

Алгоритм подготовки массива цифровых данных для программирования автоматизированной системы с числовым программным управлением (ЧПУ) для процесса последовательного формообразования листа (панели)

В данной работе предложена оригинальная методика формирования массива данных для использования в программном обеспечении как составная часть CALS-технологии для осуществления последовательного формообразования детали обшивки самолета. При этом использован метод оцифровки параметров формообразования как из листового материала, так и из панели. В статье представлена как обобщенная структура программного обеспечения так и линейный алгоритм подготовки модуля формирования массива цифровых данных технологического процесса. Приведен конкретный пример реализации алгоритма подготовки массива цифровых данных для обшивки самолета одинарной кривизны и с контуром аппроксимированной кривой второго порядка.

Ключевые слова: алгоритм, цифровой массив, CALS-технологии, лист, панель, формообразование, обводообразующие детали, одинарная кривизна, поверхность второго порядка, базовая плоскость.

Введение

В статье [1] изложен способ формообразования листового материала, в том числе и панелей (как ребристых, так и вафельных), в свободной гибке с последовательной продольной раскаткой, осуществляемой с помощью регулируемых (гибких) пуансона и матрицы, с использованием CALS-технологий на специализированном оборудовании с ЧПУ [7]. Известно, что CALS-технология – это система технологий, участвующих в процессе жизненного цикла изделия, основанных на информационных технологиях, через их управляющее воздействие. Общая принципиальная блок-схема CALS-технологии показана на рис. 1.



Рис. 1. Общая принципиальная блок-схема CALS-технологии

Процесс последовательного формообразования детали базируется на разработанной для нее математической модели как части общей электронной модели самолета и управляющих программ для обеспечения воздействия. В статье в общем виде приведена методика разработки алгоритма подготовки цифрового массива данных, который является частью общей структуры программного обеспечения при формообразовании обшивки летательного аппарата аппроксимируемой поверхностью второго порядка одинарной кривизны. Приведенная методика подкреплена конкретным частным примером.

Постановка задачи алгоритмизации массива цифровых данных при последовательном формообразовании

Последовательное формообразование детали как элемента конструктивно-технологического членения обшивки самолета осуществляется с помощью пуансона, передвигаемого по заданной программе как по вертикали, так и по горизонтали, вдоль матрицы. Наборные элементы матрицы и пуансона выполнены с определенной степенью свободы и фиксируются в соответствии с заданной чертежом кривизной контура и при каждой итерации формообразования в соответствии с управляющей программой функционируют от оборудования с ЧПУ. Разработка конкретной управляющей программы требует учета особенностей как технологии процесса последовательного формообразования, так и электронного описания объекта формообразования (детали обшивки самолета). Структура реализации этого процесса показана на рис. 2.

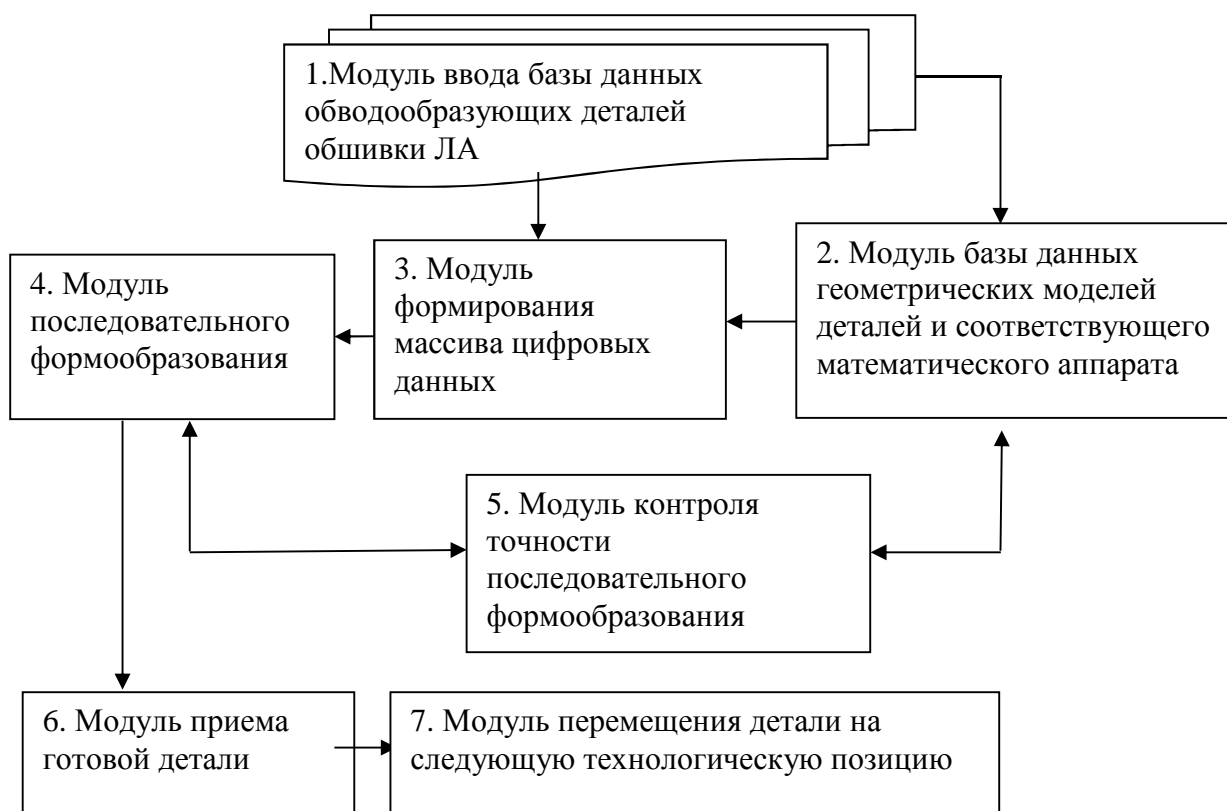


Рис. 2. Блок-схема структуры программного обеспечения

Модуль ввода базы данных обводообразующих деталей обшивки (блок 1) должен содержать:

- конструктивные параметры всех деталей, последовательное формообразование которых реализуется с помощью автоматизированной системы [4] введены в модуль в оцифрованном виде с привязкой к строительным осям агрегата изделия (как отдельные точки детали, так и контурная кривая второго порядка рассматриваются в системе декартовых координат ZOY);
- прочностные характеристики материала, из которого изготовлены та или иная деталь.

Модуль базы данных геометрических моделей деталей и соответствующего математического аппарата (блок 2) должен включать в себя:

- совокупность формул, уравнений и т.п. необходимых для формирования массива цифровых данных.

Модуль формирования массива цифровых данных (блок 3) должен содержать:

- последовательность вычислительных действий (например, в виде линейного алгоритма) с использованием данных модуля из блока 2.

Модуль последовательного формообразования (блок 4) должен содержать:

- управляющую программу процесса последовательного формообразования детали на основе данных модуля 3.

Модуль контроля точности последовательного формообразования (блок 5) должен включать в себя:

- данные о требуемых геометрических параметрах детали;
- программу процедуры обмера готовой детали;
- программу сравнения обмеров готовой детали с ее требуемыми геометрическими параметрами;
- программу корректировки процесса (в случае несоответствия обмеров с требуемыми размерами) путем внесения изменения в модуль базы данных (блок 2) и на основании этого изменение массива цифровых данных (блок 3); процедуры последовательного формообразования.

Модуль приема готовой детали (блок 6) должен содержать:

- процедуру регистрации детали в базе данных, готовой для последующей агрегатной сборки.

Модуль перемещения детали на следующую технологическую позицию (блок 7) должен включать в себя:

- процедуру ввода данных о готовой детали в общую базу данных комплектов для общей агрегатной сборки фюзеляжа самолета.

В дальнейшем приводится процедура создания массива цифровых данных (блок 3 из общей структуры программного обеспечения рис. 2).

Создание массива цифровых данных реализуем с помощью построчной, шаговой записью алгоритма (линейный вид алгоритма) [2].

Шаг 1. Из электронного описания детали как элемента наружной обшивки самолета найти то уравнение второго порядка $F(z,y)=0$, которое аппроксимирует поперечный наружный контур (в системе строительных осей самолета (координаты ZOY)), изображенный на рис. 3. Следует отметить, что электронное описание детали является частью общей электронной математической модели обшивки самолета. К аппроксимирующим кривым второго порядка можно отнести окружность, парабола, гипербола, эллипс и т.д.

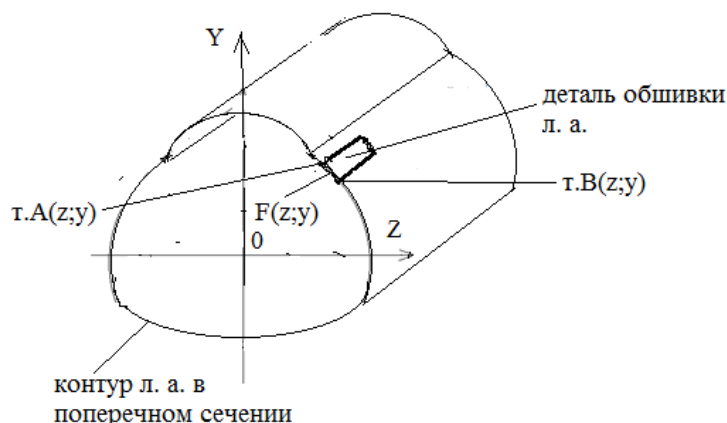


Рис. 3. Схема расположения детали обшивки ЛА в декартовой системе координат Z0Y

Шаг 2. Найти координаты крайних точек части контура, а именно т. **A(z_a;y_a)** и т. **B(z_b;y_b)** на рис.3.

Шаг 3. Найти длину l хорды АВ по точкам А и В:

$$l = [(y_a - y_b)^2 + (x_b - x_a)^2]^{0,5}.$$

Шаг 4. Найти значение первой производной функции F в точке А ($F'(z_a)$) и значение первой производной функции F в точке В ($F'(z_b)$) (рис.3).

Шаг 5. Найти уравнения нормалей \bar{n}_a и \bar{n}_b , проведенных соответственно через точки **A(z_a;y_a)** и **B(z_b;y_b)** (рис.4).

$$\bar{n}_a \equiv y - F(z_a) = -(z - z_a)/F'(z_a); \quad (1)$$

$$\bar{n}_b \equiv y - F(z_b) = -(z - z_b)/F'(z_b). \quad (2)$$

Шаг 6. Найти угол охвата α (угол, образованный от пересечения нормалей \bar{n}_a и \bar{n}_b) (рис. 4):

$$\alpha = \arctg[|-1/F'(z_a) - 1/F'(z_b)| / |1 + (1/F'(z_a))(1/F'(z_b))|]. \quad (3)$$

Угол охвата α должен быть меньше двойной величины предельного наклона деформирующего ролика.

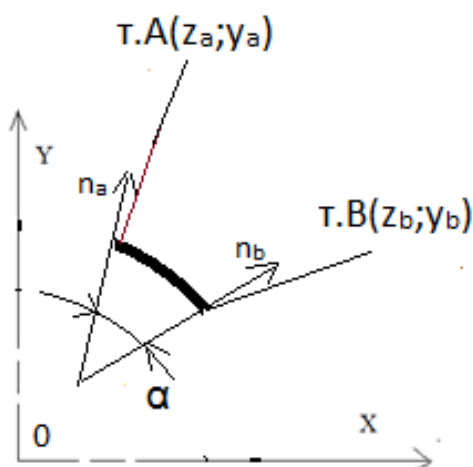


Рис. 4. Схема расположения нормалей \bar{n}_a и \bar{n}_b и угла охвата α детали

Шаг 7. Найти угол ψ наклона хорды АВ (прямая проходящая через точки $A(z_a; y_a)$ и $B(z_b; y_b)$) относительно положительного направления оси OZ . (рис.5):

$$\psi = \arctg(y_a - y_b) / (z_b - z_a). \quad (4)$$

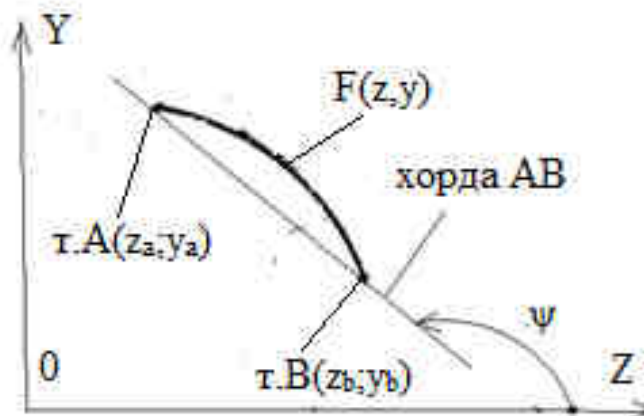


Рис. 5. Схема расположения хорды АВ в системе координат Z_0Y

Шаг 9. Преобразовать систему координат Z_0Y , а именно – переместить начало системы координат Z_0Y в точку $A(z_a; y_a)$ (оси $Z_1O_1Y_1$) и повернуть систему на угол $\lambda = 180^\circ - \psi$ координату $Z_1O_1Y_1$ до совпадения оси Y_1 с хордой АВ (система координат $Z_2O_2Y_2$) (рис.6);

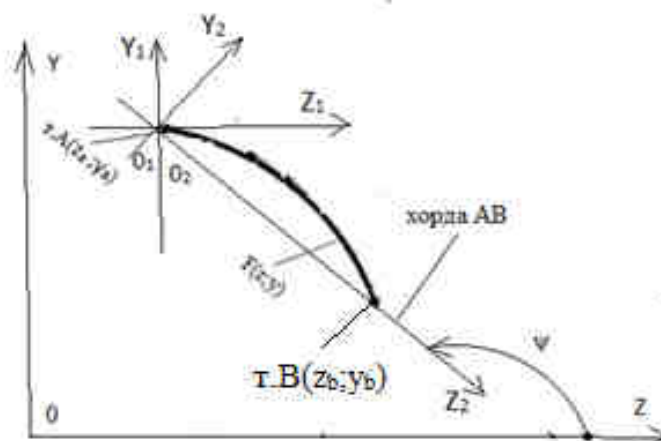


Рис. 6. Схема последовательного преобразования системы координат от Z_0Y до $Z_2O_2Y_2$

Шаг 10. Найти уравнение аппроксимирующей кривой как функцию $F(z_2; y_2)$. При этом координаты в системе координат $Z_2O_2Y_2$ имеют значения:

$$z_2 = z \cdot \cos \lambda - y \cdot \sin \lambda + z_a; \quad (5)$$

$$y_2 = z \cdot \sin \lambda - y \cdot \cos \lambda + y_a. \quad (6)$$

Шаг 11. Найти координаты т.т. А и В в системе $Z_2O_2Y_2$:

$$(т. А) z_{a2} = 0; \quad (7)$$

$$y_{a2} = 0; \quad (8)$$

$$(т. В) z_{b2} = z_b \cos \lambda - y_b \sin \lambda + z_b; \quad (9)$$

$$y_{b2} = 0. \quad (10)$$

Шаг 12. Найти координату z_{2m} точки на оси Z_2O_2 в интервале от т. А до т. В (точка М), в которой $F(z_2; y_2)$ равна максимуму:

$$F'(z_{2m}) = 0. \tag{11}$$

Шаг 13. Определить начальную линию, параллельную оси $O_2 Z_2$ базовой поверхности формообразования детали (она же касательная, проведенная к т. М ($z_{m2}; y_{m2}$)) (рис.7) [6].

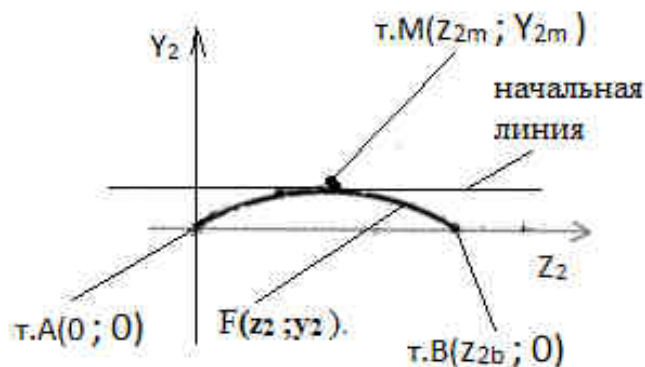


Рис. 7. Схема расположения участка кривой от т. А до т.В в системе координат $Z_2O_2Y_2$

Шаг 14. Найти число сечений n по обе стороны от точки на оси абсцисс z_{2m} при шаге t (значение шага t задается исходя из конструктивных соображений автоматизированной системы формообразования [4] (рис.8):

$$n = z_{2m} / t. \tag{12}$$

Значение n округляем до меньшего целого.

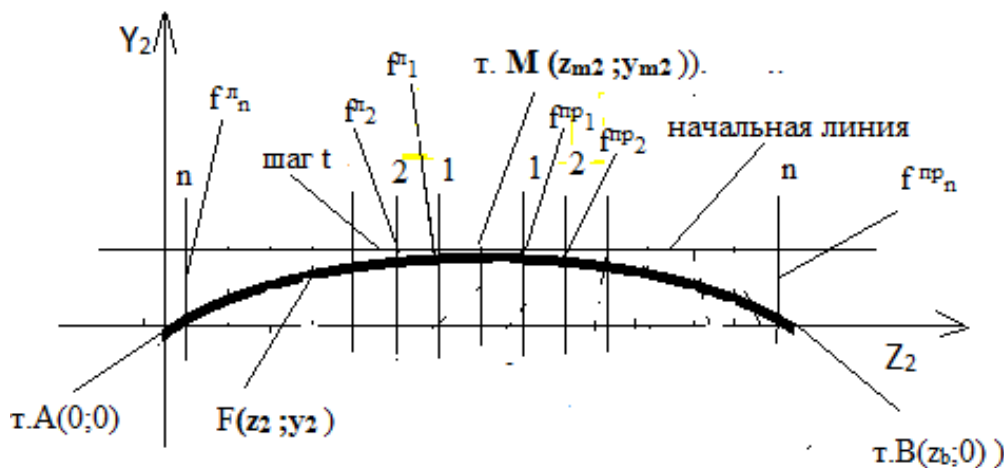


Рис. 8. Схема расположения сечений от 1 до n с каждой из сторон от т.М

Шаг 15. Найти координаты точек (от 1-й до n), расположенных на оси O_2Z_2 по обе стороны (с левой и правой сторон) от точки z_{2m} на этой оси с шагом t и результаты сводим в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Левая сторона от т. Z_{2m}			т. М
n	2	1	
z_{2n}	z_{22}	z_{21}	z_{2m}

Таблица 2

т. М	Правая стороны от т. Z _{2m}		
	1	2	н
Z _{2m}	Z ₂₁	Z ₂₂	Z _{2n}

Шаг 16. Определить значения y_{2n} функции F₂ в сечениях от 1 до n.
Результаты сводим в таблицы 3 и 4.

Таблица 3

Значения y _{2n} с левой стороны от т. Z _{2m}			т. М
н	2	1	
Z _{2n}	Z ₂₂	Z ₂₁	Z _{2m}
y _{2n}	y ₂₂	y ₂₁	y _{2m}

Таблица 4

т. М	Значения y _{2n} с правой стороны от т. Z _{2m}		
	1	2	н
Z _{2m}	Z ₂₁	Z ₂₂	Z _{2n}
y _{2n}	y ₂₁	y ₂₂	y _{2m}

Шаг 17. Определить расстояния f_n от базовой плоскости, проходящей через точку М, до кривой F₂ для всех сечений (от 1-го сечения до n-го сечения) как с левой, так и с правой стороны, по формуле:

$$f = y_{2m} - Z_{2n} \cdot \quad (13)$$

Результат сводим в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Значения f _n с левой стороны от т. Z _{2m}			f _m
н	2	1	
			0

Таблица 6

f _m	Значения f _n с правой стороны от т. Z _{2m}		
	1	2	4
0			

Шаг 18. Определить количества итераций I формообразования для получения требуемой детали по зависимости

$$I = f_n / \delta, \quad (14)$$

где δ – максимальная величина деформации в n-й точке на кромке заготовки детали при одной итерации формообразования, определяется на основании теории пластичности и упругости характерные для того или иного материала заготовки и ее формы, потребной мощности для этого процесса.

Полученное значение I округляется до ближайшего большего целого числа.

Шаг 19. Определить расстояния f от базовой плоскости до кривой F₂ при всех итерационных кривых (от 1 до I) на всех сечениях (от 1 до n) согласно формуле

$$f_n^{\pi}(l) = n * f_n^{\pi} / l \text{ и } f_n^{\pi p}(l) = n * f_n^{\pi p} / l. \tag{15}$$

Значения приводим в виде табл. 7 и 8.

Таблица 7

$f_n^{\pi}(l)$ с левой стороны от т. М					
№ итер.	n		2	1	М
1					
2					
...					
l					0

Таблица 8

$f_n^{\pi p}(l)$ с правой стороны о т. М					
№ итер.	М	1	2		n
1	0				
2	0				
...	0				
l	0				

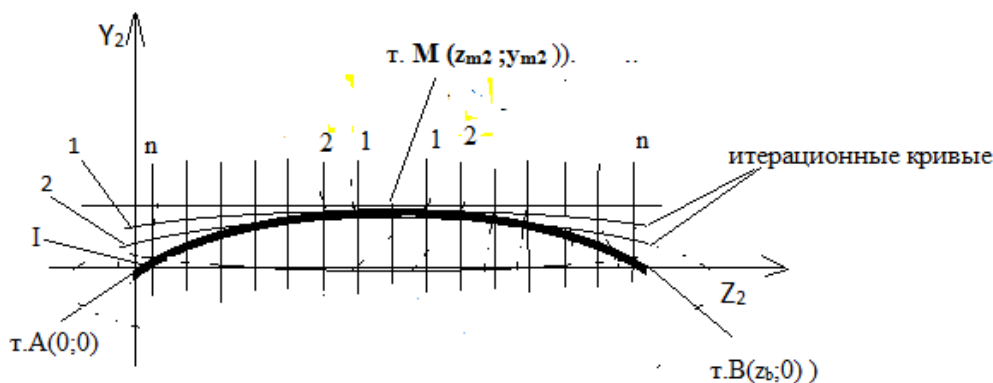


Рис. 9. Схема расположения итерационных кривых в системе координат $Z_2O_2Y_2$

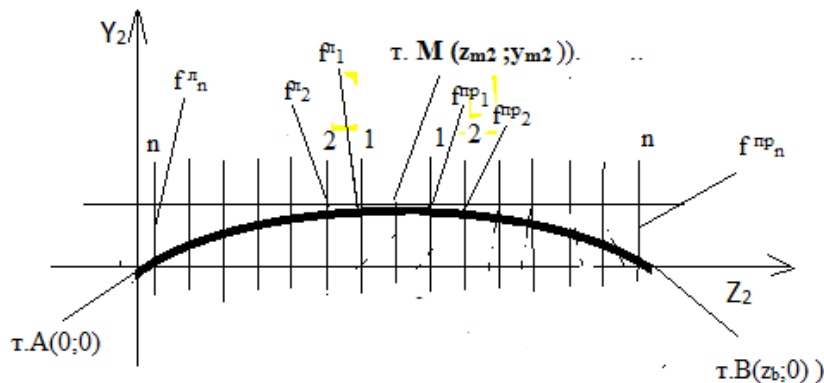


Рис. 10. Схема расположения расстояний f_n от базовой плоскости до кривой $F(z_2;y_2)$

Данные f (табл. 7 и 8) прогибов по сечениям используем для ввода их (через соответствующую программу) в системный блок управления (СБУ) исполнительными механизмами автоматизированной системы ПФ ЛМ. Фактически по данным f имеем конфигурацию расположения крайних нижних точек деформирующих роликов при осуществлении той или иной итерации формообразования относительно базовой плоскости. А конфигурация наборной матрицы повторяет конфигурацию расположения роликов с поправкой на толщину заготовки. После расчетов и ввода в СБУ технологических параметров, таких, как усилие гибки, ход пуансона и других параметров, проводят настройку матрицы и пуансона по конфигурации детали для первой итерации. Затем на матрице закрепляют заготовку, после чего осуществляется вертикальное перемещение пуансона вниз, при этом проводится свободная симметричная гибка до соприкосновения заготовки с матрицей, после чего пуансон совершает горизонтальное прямое и возвратное поступательное перемещение (завершается первая итерация). Многоитерационный процесс формообразования ведут до тех пор, пока на заготовке (панели) не сформируется требуемая чертежом кривизна без пружинения [1, 4].

Выводы

Предложенная технология представляет собой быстро программируемую циклическую технологическую систему. Ее основной особенностью является технологическая гибкость внутри цикла и технологическая гибкость для быстрого перехода на изготовление новых деталей на автоматизированной системе последовательного формообразования.

Технологическая гибкость данной системы определяется следующими факторами:

- непосредственное задание размеров изготавливаемых деталей как исходной геометрической информации в виде массива цифровых данных;
- цифровое задание необходимой технологической информации, определяющей при каждой итерации усилие гибки; ход пуансона и др. [1];
- автоматическое управление всеми вспомогательными операциями;
- выполнение предусматриваемой коррекции параметров формообразования детали.

Разработанный алгоритм подготовки массива цифровых данных для программирования автоматизированной системы процесса последовательного формообразования листа (панели) с ЧПУ является основной частью числового управления и имеет различную реализацию в соответствии с типом оборудования, задействованного в той или иной операции (электропривод, гидропривод, электронные системы измерения различных параметров процесса, построенных на различных базовых элементах), требованиям и к точности и уровню автоматизации.

Пример реализации алгоритма

Исходные данные:

1. При электронном описании детали, представляющей собой поверхность второго порядка одинарной кривизны, принимаем аппроксимирующую контур функцию $F(z,y)=0$ поверхности как функцию окружности, заданной в виде $y^2 + z^2 - 3000^2 = 0$ (радиус окружности $R = 3000$ мм) (рис. 11),

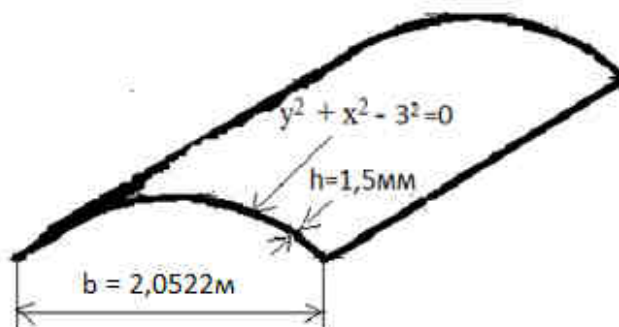


Рис. 11. Эскиз детали обшивки самолета

В качестве исходных данных принимаем:

- ширину изделия b – 2,0522 м;
- толщину листа h – 1,5 мм.

2. Определяем координаты точек А и В в системе строительных осей самолета ZOY с центром аппроксимирующей окружности в точке 0 начала координат известными математическими методами (рис. 12):
 $z_a = 1,0261$; $y_a = 2,8191$; $z_b = 2,5981$; $y_b = 1,5000$.

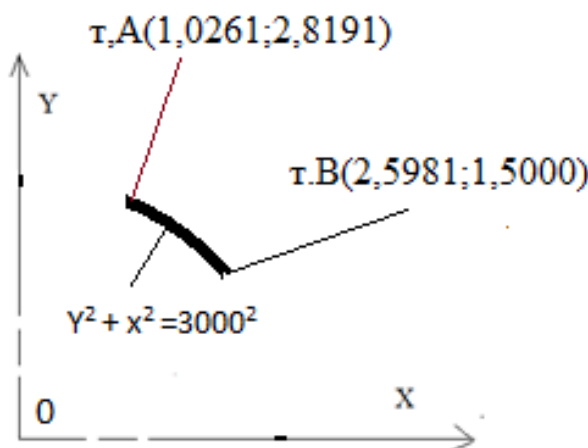


Рис. 12. Расположение контура детали в системе координат ZOY

3. Находим длину l хорды АВ по точкам А и В:
 $l = [(2,8191 - 1,5000)^2 + (2,5981 - 1,0261)^2]^{0,5} = 2,0521$ м
4. Определяем производные параметры функции $F(z,y)=0$ (в данном случае $y^2 + z^2 - 3000^2=0$), а именно:
 - а) $F'(z_a) = -0,3639$;
 - б) $F'(z_b) = -1,7321$.
5. Находим уравнения нормалей \bar{n}_a и \bar{n}_b , проведенных соответственно через точки $A(z_a, y_a)$ и $B(z_b, y_b)$ по формулам (1) и (2):

$$\bar{n}_a \equiv y - 2,8191 = -(z - 1,0261)/(-0,3639);$$

$$\bar{n}_b \equiv y - 1,5000 = -(z - 2,5981)/(-1,7320);$$

$$\bar{n}_a \equiv y - 2,7480z = 0;$$

$$\bar{n}_b \equiv y - 0,5773z = 0.$$
6. Находим угол охвата α (рис. 13):
 $\alpha^\circ = \arctg\{[|2,7480 - 0,5773|]/[|1+2,7480 \cdot 0,5773|]\} = 40^\circ.$

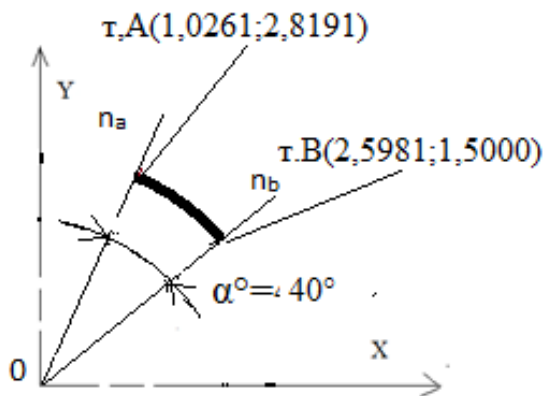


Рис. 13. Схема расположения угла охвата контура детали

Проверяем, что угол охвата $\alpha = 40^\circ$ должен быть меньше двойной величины предельного конструктивного наклона деформирующего ролика, равного 45° .

7. Определяем угол наклона хорды АВ (рис. 14):

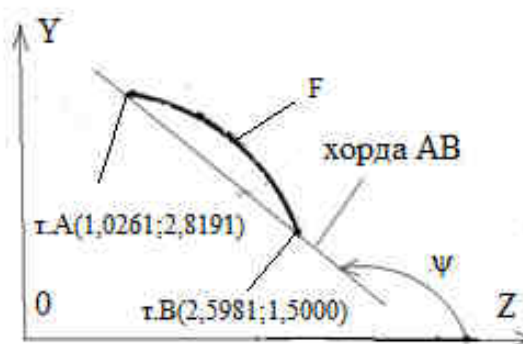


Рис.14. Схема расположения угла наклона хорды АВ

$$\Psi = \text{arctg}[(2,8191 - 1,5000)/(2,5981 - 1,0261)] = \text{arctg}(2,0275) = 116,26^\circ.$$

8. Определяем угол λ поворота оси $O_2 Z_2$ до ее совмещения с хордой АВ:

$$\lambda = 180^\circ - 116,26^\circ = 63,74^\circ.$$

9. Находим координаты т. А и В в системе $Z_2 O_2 Y_2$, учитывая, что точка А расположена в начале координат (O_2), точка В расположена на оси $O_2 Z_2$ на расстоянии, равном l:

$$\begin{aligned} \text{(т. А)} \quad z_{a2} &= 0; \\ y_{a2} &= 0; \\ \text{(т. В)} \quad z_{b2} &= 2,0521 \text{ м}; \\ y_{b2} &= 0. \end{aligned}$$

10. Определяем уравнение аппроксимирующей функции F_2 в системе $Z_2 O_2 Y_2$, проходящей через точки А и В с радиусом, равным 3 м:

$$F_2 = (y_2 + 2,8191)^2 + (z_2 + 1,026)^2 - 3^2 = 0.$$

11. Определяем значение функции F_2 (y_{2m}) в точке М с координатами $z_{2m} = 2,0521/2$, оно же – максимальное значение:

$$y_{2m} = 0,1809 \text{ м}.$$

12. Находим число сечений n по обе стороны от точки на оси абсцисс $z_{2m} = 2,0521/2$ при шаге $t = 0,140$ м (значение шага t задается исходя из конструктивных соображений автоматизированной системы формообразования [3]):

$$n = 1,026 / 0,140 = 7,3.$$

Значение n округляем до меньшего целого, т.е. до 7.

13. Находим координаты точек (от 1-й до 7-й) расположенных на оси O_2Z_2 по обе стороны (с левой и правой стороны) от точки $z_{2m} = 1,026$ на этой оси с шагом $t = 0,140$ м и результаты сводим в табл. 1 и 2:

Таблица 1

Левая сторона от т. Z_2							Z_{2m}
7	6	5	4	3	2	1	
0,046	0,186	0,326	0,466	0,606	0,746	0,886	1,026

Таблица 2

Z_{2m}	Правая стороны от т. Z_2						
	1	2	3	4	5	6	7
1,026	1,166	1,306	1,446	1,586	1,726	1,866	2,006

14. Определяем значения y_{2n} функции F_2 в сечениях от 1 до 7. Так как функция F_2 является симметричной, то ее значения будем определять только для одной стороны по формуле из п. 11:

$$y_{2n} = [3^2 - (z_{2n} + 1,026)^2]^{0,5} - 2,8191.$$

Результаты сводим в таблицы 3 и 4.

Таблица 3

Значения y_{2n} с левой стороны от т. Z_2							Z_{2m}
7	6	5	4	3	2	1	
0,046	0,186	0,326	0,466	0,606	0,746	0,886	1,026
0,0163	0,0609	0,0981	0,1282	0,1513	0,1678	0,1776	0,1809

Таблица 4

Z_{2m}	Значения y_{2n} с правой стороны от т. Z_2						
	1	2	3	4	5	6	7
1,026	1,166	1,306	1,446	1,586	1,726	1,866	2,006
0,1809	0,1776	0,1678	0,1513	0,1282	0,0981	0,0609	0,0163

15. Определяем расстояния f_n от базовой плоскости, проходящей через точку M до кривой F_2 для всех сечения n (от 1-го сечения до 7-го сечения) как с левой, так и с правой стороны, по формуле:

$$f_n = y_{2m} - z_{2n}.$$

Результат сводим в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Значения f_n с левой стороны от т. Z_2 в м							f_m
7	6	5	4	3	2	1	
0,1646	0,1200	0,0828	0,0527	0,0296	0,0131	0,0033	0

Таблица 6

f_m	Значения f_n с правой стороны от т. Z_2 в м						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,0033	0,0131	0,0296	0,0527	0,0828	0,1200	0

16. Определяем количество итераций I формообразования для получения требуемой детали по зависимости

$$I = 0,1646 / 0,035 = 4,7,$$

где 0,035 мм – максимальная величина δ деформации в n-й точке на кромке заготовки детали при одной итерации.

Полученное значение 4,7 округляем до ближайшего большего целого числа, равного $l = 5$.

17. Расстояния f от базовой плоскости, совпадающей с касательной, проведенной к т. М на кривой F_2 и проведенной через т. М до каждой заданной точки на всех итерационных кривых при всех итерациях (от 1 до 5), определяем согласно формуле

$$f^n(l) = n \cdot f_n^l / 5 \text{ и } f^{np}_n(l) = n \cdot f^{np}_n / 5.$$

Значение оформляем в виде табл. 7 и 8.

Таблица 7

Номер итерации	$f^n(l)$ с левой стороны от т.М, м							М
	7	6	5	4	3	2	1	
1	0,0329	0,0240	0,0166	0,0105	0,0059	0,0026	0,0007	
2	0,0658	0,0480	0,0232	0,0210	0,0118	0,0052	0,0014	
3	0,0987	0,0720	0,0398	0,0315	0,0177	0,0078	0,0021	
4	0,1316	0,0960	0,0564	0,0420	0,0236	0,0104	0,0028	
5	0,1646	0,1200	0,0828	0,0527	0,0296	0,0131	0,0033	0

Таблица 8

Номер итерации	$f^{np}_n(l)$ с правой стороны о т.М, м							
	М	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0,0007	0,0026	0,0059	0,0105	0,0166	0,0240	0,0329
2	0	0,0014	0,0052	0,0118	0,0210	0,0232	0,0480	0,0658
3	0	0,0021	0,0078	0,0177	0,0315	0,0398	0,0720	0,0987
4	0	0,0028	0,0104	0,0236	0,0420	0,0564	0,0960	0,1316
5	0	0,0033	0,0131	0,0296	0,0527	0,0828	0,1200	0,1646

Геометрическое толкование значений f из табл. 7 и 8 приведено на рис. 15.

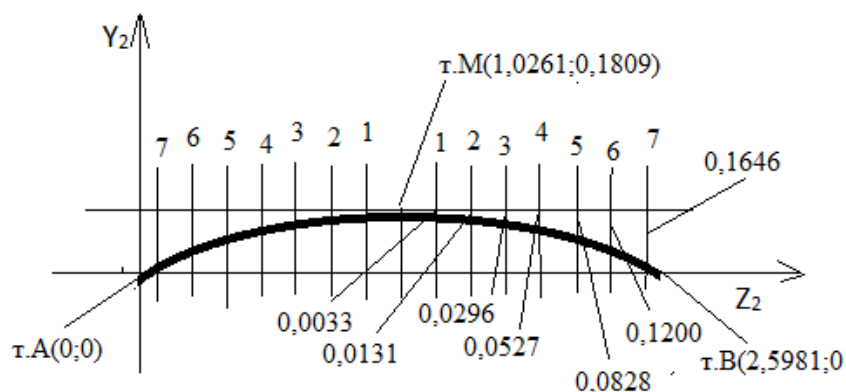


Рис. 15. Схема значений прогибов по сечениям

18. Прогибы f (относительно базовой плоскости) по сечениям определяем, используя данные из табл. 7 и 8 для ввода их (через соответствующую программу) в системный блок управления (СБУ) исполнительными механизмами автоматизированной системы ПФ ЛМ.

Список литературы

1. Лупкин, Б. В. Способ формообразования обшивок и панелей одинарной кривизны методом свободной гибки-прокатки на оборудовании с ЧПУ. [Текст] / Б. В. Лупкин, Н. С. Подгребельный, Ю. А. Корольков, В. И. Асташкин // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 71. – Х., 2016. – С 90–95.
2. Голицына, О. Л. Основы алгоритмизации и программирования [Текст]: / О. Л. Голицына, И. И. Попов: учеб. пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ, 2008. – 432 с.
3. Патент UA №102792.
4. Патент UA №102793.
5. Самуль, В. И. Основы теории упругости и пластичности [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов / В. И. Самуль. — 2-е изд., перераб. — М.: Высш. школа, 1982. — 264 с.
8. Ильин, В. А. Аналитическая геометрия, / В. А. Ильин, Э. Г. Позняк. – М., 2004.
9. CALS (Continuous Acquisition and life cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия в авиастроении [Текст]: / А. Г. Братухин и др. под ред. д-ра техн. наук, проф. – М.: Изд-во МАИ, 2000. – 304 с.

Поступила в редакцию 13.06.2016

Алгоритм підготовки масиву цифрових даних для програмування автоматизованої системи з числовим програмним керуванням (ЧПК) для процесу послідовного формоутворення листа (панелі)

У даній роботі запропоновано оригінальну методику формування масиву даних для використання в програмному забезпеченні як складова частина CALS-технології для здійснення послідовного формоутворення деталі обшивки літака. При цьому використано метод оцифрування параметрів формоутворення як з листового матеріалу, так і з панелі. У статті наведено як узагальнену структуру програмного забезпечення так і лінійний алгоритм підготовки модуля формування масиву цифрових даних технологічного процесу. Наведено конкретний приклад реалізації алгоритму підготовки масиву цифрових даних для обшивки літака одинарної кривизни і з контуром апроксимованою кривою другого порядку.

Ключові слова: алгоритм, цифровий масив, CALS-технології, лист, панель, формоутворення, обводотвірні деталі, одинарна кривизна, поверхня другого порядку, базова площина.

Algorithm Preparing an Array of Digital Data for Programming the Automated System with Numerical Control (CNC) for the Sequential Process of Forming Sheet (Panel)

In this paper we propose a method of forming the original data set for use in the software as a component of CALS- technology for serial shaping the details of the aircraft skin. When this method is used as a parameter digitizing shaping from sheet material and from the panel. The article describes a generalized structure of the software and linear algorithm training modules form an array of digital data process. Given a specific example of the preparation of the algorithm an array of digital data for aircraft skin single curvature and the approximated curve with the contour of the second order.

Key words: algorithm, digital array, CALS-technology, sheet, plate, morphogenesis of, obvodooobrazuyuschie items, single curvature of the, the second order surface, reference plane.

Сведения об авторах:

Лупкин Борис Владимирович – профессор, д-р техн. наук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт", Украина.

Подгребельный Николай Семенович – генеральный директор филиала ГП "Антонов" "Серийный завод "Антонов", г. Киев, Украина.

Корольков Юрий Александрович – инженер, Киевский авиационный техникум, Украина.

Асташкин Владимир Иванович – заместитель генерального директора ГП "Антонов", г. Киев, Украина.