

УДК 621.774.72

Середа В. Г.  
Паламарчук В. А.  
Горбач Е. В.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ТАНГЕНЦИАЛЬНОЙ ОБКАТКИ ТРУБ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

Тангенциальная обкатка инструментом трения – это высокопроизводительный металлосберегающий технологический процесс [1]. Она представляет собой деформирование предварительно нагретого до ковочной температуры конца трубчатой заготовки профилированным инструментом, поступательно движущимся в направлении, перпендикулярно к оси вращения заготовки. По этой схеме при взаимодействии вращающейся заготовки с инструментом переменного профиля происходит постепенное деформирование конца заготовки до заданной формы. Достоинство процесса обкатки состоит в локализации очага деформации, что приводит к уменьшению силовых параметров процесса и расширению его технологических возможностей [2].

В последнее время значительно расширена область применения тангенциальной обкатки, в частности освоено изготовление новых типов изделий из труб, имеющих горловины малого диаметра (цапфы), плоские днища, днища и горловины с переменной кривизной образующей [3]. Однако внедрение таких технологий сдерживается на стадии исследований и технологической подготовки производства необходимостью проектирования, изготовления и испытаний обкатных инструментов с различными вариантами рабочей поверхности.

Целью данной работы является разработка алгоритма расчёта параметров рабочей поверхности инструмента для тангенциальной обкатки днищ и горловин сложных форм.

В работе [4] поставлена задача разработки автоматизированной инженерной методики проектирования обкатного инструмента и предложен алгоритм расчёта параметров инструмента для тангенциальной обкатки сферических и эллипсоидных днищ на концах труб (рис. 1, а), в основу которого положены зависимости, полученные в монографии [1].

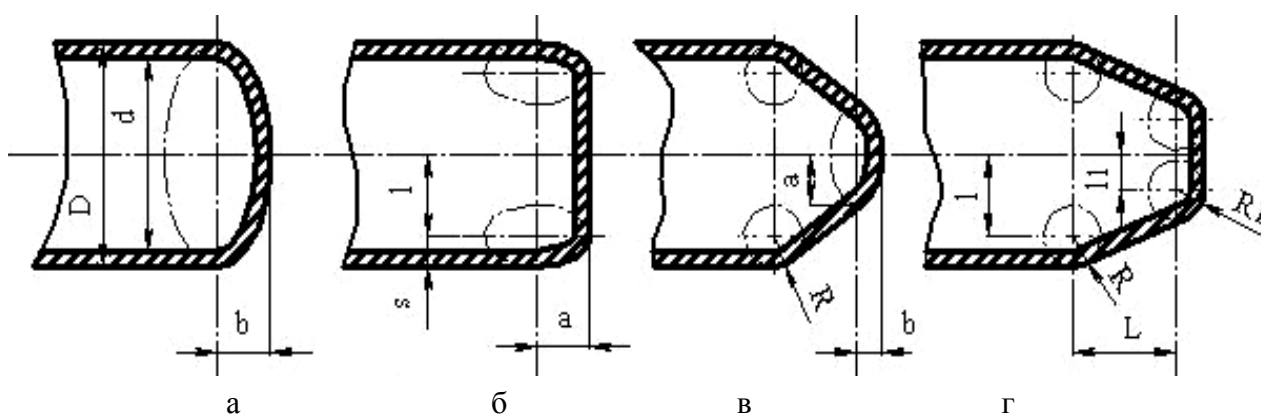


Рис. 1. Типовые формы днищ и горловины, полученных обкаткой с одним (а) и несколькими (б)–(г) эллиптическими участками образующей

Эти результаты имеют ограниченное применение, поскольку позволяют проектировать инструмент только для эллипсоидных днищ при центральном расположении осей. Однако, из множества выпуклых днищ можно выделить плоские, конусные и др. (рис. 1, б–г), проектирование которых на ЭВМ по известной методике не представляется возможным.

Рассмотрим задачу построения алгоритма расчёта параметров инструмента для тангенциальной обкатки днищ и горловин указанных сложных форм. Как показано в [1], если образующая заданного к получению изделия имеет кривизну одного знака, то рабочая

поверхность инструмента для тангенциальной обкатки такого изделия – линейчатая, а её пересечение с плоскостью, перпендикулярной к направлению перемещения инструмента, представляет собой прямую, касательную к упомянутой образующей.

Как правило, инструменты для тангенциальной обкатки изготавливают из высокохромистого сплава литьём по деревянным моделям [2]. Разметка модели осуществляется по линиям пересечения прямых, касательных к образующей заданного к получению изделия в соответствующем сечении, и граней заготовки модели, представляющей собой параллелепипед. Положение граней при этом характеризуется эмпирическими коэффициентами конструктивного оформления  $n_1, n_2, n_3, n_4$ , зависящими от диаметра исходной заготовки.

В работе [3] предложены значения коэффициентов конструктивного оформления инструмента для широкого диапазона диаметров обкатываемых труб. Статистическая обработка этих данных позволила получить линейные уравнения, описывающие изменения коэффициентов  $n_1, n_2, n_3, n_4$ , в зависимости от диаметра исходной заготовки  $D$ :

$$\begin{aligned} n_1 &= 2,448 - 0,0055D; \\ n_2 &= 0,7232 - 0,00276D; \\ n_3 &= 4,02 - 0,0011724D; \\ n_4 &= 2,20365 - 0,00897D. \end{aligned} \quad (1)$$

При разметке моделей инструментов для изготовления изделий типа, указанного на рис. 1, г, необходимы также данные о линиях, представляющих собой математические места точек касания прямых линий и образующей изделия.

Получим основные аналитические соотношения, характеризующие параметры касательной прямой с известным углом наклона и эллипса с известными полуосями.

Уравнение прямой линии имеет вид:

$$y = kx + m. \quad (2)$$

Найдём параметр  $m$  уравнения прямой с известным угловым коэффициентом  $k$ , касательной к заданному эллипсу:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (3)$$

Совместное решение (2) и (3) при условии равенства нулю дискриминанта полученного квадратного уравнения даёт:

$$m = \pm \sqrt{b^2 + k^2 a^2}. \quad (4)$$

Координаты  $x_k, y_k$  точки касания прямой (2) и эллипса (3) определяют по зависимостям:

$$x_k = \frac{k^2 a^2}{\sqrt{b^2 + k^2 a^2}}, \quad y_k = \frac{b^2}{\sqrt{b^2 + k^2 a^2}}. \quad (5)$$

Для случая прямой с известным углом наклона и окружности с известным радиусом эти зависимости принимают вид:

$$x_k = \frac{k^2 R}{\sqrt{1 + k^2}}, \quad y_k = \frac{R}{\sqrt{1 + k^2}}. \quad (6)$$

Аналитические зависимости (4)–(6) легли в основу алгоритма проектирования рабочей поверхности инструмента для тангенциальной обкатки.

Рассмотрим порядок проектирования рабочей поверхности инструмента для обкатки дна с переменной кривизной образующей (рис. 2).

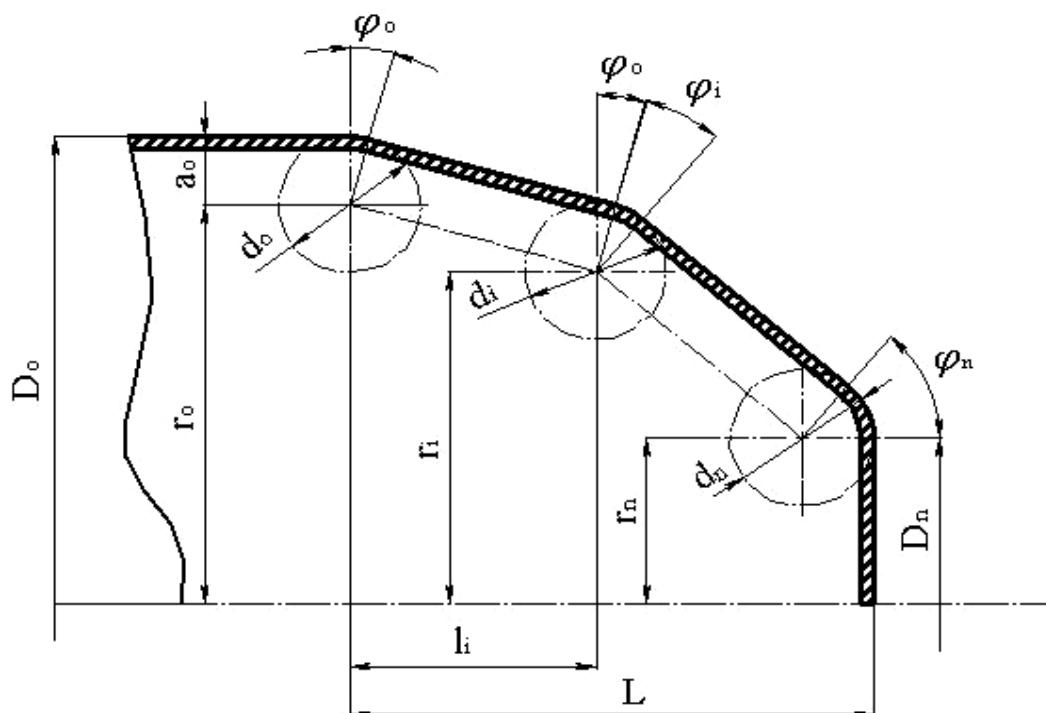


Рис. 2. Расчетная схема

Участки образующей  $a_0 - a_1, \dots, a_{k-1} - a_k$  состоят из частей дуг окружностей (соответственно с полуосями  $a_0, b_0, \dots, a_k, b_k$ ), заключённых между радиус-векторами, ограничивающими углы  $\varphi_1 - \varphi_0, \dots, \varphi_k - \varphi_{k-1}$ . Остальная часть образующей представляет собой отрезки прямых, касательных к соответствующим окружностям и соединяющих криволинейные участки образующей.

Исходные данные для расчёта: диаметр  $D$  (мм) и толщина стенки  $S$  (мм) трубчатой заготовки; параметры эллиптических участков образующей заданного к получению дна: полуоси  $a_0, \dots, a_k$  (мм),  $b_0, \dots, b_k$  (мм), углы  $\varphi_0, \dots, \varphi_{k+1}$ , координаты центров эллипсов  $e_x^0, e_y^0, \dots, e_x^k, e_y^k$ , постоянная инструмента  $C$  ( $\dots^\circ/\text{мм}$ ).

На первом этапе решения вводят исходные данные и рассчитывают грани инструмента. Для формирования массивов координат точек пересечения рабочей поверхности как с гранями инструмента, так и с участками дуг окружностей в цикле с фиксированным шагом  $\Delta l$  задают текущие значения координаты длины инструмента  $l$ .

По формуле  $\varphi_i = cl_i$  определяют текущий угол наклона рабочей поверхности инструмента. Рассчитав текущий угловой коэффициент  $k_i = \text{tg} \varphi_i$  и перейдя из системы координат  $XOY$ , связанной с заготовкой, к системе координат  $xoy$ , связанной с окружностью, рассчитывают координаты точек касания по формулам (6). При формировании выходной информации эти координаты переводят в систему координат  $XOY$ . Затем производят расчёт следов пересечения рабочей поверхности с гранями заготовки инструмента.

Порядок решения задачи представлен блок-схемой алгоритма (рис. 3).

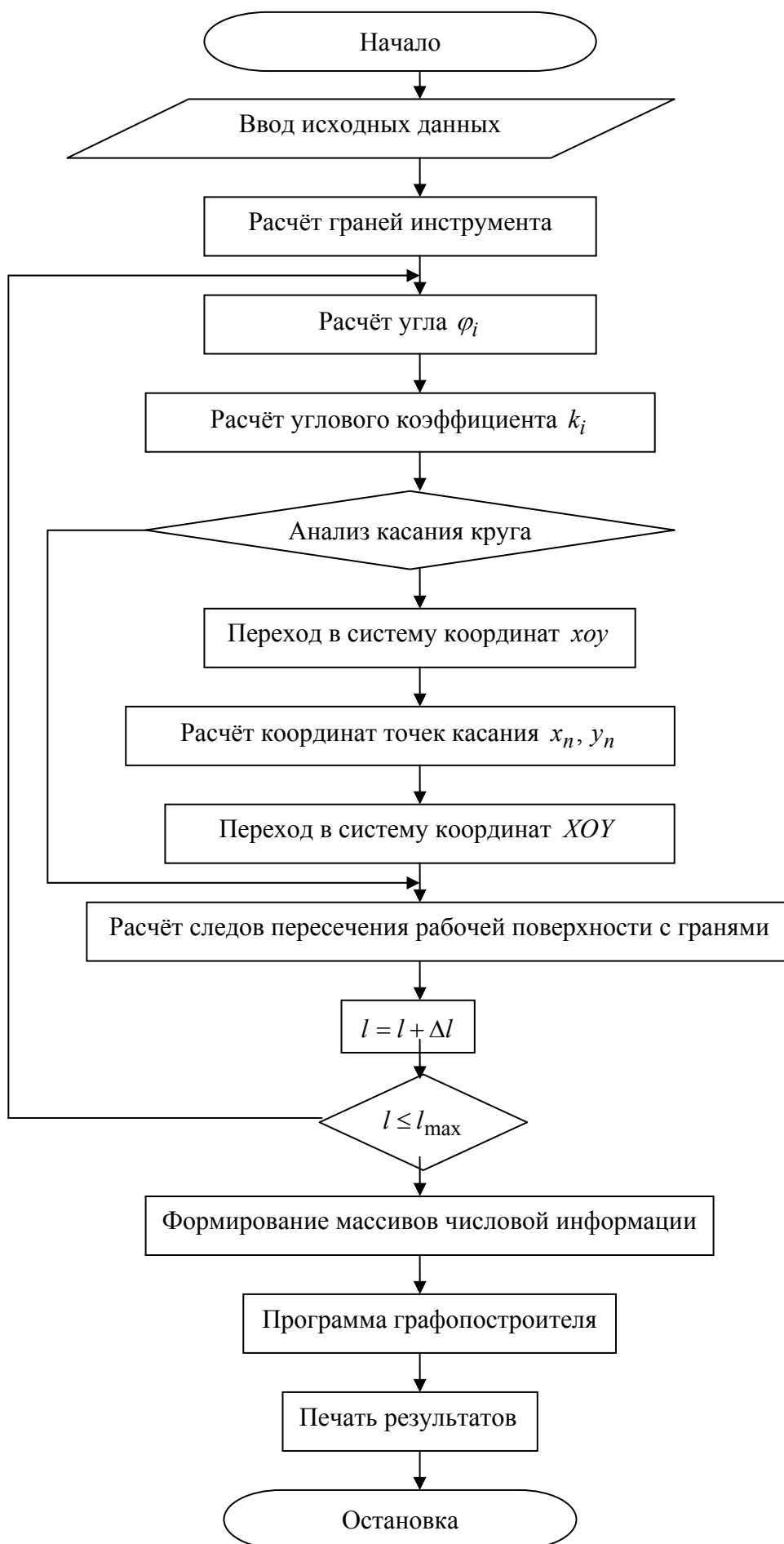


Рис. 3. Блок-схема построения рабочей поверхности инструмента трения

Результаты исследований позволили построить рабочие поверхности инструментов для обкатки сферических и конических днищ, указанных на рис. 1. Задаваясь диаметром исходной заготовки  $D = 108$  мм, были вычислены коэффициенты конструктивного оформления инструмента  $n_1 = 1,854$ ;  $n_2 = 0,42512$ ;  $n_3 = 3,8933808$ ;  $n_4 = 1,24245$ , которые обусловили габариты деревянной модели инструмента [3]. Далее, в соответствии с алгоритмом на деревянную модель была нанесена сама линейчатая рабочая поверхность и калибровочный участок рабочей поверхности (рис. 4).



Рис. 4. Деревянные модели инструментов для обкатки конических и сферических днищ

По деревянным моделям выполнены отливки инструментов для обкатки.

### ВЫВОДЫ

Полученные аналитические зависимости, разработанные на их основе алгоритм и компьютерные программы по проектированию рабочей поверхности инструментов для обкатки днищ и горловин сложной формы, позволяют снизить затраты на разработку и ускорить внедрение новых технологических процессов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Капорович В. Г. Обкатка в производстве металлоизделий / В. Г. Капорович. – М. : Машиностроение, 1973. – 168 с.
2. Капорович В. Г. Производство деталей из труб обкаткой / В. Г. Капорович. – М. : Машиностроение, 1978. – 136 с.
3. Производство изделий машиностроения горячей обкаткой : монография / Под ред. В. С. Рыжикова, В. К. Удовенко. – Краматорск : ДГМА, 2006. – 284 с.
4. Капорович В. Г. Автоматизация проектирования инструмента для тангенциальной обкатки сферических и эллипсоидных днищ на трубчатых заготовках / В. Г. Капорович, Л. Н. Кузьменко // Кузнечно-штамповочное производство. – 1987. – № 6. – С. 29–31.

Середа В. Г. – канд. техн. наук, доц. кафедры МТО ДГМА;

Паламарчук В. А. – канд. техн. наук, доц. кафедры ВМ ДГМА;

Горбач Е. С. – ассистент ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: [vm@dgma.donetsk.ua](mailto:vm@dgma.donetsk.ua)