

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ КОНФИГУРАЦИИ ИЗДЕЛИЯ

*Свирский Д.Н.*

На протяжении всей истории человечество в различных областях своей деятельности - искусстве, технике, науке - использовало изделия сложной пространственной формы. С развитием материальных и духовных потребностей общества, а также способов и средств их удовлетворения количество подобных объектов все более и более возрастает. Расширяется их многообразие. Постоянно совершенствуются традиционные и появляются принципиально новые технологические методы производства деталей, ограниченных сложными поверхностями. Увеличивается число источников патентной и научно-технической информации, справочной литературы, учебных пособий и монографий, посвященных теории и практике изготовления изделий сложной формы. Однако в основном в них приводятся рекомендации по формообразованию деталей определенного вида с помощью конкретных технологических способов /1/. Это сужает область поиска базовых физико-технических эффектов и затрудняет оценку их эффективности при образовании поверхностей сложной формы. Положение не улучшится пока не будет дано более или менее строгое определение изделия сложной формы (или сложности геометрической формы).

Системный подход позволяет выявить существенные (системные) свойства различных естественных и искусственных объектов. Геометрическая форма (конфигурация) детали представляет собой целостную совокупность (систему) взаимосвязанных поверхностей (участков поверхности). В системном анализе сложной называют систему, "в модели которой не хватает информации для эффективного управления"/2/. В отличие от сложной большую систему понимает как систему, "моделирование которой затруднительно вследствие ее размерности"/2/.

В рамках системной парадигмы известно несколько концепций, в которых сложность выражается некоторым числом:

- теоретико-информационная концепция, связывающая сложность системы с ее энтропией;
- алгоритмическая концепция, характеризующая сложность через длину алгоритма воссоздания системы;
- вычислительная концепция, "привязывающая" алгоритмическую сложность к средствам вычисления;
- теоретико-множественная концепция, определяющая сложность системы по числу ее элементов /2,3/.

Теоретико-множественный подход характеризует скорее большую систему, чем сложную, т.к. связывает ее сложность с размером. Остальные из перечисленных концепций рассматривают сложность как процессуальную характеристику системы, которая определяет процесс передачи и преобразования информации.

Подход, при котором формообразование рассматривается как процесс преобразования геометрической информации с чертежа в информацию реальных поверхностей на готовой детали /4,5/, стал уже классическим.

Согласно структурной теории информации в качестве геометрической меры потенциального количества информации в заданных габаритах используется следующее выражение /6,7/:

$$I = n_x n_N \quad (1)$$

где  $n_x$  - максимальное количество квантов в одном отсчете;  
 $n_N$  - максимальное количество отсчетов в пространстве.

При применении двоичной аддитивной меры (меры Хартли) информационная емкость пространственного тела в тех же обозначениях имеет вид /6,7/:

$$I = n_N \log_2 n_x \quad (2)$$

В обоих случаях сложность как величина массива информации зависит от выбранного интервала отсчета, т.е. точностных характеристик процесса и результата воспроизведения объекта.

Известны также попытки оценивать сложность объекта производства через сложность (трудоемкость) процесса его формообразования, т.е. аналогично алгебраическому методу оценки сложности системы. Величина, характеризующая простоту конфигурации по простоте изготовления детали, является одной из составляющих технологичности конструкции /8/. Однако понятие технологичности непосредственно связано с определенным видом технологического воздействия. Кроме того, понятие "сложность формообразования" шире, чем сложность конфигурации, и включает в себя, по крайней мере, еще одну компоненту - точность изготовления:

$$C_{\text{фо}} = f(C_{\text{кон}}, T_{\text{фо}}) \quad (3)$$

В качестве меры сложности собственно конфигурации детали предлагается использовать отношение ее площади поверхности к объему. Эту величину можно назвать коэффициентом развитости поверхности:

$$K_{\text{рп}} = S_{\text{пов}}/V \quad (4)$$

Известно, что для шара отношение площади поверхности к объему минимально:

$$K_{\text{рш}} = S_{\text{пов}}/V = 3/R \quad (5)$$

где  $R$  - радиус шара.

Поэтому, для перехода к безразмерным величинам, целесообразно ввести в качестве меры сложности коэффициент сложности, представляющий собой отношение коэффициента развитости поверхности исследуемого объекта к коэффициенту развитости поверхности шара, имеющего такой же объем:

$$K_c = K_{\text{рп}}/K_{\text{рш}}, \text{ при } V=V_{\text{ш}} \quad (6)$$

Выразив радиус шара через его объем, можно получить формулу для расчета коэффициента сложности объекта в виде:

$$K_c = \frac{S_{\text{пов}}}{3V} \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}} \quad (7)$$

В условиях автоматизированного проектирования при использовании графических пакетов типа Euclid, Personal designer, I-DEAS Master Series и т.п. площадь поверхности и объем объектов по построенной трехмерной модели вычисляются автоматически. Если вместо математической модели есть предметная копия объекта, то его объем можно определить известным "архимедовым" способом, а площадь поверхности определить, используя способы и устройства класса G 01 В Международной классификации изобретений.

В природе и технике широко распространено явление симметрии. Очевидно, что наличие любого вида симметрии повышает регулярность формы объекта, тем самым снижая ее сложность. При оценке сложности конфигурации этот феномен можно учесть, определив коэффициент сложности не для всего объекта, а только для его симметрично инвариантной части, взяв за основу соответствующую виду симметрии часть шара.

В качестве примера рассмотрим коэффициенты сложности конфигурации куба: для всего куба ( $K_c$ ); учитывая наличие зеркальной симметрии относительно

плоскости, проходящей через центры четырех граней куба, ( $Kc1$ ) и плоскости, проходящей через два противоположных ребра ( $Kc2$ ); а также осевой симметрии порядка  $n=4$  с осью, проходящей через центры двух противоположных граней ( $Kc3$ ) и порядка  $n=3$ , если ось проходит через диагональ куба ( $Kc4$ ). Значения коэффициентов сложности следующие:  $Kc=1,24$ ;  $Kc1=1,10$ ;  $Kc2=1,22$ ;  $Kc3=1,03$ ;  $Kc4=1,21$ . Таким образом, коэффициент конфигурации куба можно принять равным 1,03.

Предлагаемый метод позволяет довольно просто получить численную оценку сложности конфигурации изделий. Он основан на объективных геометрических характеристиках объекта и не зависит от способа его формообразования. Поэтому коэффициент сложности конфигурации может стать весьма удобным параметром для формализованного выбора способа формообразующей обработки.

### Литература:

1. Дружинский И.Я. Сложные поверхности. Математическое описание и технологическое обеспечение.- Л.: Машиностроение, 1985 - 263с.
2. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ.- М.:Высш. шк., 1989 - 367с.
3. Юдин Д.Б., Юдин А.Д. Число и мысль.- М.: Знание, 1985 - 192с.
4. Мясников В.А., Игнатъев М.Б., Покровский А.М. Программное управление оборудованием.- Л.: Машиностроение, 1974 - 540с.
5. Киселев В.М. Фазовые системы числового программного управления станками.- М.: Машиностроение, 1976 - 352с.
6. Мисевич В.С., Бисневич Г.Я. Использование понятия информации при проектировании технологических процессов и автоматических обрабатывающих систем/ Деп. рук. N234-мл87, М.: ВНИИТЭМР, 1987 - 43с.
7. Горюшкин В.И. Основы гибкого производства деталей машин и приборов.- Мн.: Наука и техника, 1984 - 222с.
8. Технологичность конструкции изделия/ Под ред. Ю.Д.Амирова.- М.: Машиностроение, 1990 - 768с.