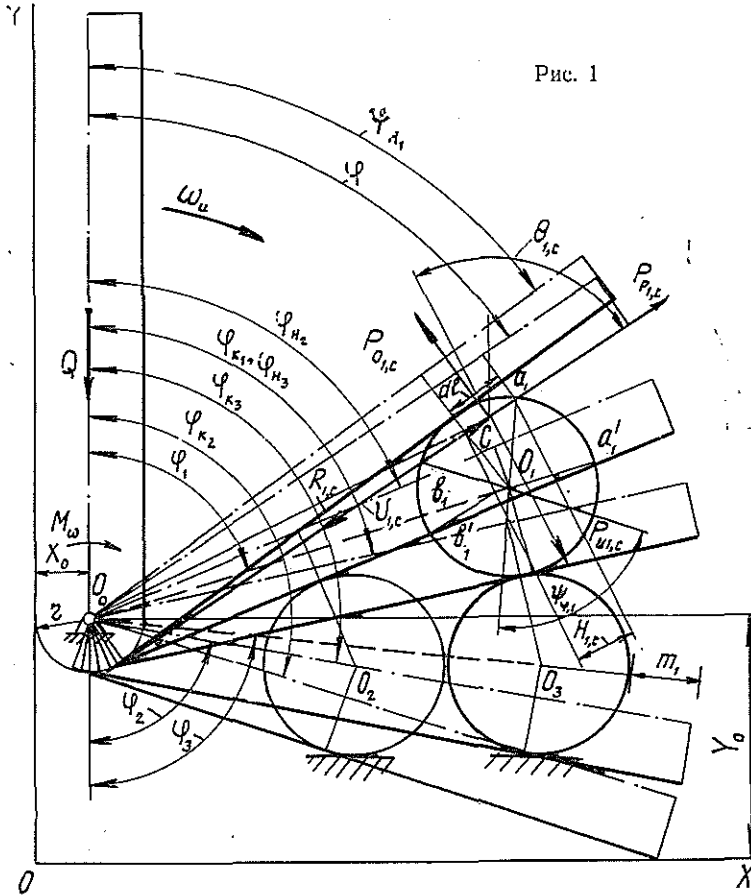
Марийский политехнический институт

В процессе раскряжевки лесоматериалов требуется обеспечить оптимальный (качественный) раскрой, необходимую производительность, минимальную энергоемкость, оптимальную загрузку установки, беззажимное пиление, высокую надежность установки. Решение поставленных задач возможно на основе теории автоматического регулирования управляемых параметров раскряжевочной установки, для определения которых необходима математическая модель.

Учеными Воронежского лесотехнического института разработан измерительно-информационный комплекс автоматизированной системы управления технологическим процессом производства круглых лесоматериалов на основе теории автоматического оптимального раскроя. «Телевизионный глаз» измеряет диаметр, определяет координаты центра поперечного сечения, отмечает неоднородность поверхности и кривизну [2].

В монографии [1] исследованы механизмы резания для поштучной раскряжевки лесоматериалов. В данной работе приведена математическая модель процесса раскряжевки цепной пилой с вращательным движением подачи.

Модель может быть использована для определения параметров процесса при поштучной, групповой и пачковой раскряжевке лесоматериалов.



На рис. 1 представлена схема механизма резания с вращательным движением подачи, у которого каждый элемент резания C движется прямолинейно в направлении вектора скорости резания $v_{1,c}$ и вращается относительно точки O_0 с угловой скоростью ω_u .

Процесс резания характеризуют следующие основные величины: X_0Y_0 — координаты оси вращения механизма резания в системе XOY ; X_i, Y_i, d_i — соответственно, координаты центра и диаметр i -го предмета раскряжевки; n — количество обрабатываемых лесоматериалов; φ — угол между осью Y и осью механизма резания в рассматриваемый момент раскряжевки; $\varphi_{нi}, \varphi_{кi}$ — углы между осью Y и осью механизма резания в начальный и конечный момент резания i -го предмета раскряжевки; φ_i — угол между осью Y и линией, соединяющей ось качания (вращения) механизма резания с центром поперечного сечения i -го предмета раскряжевки; α — угол подачи механизма резания при раскряжевке; $R_{i,j}$ — радиус подачи j -го элемента при резании i -го предмета раскряжевки; $u_{i,j}$ — скорость подачи j -го элемента при резании i -го предмета раскряжевки в определенный момент подачи; $v_{i,j}$ — скорость резания j -м элементом i -го предмета раскряжевки в определенный момент подачи; $\theta_{i,j}$ — кинематический угол встречи, угол между векторами $u_{i,j}$ и $v_{i,j}$; $H_{i,j}$ — высота резания j -м элементом i -го предмета раскряжевки в определенный момент подачи; r — смеще-

ние линии движения зубьев пильной цепи относительно оси качания (вращения); $K_{i,j}$, $P_{pi,j}$, $P_{oi,j}$ — соответственно, удельная работа резания, сила сопротивления резанию, сила сопротивления отжиму (затягиванию) при раскряжевке i -го лесоматериала j -м элементом механизма резания в определенный момент подачи; Z_i — количество элементов резания в определенный момент подачи при раскряжевке i -го лесоматериала; H'_i — длина резания в определенный момент подачи при раскряжевке i -го лесоматериала; dl — длина резания одним элементом (шаг зубьев); L — длина механизма резания; S_{II} — толщина механизма резания; c — развод зубьев на сторону.

Используя рис. 1, можно найти, что:

$$\varphi_i = \arcsin \frac{X_i}{\sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2}}; \quad (1)$$

$$\varphi_{ni} = \varphi_i - \arcsin \frac{d_i + 2r}{2\sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2}}; \quad (2)$$

$$\varphi_{ki} = \varphi_i + \arcsin \frac{d_i - 2r}{2\sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2}}; \quad (3)$$

$$a_i b_i = H'_i = 2 \sqrt{\frac{d_i^2}{4} - [V(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2 \sin(\varphi_i - \varphi) - r]^2}; \quad (4)$$

$$R_{i,j} = \sqrt{\left[V(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2 \cos(\varphi_i - \varphi) + \frac{H'_i - dl(2j-1)}{2} \right]^2 + r^2}; \quad (5)$$

$$\Theta_{i,j} = \arccos \frac{r}{R_{i,j}}; \quad Z_i = H'_i / dl; \quad d = \max(\varphi_{ki}) - \min(\varphi_{ni}); \quad (6)$$

$$u_{i,j} = R_{i,j} \omega_u; \quad H_{i,j} = dl \sin(\Theta_{i,j}) \quad (7)$$

при $\varphi_{ni} < \varphi < \varphi_{ki}$.

Высота резания при раскряжевке i -го лесоматериала

$$H_i = \sum_{j=1}^{z_i} H_{i,j} \quad (8)$$

а высота резания при одновременной раскряжевке n лесоматериалов

$$H_k = \sum_{i=1}^n H_i \quad (9)$$

Если $H_k = f(\varphi)$ — функция, непрерывная на участке подачи $\min(\varphi_{ni}) \max(\varphi_{ki})$, то средняя высота резания H_c

$$H_c = \frac{\int_{\min(\varphi_{ni})}^{\max(\varphi_{ki})} f(\varphi) d\varphi}{\max(\varphi_{ki}) - \min(\varphi_{ni})} \quad (10)$$

Окончательно средняя H_c и максимальная H_{max} высоты резания могут быть определены как

$$H_c = \frac{1}{q} \sum_{k=1}^q H_k; \quad H_{max} = \max(H_k), \quad (11)$$

где q — число шагов варьирования при расчете H_k .

Необходимая длина механизма резания

$$L = \max(L_i) + 2r + m_1, \quad (12)$$

$$\text{где } L_i = \sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2 - r^2} + \frac{d_i}{2};$$

m_1 — запас, учитывающий кривизну, закомелистость, овальность сечений предмета раскряжевки.

Производительность механизма резания характеризуется площадью резания в единицу времени. Площадь резания предмета раскряжевки с центром O_1 в момент подачи (рис. 1) может быть определена с учетом следующих выражений:

$$S_1 = S'_1 - S''_1; \quad S'_1 = d_1^2 \psi_{\varphi, 1} / 8; \quad S''_1 = 0,25 H'_1 d_1 \cos(\psi_{\varphi, 1} / 2);$$

$$\psi_{\varphi, 1} = 2 \arcsin(H'_1 / d_1),$$

где S'_1 — площадь сектора $O_1 a_1 b_1$;
 S''_1 — площадь треугольника $O_1 a_1 b_1$.

В общем виде площадь резания i -го лесоматериала (S_i)

$$S_i = S'_i - S''_i, \text{ если } \varphi < \varphi_i - \arcsin \frac{r}{\sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2}}, \quad (13)$$

или

$$S_i = (\pi d_i^2 / 4) - S'_i + S''_i,$$

где $S'_i = d_i^2 \psi_i / 8$; $S''_i = 0,25 H'_i d_i \cos(\psi_i / 2)$; $\psi_i = 2 \arcsin(H'_i / d_i)$.

Площадь резания при обработке n предметов раскряжевки в момент подачи

$$S_k = \sum_{i=1}^n S_i \quad (14)$$

при $\varphi_{n_i} < \varphi < \varphi_{k_i}$; если $\varphi \leq \varphi_{n_i}$, $S_i = 0$, а при $\varphi \geq \varphi_{k_i}$, $S_i = \pi d_i^2 / 4$.

Производительность механизма резания Π_k на участке подачи $d\varphi$ (при малом значении $d\varphi$ можно считать, что в k -й момент подачи) найдем из выражения

$$\Pi_k = (S_k - S_{k-1}) \omega_u d\varphi, \quad (15)$$

где S_k — площадь резания в k -й момент подачи;
 S_{k-1} — площадь резания в $(k-1)$ -й момент подачи.

Наибольшая производительность резания Π_{max} равна максимальному значению массива Π_k , т. е.:

$$\Pi_{max} = \max(\Pi_k). \quad (16)$$

Пусть $\Pi_k = F(\varphi)$ — функция, непрерывная на отрезке $\min(\varphi_{n_i})$ $\max(\varphi_{k_i})$, тогда средняя производительность резания Π_c :

$$\Pi_c = \frac{1}{q} \sum_{k=1}^q \Pi_k. \quad (17)$$

С помощью крутящего момента M_ω осуществляется вращательное движение механизма резания. С учетом работы [2]

$$M_\omega = \pm \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{z_i} P_{oi, j} \sqrt{R_{i, j}^2 - r^2} \right) \pm \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{z_i} P_{pi, j} r \right) \pm Q \frac{L - 2r}{2} \sin \varphi, \quad (18)$$

где $P_{oi, j} = 0,2 a_p^2 P_{pi, j}$; $P_{pi, j} = K_{i, j} (S_n + 2C) H_{i, j} \frac{u_{i, j}}{v_{i, j}}$.

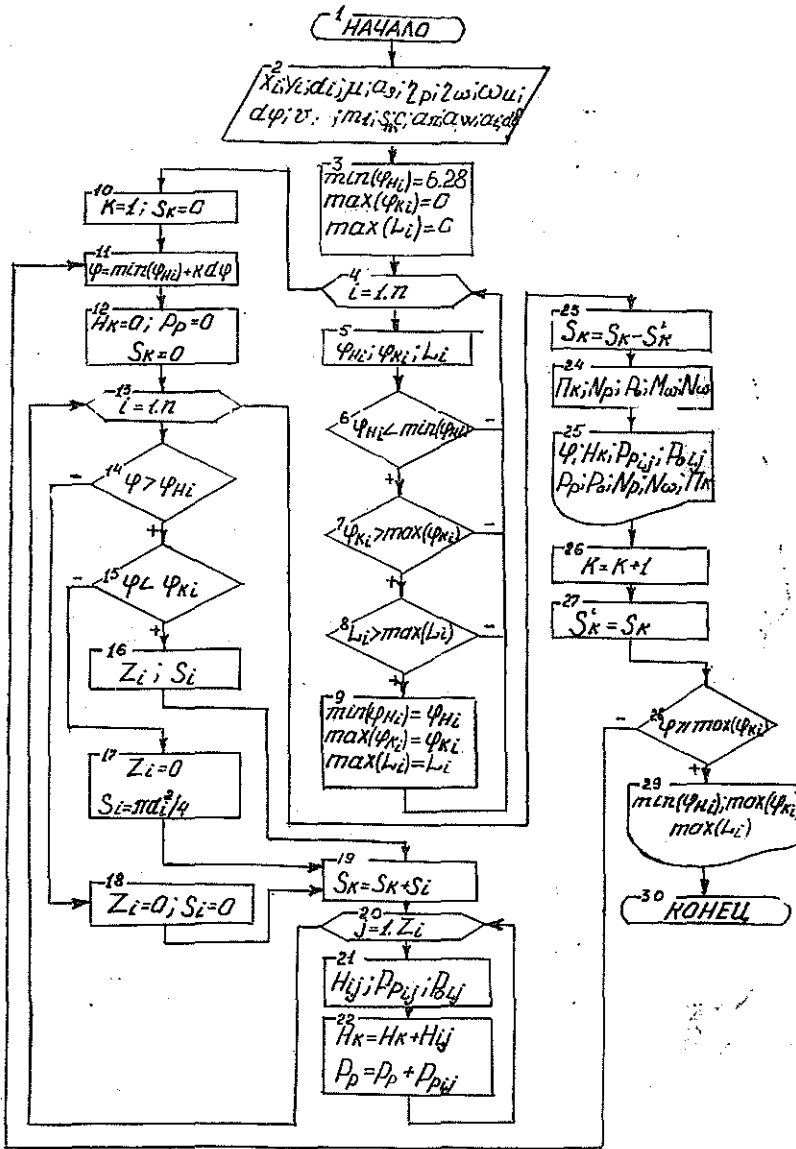


Рис. 2. Схема алгоритма программы расчета параметров МРПВ

Здесь

$$K_{l,j} = 2,65 \cdot 10^5 a_n a_w a_t a_p a_i [(v_{i,j}/dl) u_{l,j} (S_n + 2C)]^{0,33},$$

где a_n, a_w, a_t, a_p — соответственно коэффициенты, учитывающие породу, влажность, температуру древесины и затупленность зубьев пилы.

Суммарная мощность механизма резания N равна

$$N = N_p + N_w, \tag{19}$$

где N_p, N_w — соответственно, мощность, затрачиваемая на резание и на подачу.

В свою очередь, N_p и N_ω определим по формулам

$$N_p = (1 + 0,2\alpha_p^2\mu) \varphi \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{Z_i} P_{pi,j} \right) / \eta_p; \quad N_\omega = M_\omega \omega_u / \eta_\omega, \quad (20)$$

где μ — коэффициент трения пильной цепи о шину;
 η_p, η_ω — соответственно, кпд приводов резания и подачи;
 v — скорость резания.

С учетом изложенного разработана программа расчета параметров механизма резания (МРПВ) для варианта подачи $\omega_u = \text{const}$. Схема алгоритма программы расчета параметров механизма резания прямолинейного действия с вращательным движением подачи представлена на рис. 2.

Таким образом, математические зависимости (1) — (20) могут быть рекомендованы для обоснования и расчета параметров цепной пилы с вращательным (качательным) движением подачи при поштучной, групповой и пачковой раскряжевке лесоматериалов.

Разработанная программа МРПВ позволяет определять необходимые параметры механизма резания для конкретных производственных условий, исследовать процесс резания с учетом взаимодействия каждого элемента механизма резания с древесиной.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Залегаллер Б. Г. Расчет пильных механизмов раскряжевочных установок. — Л.: ЛГУ, 1974. — 180 с. [2]. Федоров Р. Формула дерева // Правда. — 1985. — 6 июня.

Поступила 13 июля 1987 г.

УДК 621.86 : 62-505

ОПТИМИЗАЦИЯ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕНОСА ГРУЗА МАНИПУЛЯТОРОМ В РАСКРЯЖЕВОЧНОЙ УСТАНОВКЕ

С. П. ДОРОХОВ
СНПЛО

В работах [1, 2] дан анализ процесса подачи хлыстов манипулятором к продольному транспортеру раскряжевочной установки. Отмечается, что когда время $T_{п.х}$ цикла подачи хлыста превышает время T_p цикла раскряжевки предыдущего хлыста, т. е. $T_{п.х} > T_p$, возникают простои раскряжевочной установки. В связи с этим появляется необходимость сокращения времени $T_{п.х}$.

Не меняя мощности привода манипулятора, время $T_{п.х}$ можно сократить выбором оптимальной по быстродействию траектории (ОБТ) переноса груза (хлыста) из пачки к продольному транспортеру раскряжевочной установки.

На рис. 1 представлена схема процесса подачи хлыста шарнирно-рычажным манипулятором к продольному транспортеру раскряжевочной установки, где введены следующие обозначения: φ и ψ — обобщенные координаты; α_1 — угол поворота стрелы; α_2 — угол поворота рукоятки относительно стрелы; l_1 — длина стрелы; l_2 — расстояние от оси шарнирного соединения рукоятки со стрелой до центра C сечения хлыста; ω_1 — угловая скорость стрелы; ω_2 — угловая скорость рукоятки.

Применительно к этому процессу задачу отыскания ОБТ сформулируем так: найти кривую, при движении по которой центр сечения хлыста