

Ян ГАДУШ

Словацкий технический институт, Братислава, ЧССР  
Факультет машиностроения, Кафедра деталей машин и передач

#### МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ 2-Д МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ДЛЯ СИСТЕМ САО

**Резюме.** Одной из сложнейших задач, требующих своего решения при создании систем САО, является трансформация дискретных цифровых данных в связную графическую информацию.

В статье рассматривается одна из методик создания 2-д моделей деталей машин, при помощи которой возможно во взаимодействии с комплексом созданных программ трансформировать дискретные данные в связную графическую информацию, и это можно реализовать при помощи вычислительной техники и автоматических устройств, сделанных в Чехословакии.

#### 1. ВВЕДЕНИЕ

Эффективность использования вычислительных машин в области проектирования и конструирования в значительной мере зависит от формы выхода результатов. Еще недавно преобладал выход в алфавитной форме. Количество информации, получаемых сегодня при помощи вычислительной техники за очень короткие сроки, оказывается во многих случаях с точки зрения интерпретации нерентабельными. Поэтому огромное значение придается внедрению ввода в прежде всего выхода информации в графической форме, которая позволяет человеку быстро и глобально оценить результаты. В настоящее время высшей степенью в области автоматизации проектирования является использование средств интерактивной графики.

#### 2. ВОЗМОЖНОСТИ ОПИСАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

Технический объект в нашем понимании – это детали машин, группа функционально взаимосвязанных деталей машин – группы, подгруппы, но и изделия машиностроения в сборе – механизмы и машины.

Термин элемент технического объекта будет использован в значении мельчайшей, целесообразно и функционально далее не делимой части, с учетом характера процесса автоматизированного проектирования, составной частью которого этот элемент является. В разных случаях будет потом выгодно различное детальное членение технического объекта. По этому членению мы будем говорить об элементах более высокого и более низкого порядка.

В качестве простейшего технического объекта может быть приведена деталь машины. Каждую деталь машины можно определить поверхностями, так как она создана в результате геометрических операций объединения, проицаемости, пересечения или сечения элементарных объемов. Эти объемы ограничены элементарными поверхностями плоскими, цилиндрическими, сферическими, торообразными или другими так наз. техническими поверхностями. Ограниченные элементарные поверхности и их комбинации образуют потом определенную совокупность типовых поверхностей, которые в процессах системы автоматизированного проектирования считаются исходными. Типовые поверхности можно распределить на группы по следующим признакам: форма, степень, функция, стандартизация, способ изготовления. Для каждой из этих типовых поверхностей можно определить код, номенклатуру размеров и характеристик, автономную систему координат для определения ее козиции в пространстве.

Объекты, ограниченные типовыми поверхностями, приводятся нами в качестве типовых элементов. Деталь машины можно потом рассматривать как объект, состоящий из частей – типовых элементов. Проекция детали синтезируется операциями объединения, пересечения, сечения совокупности типовых элементов.

Структура объекта (системы) может быть изображена разным способом. В каждом описании структуры системы, однако, должны быть выражены составные части структуры, значит, строительные элементы, их упорядочение и взаимные связи. В общем структуру системы можно описать на двух уровнях:

- абстрактное описание структуры – оно связано непосредственно с описанием частичных или элементарных функций и относит их выполнение к отдельным составным частям – элементам. Таким образом оно выражает качества функционирования отдельных составных частей структуры, но не конкретные формы и размеры. Такое описание является результатом фазы проектирования (качественного конструирования).
- конкретное описание структуры – оно показывает геометрическо-материальные качества составных частей структуры. Отдельные строительные элементы системы получают конкретные формы и размеры, соответствующие требованиям на прочность, функцию, эстетику, также как и экономическим требованиям. Это описание является результатом процесса конструирования количественного конструирования, значит – это полная конструкционная документация.

Самая конструкция проектируемого объекта определена геометрической формой, размерами конструкционной чертой и материалами, из которых сделаны строительные элементы. В процессе создания конструктор непосредственно оперирует конструкционными чертами. Идентификация конструкционной черты (KR) основана на выборе конструкционной формы ( $\tau$ ) и множества размеров (D). Этот факт можно символически записать как объединение:

$$KR = \tau \cup D \quad (1)$$

Следовательно, конструкционная форма – это качество конструкции, множество размеров – это способ идентификации количественных качеств конструкции.

Действительная конструкция отличается определенным допустимым отклонением от идентифицированного множества размеров. Формально этот факт можно записать при помощи следующего объединения:

$$D = N \cup |T| \quad (2)$$

где:

$N$  - это множество номинальных размеров,

$|T|$  - это множество допусков.

Рисунок № 1 приводится в качестве иллюстративного примера для объяснения понятий конструкционная форма и конструкция.

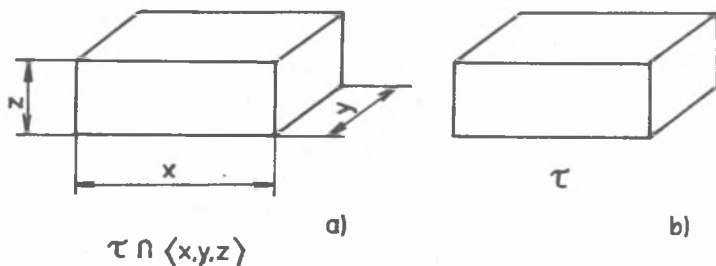


Рис. 1. Описание  
а) конструкции, б) конструкционной формы

### 3. СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В системе автоматизированного проектирования конструкционная форма проектируемого объекта описывается при помощи математической модели, соответствующей объективно доступным техническим средствам и средствам программирования системы.

Математическая модель используется как подходящее средство, позволяющее трансформацию дискретных цифровых данных в графическую форму. Способ создания математических моделей в большинстве случаев однозначно определяется соответствующим внешним языком программирования, используемым в системе автоматизированного проектирования. В настоящее время существует около 40-60 разных внешних языков, с которыми связаны проблемно ориентированные программные комплексы для решения геометрических задач [3]. Большое количество внешних языков и систем было выведено из системы АРТ (Automatically Programmed Tool), которая была создана первой уже в 1955 г. в Массачусетском технологическом институте в США.

Внешние языки подходят для формального описания первичной информации и они должны быть полностью поняты для человека. Соответствующую конверсию на внутренний язык вычислительной системы обеспечивает потом перевод. Чтобы описание первичной информации сделать более простым, выгодно составлять математические модели, которые в процессе выполнения работы программы даже несколько раз перетрансформируются уже в форму внутреннего языка (машинного кода), связанного с системой на выходе графического устройства.

На нашей кафедре находится малая вычислительная машина ADT 4300 и чертежный автомат DIGIGRAF 1612 с блоком управления DAPOS D3G, т.е. средства неинтерактивной графики. Стандартный вариант языка BASIC был расширен за счет приказов для графического выхода, совместно названных DIGIPL0T, и за счет комплекса проблемно ориентированных подпрограмм для технического черчения, названных DIGI-TK. В процессе создания комплекса подпрограмм мы старались достичь по-возможности простейшего, но при этом универсального метода создания 2-Д моделей деталей. Наш метод мы продемонстрируем на простом примере черчения двумерных проекций вращающихся деталей.

Прежде чем начать описывать упомянутый метод, сделаем анализ конструкционной формы, например, ступенчатых валов. Эти детали состоят в общем из следующих типовых элементов: конус, цилиндр, тороид. Все остальные поверхности могут быть аппроксимированы приведенными элементами (Рис. № 2).

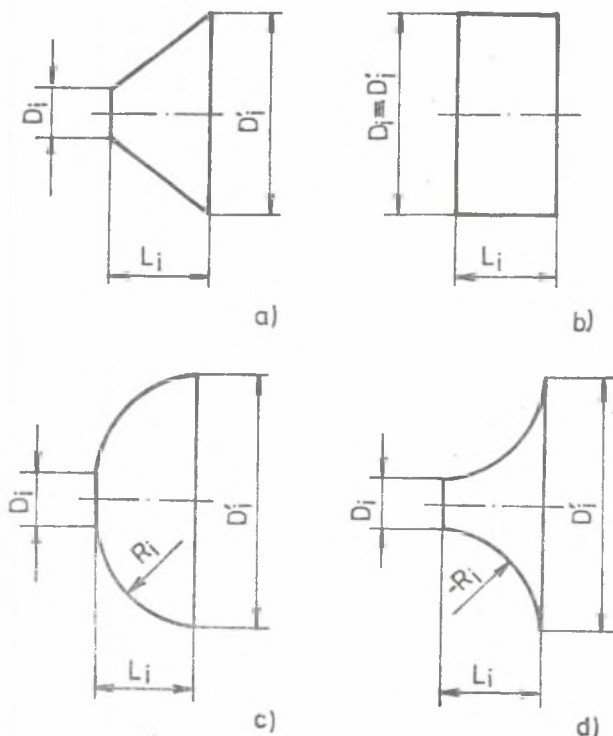


Рис. 2. Типовые элементы ступенчатых валов

Если сделать максимальное обобщение, можно сказать, что простейшие элементы, изображенные на рисунке № 2, могли бы быть созданы вращением части круга вокруг оси симметрии. Если бы радиус создающего круга равнялся  $R_1 = \infty$ , мы получили бы цилиндр или конус. Следовательно, обая математическая модель типового элемента может быть записана как вектор следующим образом:

$$TP = \left[ \pm R_1, D_1, D_1, L_1 \right] \quad (3)$$

где TP - это типовой элемент и для радиуса  $R_1$  знак плюс применяется для выпуклых поверхностей и знак минус - для вогнутых поверхностей.

Опираясь на сказанное выше, математическая модель любой детали может быть символически выражена как матрица, состоящая из  $n$ -строчек и четырех колонок, каждая строчка которой представляет модель определенного типового элемента:

$$M = \begin{bmatrix} \pm R_1 & D_1 & D_1 & L_1 \\ \pm R_2 & D_2 & D_2 & L_2 \\ & & \vdots & \\ \pm R_{n-1} & D_{n-1} & D_{n-1} & L_{n-1} \\ \pm R_n & D_n & D_n & L_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

Однако, не всегда выгодно использовать настолько общие математические модели. Для нашего примера - черчение ступенчатых валов - мы выбрали метод объединения типовых элементов, изображенных на рисунке № 2. Таким образом у нас будут две модели типовых элементов, коды которых следующие:

$K = 0$  - для конуса и цилиндра

$K = \pm 1$  - для закругленного перехода (тороида)

Форма математической модели типового элемента будет изменена следующим образом:

$$TP = \left[ K, D_1, D'_1, L_1 \right] \quad (5)$$

При этом предполагается, что  $R_1 = L_1$ .

Математическая модель четырех-ступенчатого вала со снятыми фасками и тремя закругленными переходами, двумерную проекцию которого нарисовал автомат находится на рисунке № 3, может быть символически записана как объединение типовых элементов:

$$M = TP_1 \cup TP_2 \cup TP_3 \dots \cup TP_9 \quad (6)$$

При этом каждый типовой элемент должен быть определен известными параметрами, приведенными в формуле (5). Такая модель (6) представляет в нашем комплексе подпрограмм первичную информацию, которую нужно еще несколько раз перетрансформировать. Комплекс подпрограмм обеспечит автоматически первичную трансформацию и в такой форме, чтобы можно было по возможности наиболее эффективно создавать программы с использованием приказов DIGIPL0T для графического выхода. Приказы DIGIPL0T потом вторичной трансформацией создают вводные информации для блока управления DAPOS D3G.

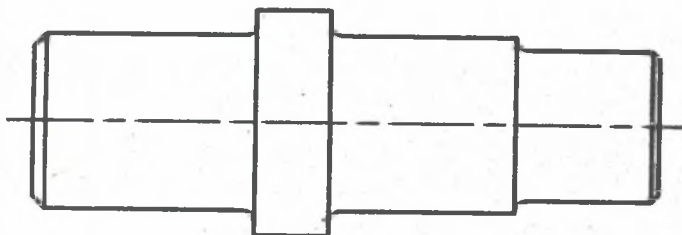


Рис. 3. Изображение ступенчатого вала, нарисованного чертежным автоматом DIGIGRAF

Дальше приводится математическая модель, полученная после первичной трансформации, а именно, для первого элемента (рисунок № 3), т.е. снятый носок (снятый конус). Для этих моделей в комплексе подпрограмм DIGI-TK выделена матрица  $Y$  типа  $(n, 5)$ , состоящая из  $n$  строчек и пяти колонок. Первый элемент матрицы служит для кодирования интерполяции и управления используемого пера. Если  $Y[n,1] = 0$ , перо при движении головки чертежного автомата поднято, интерполяция - линейная. Если  $Y[n,1] = 1$ , перо рисует отрезок. Если  $Y[n,1] = 2$  или  $Y[n,1] = 3$ , перо рисует дугу по или против часовой стрелки. Второй и третий элементы матрицы  $Y[n,2]$ ,  $Y[n,3]$  - это координаты  $x$  и  $y$  той точки, куда должно осуществиться перемещение пера из точки, в которой оно в данный момент находится. Четвертый и пятый элементы матрицы в линейной интерполяции равняются 0. В кольцевой интерполяции они определяют координаты  $x$  и  $y$  центра дуги.

Упомянутая математическая модель типового элемента будет выглядеть следующим образом:

$$TP'_1 = Y = \begin{bmatrix} 1, & 0, & -D_1/2, & 0, & 0 \\ 1, & L_1, & -D'_1/2, & 0, & 0 \\ 0, & L_1, & 0, & 0, & 0 \\ 0, & 0, & 0, & 0, & 0 \\ 1, & 0, & D_1/2, & 0, & 0 \\ 1, & L_1, & D'_1/2, & 0, & 0 \\ 0, & L_1, & 0, & 0, & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Математическая модель двухмерной проекции типового элемента ступенчатого вала, созданная вторичной трансформацией, имеет потом следующую форму:

```
G01X+002000Y+002000F7
Y-001500Q01
G03X+001000Y-001000I+001000
G01Y+002500
X-001000Q00
Y+001500Q01
G02X+001000Y+001000I+001000
G01Y-002500
G41Y-004000Q00
G01X-001500
X+002000Q22
X-003500Y-002000Q00
X+01000Q02
Y+010000
X-010000
Y-010000
```

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Трансформация дискретных цифровых данных в связную графическую информацию - одна из сложнейших задач, требующих своего решения в системе автоматизированного проектирования.

Приведенный нами метод создания математических моделей проектируемых объектов во взаимодействии с приказами для графического выхода и комплексом подпрограмм, если его сравнить с другими методами, приводимыми в литературе, можно оценить как очень простой, понятный и эффективный. Метод был использован и проверен при создании нескольких систем автоматизированного проектирования. В качестве примера мы можем привести систему автоматизированного проектирования главных узлов одноступенчатой коробки передач, где после задания совокупности вводных данных весь расчет и черчение технологических



чертежей: вала шестерни, колеса и вала отбора мощности делается автоматически, под надзором обслуживающих лиц [2].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Granát L., Sechovský H.: Počítačová grafika, SNTL Praha 1980.
- [2] Gaduš J.: Príspevok k metodike automatizovaného navrhovania častí strojov a mechanizmov, Kandidátska dizertačná práca, Bratislava 1982.
- [3] Muránsky J.: Automatizácia technickej prípravy strojárskkej výroby, Alfa Bratislava 1980.

#### THE CREATION OF 2-D MODELS OF MACHINE COMPONENTS FOR CAD SYSTEMS

##### S u m m a r y

One of the most difficult tasks one has to realize in creating the CAD systems is to convert digital data into analogue graphic information.

The author of the paper deals with one of the techniques of creation 2-D models of machine components. Digital data can be converted into analogue graphic information by means of the cooperation of the model with the system of generated programs and all this can be done by using Czechoslovak computing and automation technique.

#### TWORZENIE 2-WYMIAROWYCH MODELI ELEMENTÓW MASZYN DLA SYSTEMÓW CAD

##### S t r e s z c z e n i e

Jednym z bardziej złożonych zadań przy tworzeniu systemów CAD jest przekształcenie danych cyfrowych w informację graficzną.

W referacie przedstawia się jedną z metod tworzenia modeli 2D, w której dane cyfrowe są przekształcane w analogową informację graficzną. Opracowany pakiet programów umożliwia praktyczną realizację na urządzeniach techniki komputerowej produkowanych w Czechosłowacji.