



Рис. 2. Зависимости и некоторые частные примеры определения направления магистрального пути.

a — зависимость комплексного коэффициента A от срока действия магистрального в данной полосе лесного массива; $1 - Q_r = 450$ тыс. м³; $2 - Q_r = 300$ тыс. м³; $3 - Q_r = 150$ тыс. м³; *b* — зависимость предельного значения координаты $x_{пр}$ точки B от ширины полосы; $1 - A = 1,75 \times 10^{-5}$; $2 - A = 3,5 \cdot 10^{-5}$; $3 - A = 7,0 \cdot 10^{-5}$; *в* — пример назначения направления магистрального пути при ширине полос b_{max} , определяемой по формуле (10); *г* — возможный вариант направления магистрального пути $OAB'C$ с ответвлением AD для лесных массивов со сложной конфигурацией границ и весьма неравномерным размещением запасов леса.

На рис. 2, *a* представлена зависимость $A = f(n)$ для лесовозной дороги с гравийной дорожной одеждой при $C_m = 30\,000$ р.; $k_m = 0,05$ р./м³ · км; $k_b = 0,09$ р./м³ · км; а на рис. 2, *б* — зависимость $x_{пр} = f(b)$ для трех пространственных значений A .

С учетом того, что при размещении веток в лесном массиве эксплуатационная площадь последнего разделяется на отдельные зоны тяготения к веткам, ширину каждой полосы целесообразно принимать равной оптимальному расстоянию между ветками у мест их примыкания к магистральному пути. Таким образом,

$$b = \sqrt{\frac{C_b - C_{ус}}{30\gamma b_{ус}}}, \quad (9)$$

где C_b — стоимость постройки и содержания (за срок службы) 1 км головного участка ветки, р./км;

$C_{ус}$ — стоимость постройки и содержания 1 км уса, р./км;

$b_{ус}$ — стоимость пробега леса по усу, р./м³ · км).

Из формулы (7) и рис. 2, *б* видно, что координата $x_{пр} = 0$ при

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.023

РЕГУЛИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССОВ ПРОДОЛЬНОГО ПИЛЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ

В. Р. ФЕРГИН

Московский лесотехнический институт

Регулирование процессов продольного пиления древесины на лесопильных рамах, кругло-и ленточнопильных станках обеспечивает их интенсификацию благодаря повышению производительности распиловки сырья и уменьшению упущенной выгоды из-за снижения припусков размеров пиломатериалов и улучшения качества их обработки. При регулировании своевременно компенсируется действие возмущающих факторов и полнее используются резервы, созданные благоприятными условиями пиления (например, при пилении острыми пилами в начале периода, качественной подготовке и установке пил, хорошем техническом состоянии оборудования и т. д.). Управляющие факторы при регулировании: скорость подачи и уровни настройки пил для каждой доски в поставе.

Известные методы статистического регулирования качества обработки при пилении [3, 7] являются периодическими. Они позволяют компенсировать возмущающие воздействия, связанные с техническим состоянием оборудования, подготовкой, установкой и натяжением пил, свойствами древесины и затуплением пил. Однако в течение межконтрольного промежутка процесс пиления, по существу, управляется неформализованно, лишь по опыту и интуиции оператора, что приводит к потерям. Методы непрерывного регулирования в течение межконтрольного промежутка можно реализовать в системах с разомкнутой цепью воздействия как программное управление скоростью подачи x_1 во времени t и в функции текущего расчетного диаметра бревна, а также в комбинации программного управления скоростью подачи во времени с регулированием по возмущению, связанному с измеряемым изменением диаметра бревна [1, 6]. Программы регулирования $x_1(t)$ рассчитывают для усредненных свойств древесины, характеристик износа зубьев пил, сбега бревен.

Более совершенны методы регулирования процессов пиления с замкнутой цепью воздействия (по отклонению). Учитывая трудности, связанные с непрерывным измерением показателей качества обработки при пилении, может оказаться эффективным метод регулирования по отклонению косвенных показателей, коррелированных с показателями качества обработки, например, усилий и мощности резания [2]. Тогда установку регулирования, например мощность резания, задают на уровне, который обеспечивает требуемое качество обработки. Стабилизируемую мощность резания $[N_p]$ в каждом межконтрольном промежутке рассчитывают из соотношения (при условии, что основным является ограничение по точности обработки)

$$\int_{t_1}^{t_2} x_1(t, [\sigma]) dt = \int_{t_1}^{t_2} x_1(t, [N_p]) dt, \quad (1)$$

где $[\sigma]$ — допустимое среднее квадратичное отклонение размеров пиломатериалов.

При регулировании мощности резания необходимо вводить ограничение на регулирующий фактор x_1 из-за межторцевых разрывов при распиловке сырья и по причине постепенного ввода пил в пропилы ввиду сбега бревен и брусьев. Это ограничение может быть программным по длине бревна и бруса с учетом затупления пил.

Регулирование процессов пиления по мощности резания позволит компенсировать влияние таких возмущающих факторов, как свойства древесины, затупление пил, высота пропила.

Рассмотренные методы непрерывного регулирования процессов пиления не имеют обратных связей по качеству обработки и не позволяют учитывать техническое состояние оборудования, подготовку, натяжение и настройку пил. Поэтому целесообразно комбинировать методы непрерывного и периодического регулирования. Тогда по результатам измерения показателей качества обработки следует корректировать уровни настройки пил, а также параметры программ управления скоростью подачи или уставку регулирования мощности резания, например последнюю, по формуле:

$$[N_p^{(d+1)}] = [N_p^{(d)}] \left(A_{d+1} + \frac{[\sigma] - \sigma_d}{[\delta]} \right). \quad (2)$$

Здесь $[N_p^{(d+1)}]$ — уставка регулирования мощности резания в $(d+1)$ -м межконтрольном промежутке;

$[N_p^{(d)}]$ — уставка регулирования в d -том межконтрольном промежутке;

σ_d — фактическое среднее квадратичное отклонение размеров пиломатериалов в конце d -того межконтрольного промежутка;

A_{d+1} — коэффициент для $(d+1)$ -го межконтрольного промежутка (рассчитывают по модели заранее для каждого межконтрольного промежутка).

Практическая реализация методов регулирования процессов пиления невозможна без организации операционного контроля качества обработки пиломатериалов (точности размеров и формы пиломатериалов, шероховатости поверхности распила). В настоящее время он является выборочным и производится контролерами при остановленном лесопильном оборудовании.

Важнейшими являются задачи планирования операций систематического выборочного контроля качества обработки и обоснования параметров измерительных средств. Контроль необходимо обосновать с позиций некоторого критерия эффективности, числа операций k_j за период G и числа измерений ω_j j -того показателя качества в каждой операции контроля. Их можно определить в результате минимизации суммарных затрат.

В общем случае для процессов пиления древесины имеем

$$G = \sum_{j=1}^n [s_1 + s_{2j} k_j \tau_{kj}(\omega_j) + \gamma_j s_{3j} \tau_{pj}(k_j) + s_{4j} k_j \alpha_j(\omega_j) + \gamma_j s_{3j} \beta_j(\omega_j)(T - k_j \tau_{kj})], \quad (3)$$

где s_1 — затраты на проведение измерений показателей качества обработки за период пиления T ;

s_{2j} — затраты в единицу времени, связанные с простоями оборудования с целью контроля j -того показателя качества;

τ_{kj} — время контроля j -того показателя качества обработки;

s_{3j} — затраты в единицу времени, связанные с выпилкой дефектных пиломатериалов по j -тому показателю;

- γ_j — доля пиломатериалов, дефектных по j -тому показателю при разладке оборудования;
 τ_{pj} — среднее время работы оборудования при незамеченной разладке по j -тому показателю;
 s_{4j} — затраты на подналадки оборудования по j -тому показателю качества обработки;
 α_j — вероятность ошибки первого рода при контроле j -того показателя;
 β_j — вероятность ошибки второго рода при контроле j -того показателя.

В частном случае для планирования процедур контроля точности размеров пиломатериалов (считая, что контроль точности формы пиломатериалов и шероховатости поверхности распила производится визуально без остановок оборудования как в настоящее время) критерий G примет вид

$$G = s_1 + s_2 k c \omega + \gamma s_3 \frac{d}{k} + s_4 k [0,5 \exp(-a\omega)] + \gamma s_3 [0,5 \exp(-b\omega)](T - k c \omega). \quad (4)$$

Здесь a, b, c, d — константы.

При обоснованных для рамного пиления исходных данных получены, независимо от диаметров сырья, параметры процедур контроля точности размеров пиломатериалов (табл. 1). Контрольные границы для статистического регулирования точности распиловки аналоговыми измерительными приборами рассчитаны по известным формулам [5] и приведены в табл. 2.

Таблица 1

Период пиления, мм	Число			
	операций контроля за период	измерений	измерений на доске (брусе)	контролируемых последовательно выпиленных досок (брусев)
160	3	6	3	2
240	3	9	3	3
480	4	12	3	4

Примечание. Рекомендуется производить измерения в трех местах доски (бруса): посередине и отступив от краев на 50—100 см.

Таблица 2

Период пиления, мм	Статистическая оценка			
	Среднее арифметическое, мм	Медиана, мм	Среднее квадратичное отклонение, мм	
			Верхняя граница	Нижняя граница
160	$\pm 0,41$	$\pm 0,51$	0,880	0,370
240	$\pm 0,34$	$\pm 0,43$	0,806	0,368
480	$\pm 0,33$	$\pm 0,42$	0,802	0,366

Примечание. Контрольные границы даны относительно распиловочных размеров пиломатериалов (с учетом припусков на усушку и на точность размеров [8]).

Для контроля точности размеров широко используют предельные приборы (например, измерительные вилки). Пусть величина интервала

между проходным и непроходным размерами $2f = 2,0$ мм ($f = \pm 1,0$ мм).

По данным контроля предельным прибором средняя погрешность размеров \bar{e} и среднее квадратичное отклонение $\bar{\sigma}$ вычисляют по формулам [4]

$$\bar{e} = \frac{f}{\Phi(f/\bar{\sigma})} (\omega_{\text{пр}} - \omega_{\text{непр}}); \quad (5)$$

$$\bar{\sigma} = \frac{f}{\Phi(f/\bar{\sigma})} \sqrt{\omega(\omega_{\text{пр}} + \omega_{\text{непр}}) - (\omega_{\text{пр}}^2 + \omega_{\text{непр}}^2) + 2\omega_{\text{пр}}\omega_{\text{непр}}}, \quad (6)$$

где $\omega_{\text{пр}}$ — число выходов измерений за проходной размер измерительной вилки;

$\omega_{\text{непр}}$ — число выходов измерений за непроходной размер;

Φ — функция Лапласа при усредненной величине $\bar{\sigma}$.

Расчеты показали, что при контрольных границах, указанных в табл. 2, погрешностях размеров измерительной вилки в пределах $\pm 0,1$ мм и величине интервала 2,0 мм должны быть рекомендованы следующие формализованные правила статистического регулирования процессов рамного пиления древесины:

1) при выходе только одного измерения в выборке за пределы измерительной вилки не следует вмешиваться в процесс пиления;

2) при выходе двух и более измерений за пределы вилки необходимо всегда уменьшать скорость подачи (или параметры ее регулирования) и производить поднастройку пил, если $|\omega_{\text{пр}} - \omega_{\text{непр}}| > 1$;

3) при отсутствии выходов измерений за пределы вилки можно увеличить скорость подачи или параметры ее регулирования в соответствии с алгоритмом регулирования, приняв $\bar{\sigma} = \frac{f}{3}$.

По этим правилам производят статистическое регулирование процессов пиления и при случайном сбое настройки пил, например, из-за засор и т. п.

Автоматизация контроля и регулирования процессов пиления наиболее эффективно может быть обеспечена во фрезернопильных линиях со сдвоенными агрегатами в условиях применения микропроцессорной техники и датчиков качества обработки пиломатериалов проходного типа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 237471 (СССР). Способ программного регулирования скорости подачи дереворежущих станков/ А. А. Пижурин, В. Р. Фергин.— Оpubл. в Б. И., 1969, № 8.
 [2]. А. с. 1174259 (СССР). Способ регулирования скорости подачи пильного станка/ В. Р. Фергин, В. Г. Берзиньш.— Оpubл. в Б. И., 1985, № 31. [3]. Головинский В. В. Статистические методы регулирования и контроля качества. Расчет оптимальных вариантов.— М.: Машиностроение, 1974.— 264 с. [4]. Роткоп Л. Л. Автоматическое управление процессами массового производства.— М.: Машиностроение, 1972.— 240 с. [5]. Статистические методы в инженерных исследованиях/ В. П. Бородюк, А. П. Воцнин, А. З. Иванов и др. Под ред. Г. К. Круга: Учеб. пособие для вузов.— М.: Высш. школа, 1983.— 216 с. [6]. Фергин В. Р. Методы оптимизации в лесопильно-деревообрабатывающем производстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— 216 с. [7]. Фергин В. Р., Курицын А. К. Алгоритмы сбора и обработки информации при управлении точностью рамной распиловки.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1975, № 6, с. 136—140. [8]. Фергин В. Р. Методика расчета технологических параметров процессов пиления древесины.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1984, № 3, с. 55—58.