

## АНАЛИЗ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СОПРЯГАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ СБОРКЕ ЗАГОТОВКИ ОБУВИ

В.В. Сторожев, А.В. Крашенинников

УДК 67.05

### РЕФЕРАТ

*КОНТУРНАЯ ОБРАБОТКА, АППРОКСИМАЦИЯ КОНТУРА, КУСОЧНОЕ ОПИСАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ, СОВОКУПНОСТЬ СТЫКОВ, РАДИУСОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ, ГЕНЕРАЛЬНАЯ СОВОКУПНОСТЬ, ТИПИЗАЦИЯ ОБЪЕКТА ОБРАБОТКИ*

*Контурная обработка широко распространена в легкой промышленности (ЛП), где часто действует ручной труд. Автоматизация этого процесса зачастую не оправдывает затрат на изготовление изделия. Например, в одной модели ботинка может быть десятки контуров разной формы и размеров. В сумме количество контуров разной конфигурации может достигать до ста. Автоматизация обработки контуров требует непрерывности функции, описывающей его. Для решения такой задачи в статье предложен метод замены сложной непрерывной функции, описывающей контур, путем представления контура кусочно-непрерывной функцией. При этом математическая модель составляется из составных элементов, аппроксимированных участками геометрически-математически несложной структуры с одновременной их состыковкой.*

### ABSTRACT

*CONTOURING WORK, APPROXIMATION CONTOUR, PIECEWISE DESCRIPTION OF THE ELEMENTS, TOTALITY JOINTS, RADIUSOGRAPHIC DESCRIPTION, GENERAL POPULATION, TYPING OBJECT PROCESSING*

*The analysis of leather contouring operations is conducted in the article. The method for replacement complex continuous function is proposed. The mathematical model consists of elements approximated by the parts of noncomplex structure and their compiling.*

Выбор и проектирование оборудования для автоматизированной контурной обработки может быть дан на основании анализа характерных особенностей и взаимосвязи параметров контура. В настоящей работе рассматриваются плоские контуры. При необходимости анализа пространственных систем следует учитывать, что свойства любой  $n$ -мерной модели можно определить совокупностями свойств одномерных моделей [1], [2]. Это позволяет установить возможные состояния информативных элементов контуров, дифференцировать их по определенным признакам и на основании выявления тождественности (или различия) этих признаков классифицировать контуры в виде структуриро-

ванных последовательностей точек и отрезков. Ввиду того, что совокупность рассматриваемых контуров характеризуется многообразием размеров и форм [1], часто довольно сложных, обилием особых точек, математическая модель аппроксимации контура предусматривает, как правило, его кусочное описание элементами более простой природы. В этой связи большое значение приобретает характер стыков аппроксимирующих кусков. Совокупность стыков, встречающихся на исследуемых контурах, представлена в таблице 1.

Для привязки точек стыков к контуру в таблице представлены смежные отрезки аппроксимирующих линий. Схема достаточно универсаль-

на. По ней с помощью введения интервалов  $0 \leq \rho \leq \infty$ ;  $-2\pi \leq \gamma \leq 2\pi$  может быть получена информация о любом стыке при любом геометрическом способе представления контура. Если контур описан линиями общего вида, тогда  $\rho_1(L)$  и  $\rho_2(L)$  представляют собой радиусы кривизны соседних участков 1 и 2 в точке стыка. При радиусографическом описании  $\rho_1 = R_1 = const$  и  $\rho_2 = R_2 = const$ , где  $R_1$  и  $R_2$  – радиусы аппроксимирующих окружностей.

Если принять один или оба радиуса равными бесконечности, то получим стыковку прямолинейного участка с криволинейными или стыковку прямых. В последнем случае вся совокупность стыкующихся элементов с совпадающими касательными обратится в прямые линии, а при различных касательных – в ломаные.

Для упрощения задачи классификации контуров без снижения общности задачи воспользуемся радиусографическим способом описания, при котором контуры одного номера изделия могут быть представлены последовательностью

геометрических элементов простой природы: отрезками прямых и дуг окружностей, соединенных в единое целое с помощью стыковки. На основании идеи идентификации комплекса свойств совокупностей элементов, составляющих контур, можно выделить семейство контуров, обладающих в заданных пределах одинаковыми параметрами.

Так как анализ контура ведется по геометрическим признакам, то в качестве его отличительных свойств следует выделить размер элемента (длина аппроксимирующего отрезка) и положение его в заданной системе координат. Представление информации о свойствах контура может быть осуществлено координатно или путем задания последовательной взаимосвязи элементов.

Анализ способов представлений геометрических элементов показывает, что вся совокупность параметров контуров может быть охарактеризована системой множеств и их объединением  $W$ :

Множество точек стыков отрезков					
1. С совпадающими касательными					
Точки касания		Точки возврата		Примечания	
				$\rho_1 \neq \rho_2$	
				$\rho_1 = \rho_2$	
2. С различными касательными					
Отрезки однозначной кривизны			Отрезки разнозначной кривизны		

$$\left. \begin{aligned} L_V &= \{L_{vL}\} (v_L = 1, 2, 3, \dots, Q_L); \\ R_V &= \{R_{vR}\} (v_R = 1, 2, 3, \dots, Q_R); \\ \varphi_V &= \{\varphi_{v\varphi}\} (v_\varphi = 1, 2, 3, \dots, Q_\varphi); \\ \gamma_V &= \{\gamma_{v\gamma}\} (v_\gamma = 1, 2, 3, \dots, Q_\gamma). \end{aligned} \right\} (1)$$

Здесь  $L_{vL}$  – длины линейных участков;  $R_{vR}$  и  $\varphi_{v\varphi}$  – соответственно радиусы и центральные углы участков аппроксимирующих дуг;  $\gamma_{v\gamma}$  – углы между касательными в точках стыка аппроксимирующих отрезков;  $Q_{L, R, \varphi, \gamma}$  – соответственно объемы множеств  $L, R, \varphi, \gamma$ . При этом:

$$Q_L = \sum_{i=1}^Q j_{L_i}; \quad Q_R = Q_\varphi = \sum_{i=1}^Q j_{\varphi_i}; \quad Q_\gamma = \sum_{i=1}^Q j_{\gamma_i},$$

где  $Q$  – совокупность контуров;  $j_{L_i}$  – число линейных участков в  $i$ -м контуре;  $j_{\varphi_i}$  – число криволинейных участков в  $i$ -м контуре;  $j_{\gamma_i}$  – число изломов в  $i$ -м контуре.

Обозначим  $j_{L_i} + j_{\varphi_i} = j_i^*$  – число участков в  $i$ -м контуре. Любой контур представляет собой упорядоченный набор элементов из объединения  $W$ . Такое представление позволяет воспользоваться количественными характеристиками при типизации контуров. Следует оговориться, что в большинстве случаев приходится иметь дело с обработкой не по всему замкнутому контуру, а лишь по его части. Однако в дальнейшем для краткости под понятием «обработка по контуру» будет подразумеваться обработка деталей и изделий как по замкнутой линии, так и по разомкнутой части контура, то есть по линии, имеющей точки прекращения. При последова-

тельном обходе рассматриваемой части контура одну из этих точек будем выбирать за начало обхода (точка начала технологической операции контурной обработки).

Контур может быть представлен в виде следа начала вектора скорости подачи по контуру  $V$ . Этот вектор в любой точке контура касателен к нему. За период перемещения по криволинейному участку вектор  $V$  поворачивается на соответствующий угол  $\varphi$ . В точках излома вектор  $V$  имеет два направления, угол между которыми равен  $\gamma$ , то есть при переходе с одного участка на другой в случае излома вектор должен повернуться на угол  $\gamma$ . На основании сказанного выше каждый контур можно представить следующим образом (табл. 2).

Каждая строка таблицы характеризует последовательное изменение от участка к участку соответствующего параметра. На прямолинейных участках  $R = \infty$ . Параметры  $\varphi$  и  $L$  взаимоисключающие. В контурах, содержащих  $\varphi$  и  $L$ , их можно располагать в одной строке или в соседних строках, но с единой последовательностью по всему контуру. На прямолинейном участке проставляется соответствующее значение  $L$ , на криволинейном –  $\varphi$ . В угловых параметрах следует проставлять знак: минус – при повороте вектора  $V$  по часовой стрелке, плюс – против. Учет знака в угловых параметрах позволяет определить его суммарные изменения  $\psi_\Sigma$ , что необходимо знать при требовании определенной ориентации инструмента относительно контура.

Пользуясь таблицей 2, можно полностью воспроизвести контур по заданным параметрам. Последняя графа таблицы характеризует необходимость возвращения рабочих органов машины (инструмента или органа, на котором закреп-

Таблица 2 – Параметры контура шва

Участок Параметр	1 2.....j .....j*		Положение вектора в конце обработки
	$R$	$R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow \dots \rightarrow R_j \rightarrow \dots \rightarrow R_{j^*}$	
$\varphi$	$\varphi_1 \rightarrow \varphi_2 \rightarrow \dots \rightarrow \varphi_j \rightarrow \dots \rightarrow \varphi_{j^*}$		$\pm \varphi$
$L$	$L_1 \rightarrow L_2 \rightarrow \dots \rightarrow L_j \rightarrow \dots \rightarrow L_{j^*}$		$\pm L$
$\gamma$	$\gamma_1 \rightarrow \gamma_2 \rightarrow \dots \rightarrow \gamma_j \rightarrow \dots \rightarrow \gamma_{j^*-1}$		$\pm \gamma$
$\psi_\Sigma$	$\varphi_1 + \gamma_1 \rightarrow \varphi_1 + \varphi_2 + \gamma_1 + \gamma_2 \rightarrow \dots \rightarrow$		$\sum_{\varphi_i} + \sum_{\gamma_i}$

лен объект обработки) в исходное положение после выполнения операции. Отличие значений первой и второй строки последней графы от нуля указывает на необходимость перемещения начала вектора  $V$  после окончания операции до совпадения его с исходным положением. Если при этом  $\psi_{\Sigma} = 0$ , то возвращение в исходное положение может осуществляться путем поступательного движения вектора  $V$ .

Нулевые значения  $R$ ,  $\varphi$  и  $L$  в конце операции указывают на то, что контур замкнут и при  $\psi_{\Sigma} \neq 0$  для возвращения в исходное положение следует лишь повернуть вектор  $V$  на угол  $\sum \varphi_{i*} + \sum \gamma_{i*}$ . На рисунке 1 приведен эскиз контура шва, параметры которого представлены в таблице 3.

Анализ контуров, по которым ведется обработка деталей и изделий из кожи, условно можно разделить на два этапа. На первом этапе осуществляется анализ общих показателей, при-

сущих всей генеральной совокупности контуров, производится их классификация. На основании такого анализа выявляются основные закономерности, определяющие общие параметры базовой модели машин со значительной степенью универсализации, то есть модели, предназначенной для выполнения значительного числа операций. Это позволяет выявить наиболее устойчивые традиции и тенденцию развития форм контуров, а следовательно, и перспективы создания оборудования с широким диапазоном варьирования параметров. Однако решение этой задачи сталкивается с большими конструктивными трудностями и недостаточной подготовкой к практической реализации.

Поэтому на основании анализа, проведенного на первом этапе, произведена дифференциация генеральной совокупности контуров по количественным критериям, определяющим форму контура. Это позволило на втором этапе выявить более узкие области контуров с идентичными количественными показателями и на основе их типизации дать рекомендации по созданию специальных систем для контурной обработки, которые значительно легче реализовать в производстве.

**ВЫВОДЫ**

Таким образом, описанная в настоящей статье типизация контуров показала возможность их широкой унификации и на этой основе возможность создания ряда базовых машин. Контур получается путём последовательного сочетания простых формообразующих движений по линии и дуге окружности, что упрощает универсализацию рабочих органов систем технологических

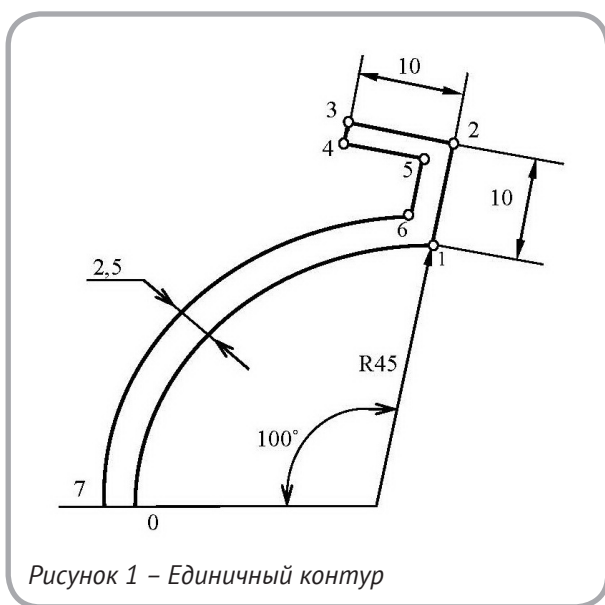


Рисунок 1 – Единичный контур

Таблица 3 – Параметры контура шва

Участок Параметр	1	2	3	4	5	6	7	Положение вектора в конце обработки	
$R$ , мм		45	$\rightarrow \infty$	$\rightarrow \infty$	$\rightarrow \infty$	$\rightarrow \infty$	$\rightarrow 47,5$	+2,5	
$\varphi$ , град	-100						97	-3	
$L$ , мм		$\rightarrow$	10	$\rightarrow 10$	$\rightarrow 2,5$	$\rightarrow 7,5$	$\rightarrow 5$	$\rightarrow$	
$\gamma$ , град			90	$\rightarrow 90$	$\rightarrow 90$	$\rightarrow 90$	$\rightarrow 87$	+183	
$\psi_{\Sigma}$ , град			-10	$\rightarrow 80$	$\rightarrow 170$	$\rightarrow 260$	$\rightarrow 170$	$\rightarrow 83$	+180

машин. Так, обладая малым парком технологических машин, можно реализовывать сложные конструкторские решения по контурной обработке с большим набором разных операций и возможностью их быстрой настройки и корректировки.

В результате предложенных решений инерционная составляющая (перенастройка всего цикла сборки на всей системе технологических машин) существенно уменьшается, то есть переход выпуска от одного продукта к другому происходит очень быстро, что значительно увеличивает производительность процесса изготовления изделия.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сторожев, В.В. (2010), *Машины и аппараты легкой промышленности*, Москва, Академия, 400 с.
2. Сторожев, В.В., Канатов, А.В., Козлов, А.С., Кулаков, А.А. (2014), *Технологическое оборудование подготовительного производства на базе мехатронных систем*, Москва, МГУДТ, 143 с.
3. Мартынов, И.А. (1998), *Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности*, *Машиностроение*, Энциклопедия, Т. IV-13, Москва, Машиностроение, 608 с.

#### REFERENCES

1. Storozhev, V. V. (2010), *Mashiny i apparaty legkoj promyshlennosti* [Machines and devices of light industry], Moscow, Academy, 400 p.
2. Storozhev, V.V. Kanatov, A.V. Kozlov, A.S., Kulakov, A.A. (2014), *Tehnologicheskoe oborudovanie podgotovitel'nogo proizvodstva na baze mehatronnyh sistem* [Mechatronic systems-based processing equipment of preparatory production], Moscow, MGUDT, 143 p.
3. Martynov, I.A. (1998). *Mashiny i agregaty tekstil'noj i legkoj promyshlennosti* [Machines and units of textile and light industry, Mechanical engineering, Encyclopedia], T. IV-13, Moscow, Mashinostroenie, 608 p.

Статья поступила в редакцию 13. 06. 2014 г.