

Снижение относительной значимости частичных сведений за счет увеличения количества дополнительных признаков  $k_2$  приводит к ожидаемому снижению аппроксимационных свойств исследуемой модели (3).

### Литература

1. Лапко А.В. Имитационные модели неопределенных систем. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1993. – 112 с.
2. Parzen E. On estimation of a probability density // Ann. Math. Statistic. – 1969. – P. 1038-1050.



УДК 621.835

Ю.Ф. Курмачев, А.К. Шлепкин

### РАСЧЕТ ХОЛОСТОЙ ЗОНЫ КАЛИБРА СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

Из известных технологий получения бесшовных труб из алюминиевых сплавов наиболее перспективной является технология производства холодно деформируемых труб на пилигримовых станах методом холодной прокатки. В качестве рабочего инструмента применяются калиброванные одноручьевые валки (калибры), вращающиеся в сторону, противоположную подаче в них трубной заготовки. Прокатка трубы ведется на круглом конусном дорне (оправке), который служит внутренней жесткой опорой. Основными параметрами рабочего инструмента являются рабочая и холостая зоны валков. При расчете параметров рабочего инструмента одной из основных задач является расчет холостой зоны калибра. Эта задача уже рассматривалась [1], однако построения холостой зоны по сопрягающимся окружностям неоднозначны и рассматриваются предположительно.

Пусть  $D_{A,d}$  - наружные диаметры заготовки и готовой трубы соответственно,  $K_{ред}$  - конусность редуцирования по диаметру на участке АБ, равная коэффициенту наклона отрезка прямой  $O'0$ ,  $L_p$  и  $L_{хол}$  – длины рабочей и холостой зон соответственно. Задача состоит в построении кривой, плавно соединяющей конец рабочей зоны (точку  $D_1$ ) и начало рабочей зоны (точку  $A_1$ ). Точки  $A_1$  и  $D_1$  имеют координаты  $A_1(L_p+L_{хол}; D_a)$ ,  $D_1(L_p; L_{хол})$ . Значение производной функции, описывающей искомую кривую, в точке  $A_1$  должно быть равно значению конусности редуцирования  $K_{ред}$ , а в точке  $D_1$  – равной нулю (рис. 1).

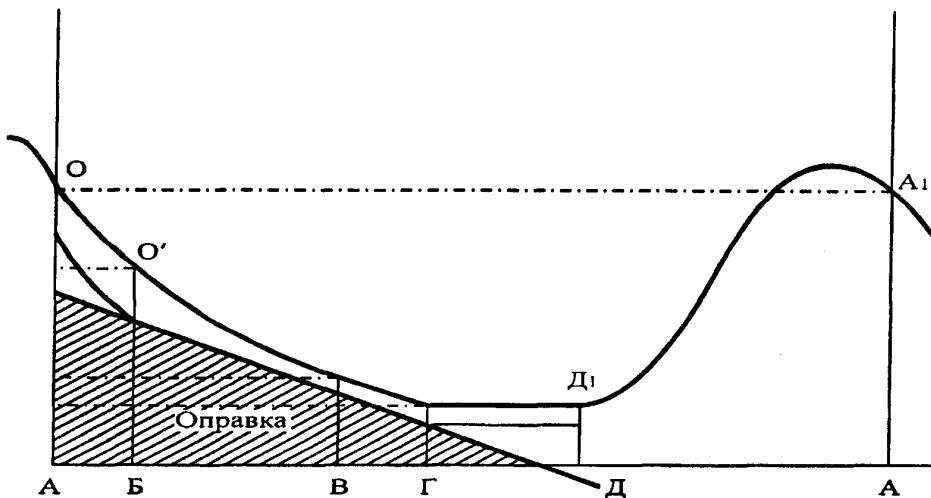


Рис. 1 Схема полной развертки калибра в прямоугольной системе координат:  
АБ – зона редуцирования; БВ – обжимная зона; ВГ – зона калибровки  
по стенке; ГД – калибрующая зона; ДА – холостая зона

В качестве искомой функции рассмотрим косинусоиду  $Y(x) = -a \cdot \cos(b(x - l_p)) + a + d$  (1) с неопределенными коэффициентами,  $a > 0$  и  $b > 0$ . Согласно начальным условиям

$$y(1p) = d, \quad y(l_p + L_{хол}) = D_a. \quad \text{Тогда} \quad -a \cos(bL_{хол}) + a + d = D_a.$$

Найдем производную функции  $y'(x) = ab \sin\{b(x - l_p)\}$ , согласно условию задачи  $y'(L_p + L_{хол}) = K_{ред}$   
или  $ab \sin(bL_{хол}) = K_{ред}$ .

Условие  $y'(l_p) = 0$  выполняется, т.е. производная функции в точке  $A_1$  равна нулю. Получена система уравнений относительно  $a$  и  $b$ :

$$\left. \begin{array}{l} a b \sin(bL_{хол}) = K_{ред} \\ a(1 - \cos(bL_{хол})) = D_A - d \end{array} \right\} \quad (2)$$

$$\text{Обозначим } t = bL_{хол}. \text{ Из второго уравнения системы (2) находим } a = \frac{D_A - d}{1 - \cos t}. \quad (3)$$

$$\text{Подставим } a \text{ в первое уравнение системы (2): } \frac{(D_A - d)t}{(1 - \cos t)L_{хол}} \sin t = K_{ред}. \quad (4)$$

$$\text{Из (4) находим } t = \frac{c(1 - \cos t)}{\sin t},$$

где  $c = K_{ред} L_{хол} / (D_A - d)$ . Получили уравнение вида  $t = \varphi(t)$ . (5)

Если функция  $\varphi(t)$  удовлетворяет на отрезке  $[t_0, t_0 + r]$  условию Липшица  $|\varphi(t_1) - \varphi(t_2)| \leq \alpha |t_1 - t_2|$  (6)

с постоянной  $\alpha = \max_{[t_0, t_0+r]} |\varphi'(t)|$  (7)

то, согласно теореме о единственности решения [2,3], уравнение (5) имеет решение  $t_* = \lim_{k \rightarrow \infty} t_k$ , (8)

где  $t_0$  - левый конец отрезка  $[t_0, t_0 + r]$ ;  $t_k = \varphi(t_{k-1}), k = 1, 2, \dots$  (9)

Найдем  $\varphi'(t) = \frac{c(1 - \cos t)}{\sin^2 t}$ . Потребуем выполнение условия единственности решения (5).

$$0 < \alpha < 1; \quad 0 \leq \varphi(t_0) - t_0 \leq (1 - \alpha)r.$$

Длина холостой зоны  $L_{хол} \approx 343,1$ . В соответствии с технологическими рекомендациями конусность редукции по диаметру  $-0,14 \leq K_{ред} < 0$ , разница между диаметрами заготовки и готовой трубы  $30 \text{ мм} < D_A - d < 40 \text{ мм}$ , поэтому  $-1,6 < c < -0,86$ . Непосредственными вычислениями получаем

$$t_0 = 5,42; \quad r = 0,75.$$

Таким образом, условия теоремы о существовании единственного решения [2,3] выполнены. Решение уравнения (5) с заданной точностью находим по формуле (9), при этом имеет место оценка

$$|t_* - t_k| \leq \frac{\alpha}{1 - \alpha} |t_k - t_{k-1}|, k = 1, 2, \dots$$

Так как  $t = bL_{хол}$ , то  $b = t/L_{хол}$ . Затем по формуле (3) находим  $a$ . Далее строим косинусоиду (1), соединяющую точки  $D_1$  и  $A_1$  на холостом участке калибра.

С использованием предложенной методики расчета холостой зоны и рекомендаций [1] были рассчитаны копиры-кулаки (рис. 2) для станка ЛЗ-250. Холостая (нерабочая) зона калибра соответствует на копире-кулаке сектору между 256-м и 360-м градусами. Изготовлен рабочий инструмент (калибры) стана ХПТ-100, на котором в заводских условиях КрамЗа произведена опытная партия труб из сплава 7046 по маршруту 78 x 5, 5 -> 57,15 x 2,54 объемом 20 тонн. Проведенный контроль геометрических параметров, структуры и механических свойств опытной партии труб показал их полное соответствие требованиям ГОСТ 18475-82 "Трубы холоднодеформированные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия".

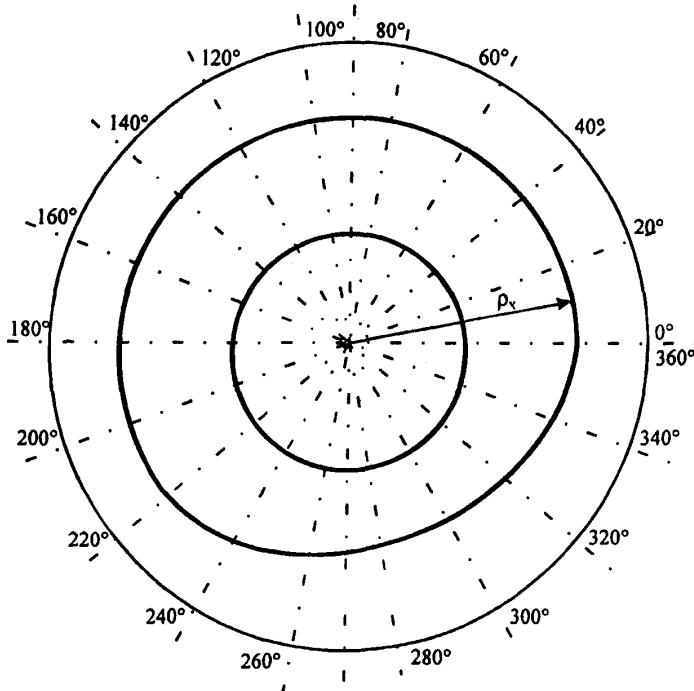


Рис. 2 Кулак врезания (разворота шлифовального круга) станка LZ-250

### Литература

- Шамраев В.Н., Скоморощенко С.И., Курмачев Ю.Ф. Методика проектирования и изготовления ручья калибров станов ХПТ. Технологическая рекомендация. – М.: ВИЛС, 1985. – 31 с.
- Волков Е.А. Численные методы. – М.: Наука, 1982. – 254 с.
- Дьяченко В.Ф. Основные понятия вычислительной математики. – М.: Наука, 1977. – 126 с.



УДК 631.535.2

А.В. Лапко, В.А. Лапко, Г.И. Цугленок

### НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КОЛЛЕКТИВЫ В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Процесс производства сельскохозяйственных культур можно представить в виде иерархической структуры, уровни которой составляют следующие технологии: предпосевная подготовка семян и их посев; развитие культур и уборка; отбор семенного материала и его хранение. Причем этап развития также характеризуется линейной структурой, отражающей динамику роста и созревания культур.

Показатели эффективности  $y_j$  каждого  $j$ -го этапа рассматриваемого процесса определяются его технологическими параметрами  $z_j$ , внешними условиями  $u_j$  и результатами предыдущих этапов  $y_i$ ,  $i = \overline{1, j-1}$ .

Например, при высокочастотной технологии предпосевной обработки семян зерновых культур [1] основными показателями эффективности  $y_1$  являются энергия прорастания, всхожесть, температура массы семян после обработки; к технологическим параметрам  $z_1$  относятся частота электромагнитного поля, экспозиция обработки, период «обработка – посев», норма высева; к характеристикам внешних условий  $u_1$  – показатели качества семенного материала перед высокочастотной обработкой, параметры почв посевых площадей, температура окружающей среды и количество осадков в послепосевной период.