

1. Теория механизмов и машин: Учеб. для студ. вузов /К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др.; Под ред. К.В. Фролова. – М.: Высш. шк., 1987. – 496 с.

## SUMMARY

This article describes the results of investigation of lever mechanism links dimension influence over outlet link rotation irregularity. It is stated that the post length exerts the greatest influence. This dimension should not exceed the half of leading link length as the gear angle is sharply diminishing.

УДК 62-4

## ФЕНОМЕН ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

Д.Н. Свирский

Форма (как размер, фигура, местоположение) – атрибут любого из окружающих нас физических объектов: природных и искусственных (технических). Артефакты создаются людьми с вполне определенной целью, поэтому их формы характеризуются приспособленностью к внешним воздействиям в широком смысле в соответствии с законами природы, техники и красоты. Новые искусственные формы формируются в ментальности человеческого воображения на основе всего потенциала существующих объектов, накопленного в процессе познавательной деятельности человека, отображенного и хранимого в его сознании. В этих образах помимо закрепления положительного содержания прототипов появляются новые функциональные элементы, связи, отношения, что объективно ведет к последовательному усложнению формы технических объектов. В процессе формообразования возникший психический конструкт овеществляется с помощью имеющихся технических (технологических) средств в новом объекте физической реальности. Таким образом, формообразование как процесс получения объекта определенной и требуемой формы с необходимостью включает в себя продуктивные (творческие) процедуры – т.е. формотворчество и репродуктивные (рутинные) процедуры – т.е. формокопирование. Оба названных компонента не только взаимосвязаны в едином процессе формообразования, но и тесно переплетены и частично перекрываются друг другом как на мыслительном (в основном творческом) этапе, так и на техническом (в основном рутинном) этапах формообразования.

В этих условиях для совершенствования процесса формообразования весьма важно рассмотреть весь арсенал современных технологических методов формообразования, в том числе наукоемких, основанных на новых физико-технических эффектах; дать сравнительную характеристику их эффективности и определить область рационального использования при реализации процедур формотворчества и формокопирования (формотиражирования). В свою очередь, для решения указанных задач необходимо определить качественно и количественно основные качественные параметры формообразования, прежде всего, такие как точность, производительность, сложность, экономичность и эффективность. Особый интерес представляет исследование сопутствующей проблемы роли и места компьютерных технологий формообразования в повышении качества проектирования и производства конкурентоспособной продукции в современных условиях персонализации потребительского спроса.

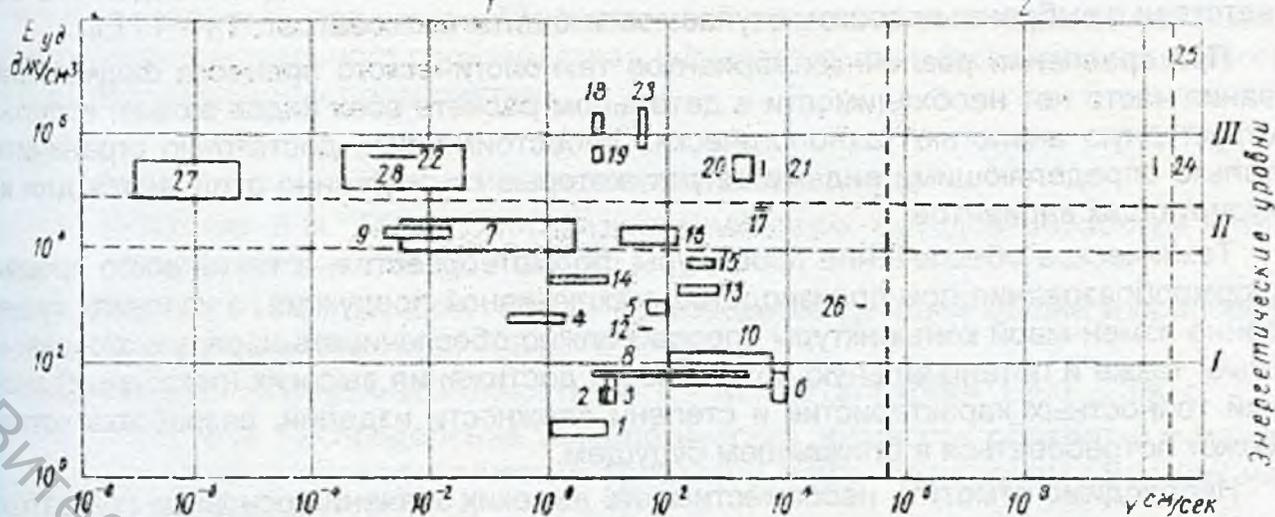
Все множество типов искусственно созданных объемных форм, а именно: а) монументального, б) декоративного искусства; в) архитектурного, г) промышленного;

д) технического дизайна, возможно распределить на поле с координатами «сложность (нерегулярность) формы – габариты (совокупная масса) объектов».

Все многообразие технологических методов формообразования можно разделить на два множества: а) «сканирующие», для которых характерно прямое избирательное (компьютерно) управляемое технологическое воздействие на сырье; б) «оболочковые» - для единовременного создания всей формы изделия (и «тела» при необходимости). Элементами первого множества являются методы а) физико-механической обработки твердых заготовок [1] и б) прямого синтеза [2]. Второе множество составляют методы с использованием формокопирующей оснастки (литье, обработка давлением и т.п.).

При характеристике точности и других полезных свойств (квалиметрических показателей) формообразования удобно рассматривать отдельно процедуры и стадии формотворчества, формокопирования и формотиражирования. Известно, что точность есть степень приближения истинного значения рассматриваемого параметра к его теоретическому (номинальному, требуемому) значению. Результат формотворчества уникален, и в силу своей уникальности не имеет эталона для сравнения своих макро- и микрогеометрических характеристик, в том числе точности размеров, формы и качества поверхности. О соответствии созданной формы общественному ожиданию можно лишь косвенно судить по коммерческому или иному успеху ее автора. В терминах теории измерений [3] точность подобного рода принципиально может быть оценена только погрешностью классификации – пороговым несоответствием реальной формы приписанному ей идеалу. С другой стороны можно говорить о точностных возможностях технических методов и средств формообразования для воплощения придуманного металлического образа в математической модели и/или материале соответственно виртуальной и физической реальности. Оценка точности (определение погрешности) формокопирования возможна непосредственным сравнением копии с оригиналом – физическим прототипом, компьютерной моделью, чертежом вплоть до решения так называемой обратной задачи формообразования – «обратного проектирования» («Reverse Engineering»).

Под производительностью формообразования принято понимать скорость этого процесса. Производительность формотворчества лимитируется человеческим фактором. Ее увеличение, по-видимому, возможно за счет применения компьютерных технологий рекурсивного геометрического моделирования. Производительность преобразования виртуальной компьютерной модели в физический объект на стадии формотворчества и формокопирования сканирующими методами определяется а) площадью поверхности заготовки, физико-механически обработанной в единицу времени или б) скоростью прямого синтеза вдоль ориентирующей оси детали. Производительность формотиражирования оболочковыми методами рассчитывается по числу съёмов с технологического оборудования (такту выпуска) готовых изделий. Производительность формокопирования как процесса переноса информации о требуемой форме на исходный материал с помощью того или иного физико-технологического воздействия принципиально связана с расходом энергии и скоростью воздействия с одной стороны, а с другой стороны – физико-технологическими свойствами сырья – его «обрабатываемостью» выбранным методом. На рис.1 приведена диаграмма распределения наиболее распространенных технологических методов по трем энергетическим уровням и двум скоростным зонам [4]. На ее основании В.В. Швец 35 лет назад указал на потенциальную эффективность таких технологических методов формообразования как холодное деформирование в отношении затрат энергии и времени и электролучевые технологии в отношении их высокой избирательности и управляемости.



Обработка давлением: 1) гибка листов, 2) профилей, 3) штамповка на гидропрессах, 4) выдавливание, 5) высадка, 6) штамповка взрывом; горячая штамповка: 7) нагрев, 8) деформирование; литье: 9) нагрев и плавление, 10) заливка в формы, 11) затвердевание; механическая обработка: 12) резание на ножницах, 13) точение, 14) протягивание, 15) фрезерование, 16) разворачивание, 17) шлифование, 26) резание выстрелом; электролучевая обработка: 18) электроискровая, 19) электроимпульсная, 20) анодно-механическая, 21) электроконтактная, 22) электрохимическая, 23) ультразвуковая, 24) электроннолучевая, 25) лазерная, 27) гальваностегия, 28) плазменное напыление.

Рисунок 1 - Удельный расход и скорость технологических процессов

В работе [5] автору удалось найти объективный критерий сложности формы, основанный только на геометрических характеристиках объекта, выйдя за рамки традиционного «технологического» подхода к решению этой проблемы и разделив, тем самым, сложность формы и сложность (а скорее, трудность) формообразования. При определении степени трудности формообразования (формокопирования) как комплексного показателя, сложность формы объекта производства учитывается как единичный показатель, наряду с другими, не менее важными составляющими, например, требуемыми точностными характеристиками и показателем обрабатываемости материала изделия (или его физическими характеристиками непосредственно). Автор работы [6] вместо трудности формообразования использует сходный критерий сложности реализации в виде «функционала сложности», который, например, в случае использования формообразования точением представляет собой аддитивную свертку показателей «сложность обработки» и «сложность установки» на токарном станке. Оба показателя определены через геометрические параметры детали, причем первый – как отношение ее длины к диаметру (вероятно, имея ввиду характеристику жесткости), а второй – пропорционален объему детали. Отметим, что в рамках рассматриваемых в настоящей статье вопросов важны принципиальные соображения ввода подобной характеристики, а не обсуждение корректности ее конкретного использования в приведенном примере.

Экономичность формообразования определяется минимально возможным уровнем затрат денежных средств на всех этапах изготовления нового изделия или серии изделий. Выбор того или иного варианта технологии формообразования определенного объекта с фиксированным уровнем качественных характеристик удобно осуществлять по приведенным совокупным затратам:

$$C + E_{нК} \rightarrow \min,$$

где  $C$  – текущие затраты на реализацию всего процесса формообразования, включая издержки, связанные с эксплуатацией формообразующего технологического оснащения;  $E_{нК}$  – часть капитальных вложений, необходимых для осуществле-

ния формообразования, которая переносится на стоимость одного изделия в соответствии с выбранным сроком окупаемости капитальных затрат:  $T_0 = 1 / E_n$ .

При сравнении различных вариантов технологического процесса формообразования часто нет необходимости в детальном расчете всех видов затрат; используя структурную аналогию технологических себестоимостей, достаточно ограничиться только определяющими видами затрат, которые существенно отличаются для конкурирующих вариантов.

Техническое обеспечение процедуры формотворчества, а также всего процесса формообразования при производстве эксклюзивной продукции, в условиях существенно изменчивой конъюнктуры спроса должно обеспечивать наряду с экономичностью, также и потенциальную возможность достижения высоких (рекордных) значений точностных характеристик и степени сложности изделий, разработка которых может потребоваться в ближайшем будущем.

Необходимо отметить несовместимость высоких значений основных показателей качества технологического процесса (и технических средств) формообразования. Известны [7], например, зависимости себестоимости детали от требуемой точности ее обработки (рис. 2).

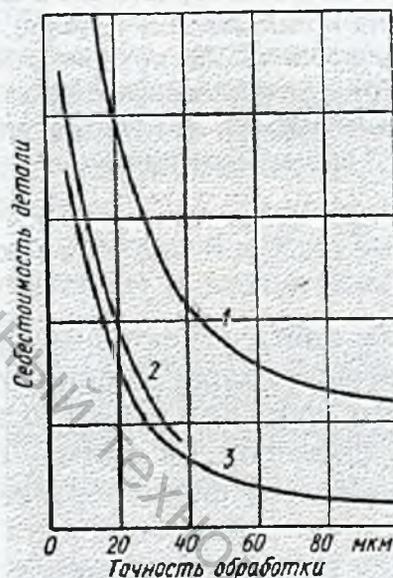


Рисунок 2 - Точность и себестоимость обработки детали по данным:

1 - Г. Берндта, 2 - А.А. Маталина, 3 - К. Ницше

Эти соображения привели к попыткам разработать общий критерий эффективности формообразующего оборудования и в целом процесса формообразования. В качестве такого рода обобщенного критерия предложена, например, продуктивность:

$$P = (\alpha Q \beta \Pi) / (\gamma C_z),$$

где  $Q$  – обобщенный показатель качества (точности);  $\Pi$  – обобщенный показатель производительности, учитывающий сложность формы объекта производства в том числе;  $C_z$  – приведенные совокупные затраты на формообразование;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – весовые коэффициенты.

Несмотря на указанный в работе [7] недостаток этого критерия – неопределенность коэффициентов влияния и их зависимости от конкретных условий, нельзя не оценить его соответствие основополагающему выражению функционально-стоимостного анализа: отношению важности функций (качества) объекта к затратам на их (его) реализацию.

Именно применение функционально-стоимостного анализа при разработке гибкого производственного модуля послойной сборки позволило предложить компактный подход [8] к построению системы автоматизации формообразования, включающей

подсистемы «обратного проектирования», «быстрого прототипирования» и «быстрого тиражирования» продукции [9], призванной реализовать в полной мере концепцию «интеллектуального производства» («Intellectual manufacturing») на малых и средних промышленных предприятиях.

#### Список использованных источников

1. Подураев В.Н. Технология физико-химических методов обработки. – М.: Машиностроение, 1985. – 250 с.
2. Горюшкин В.И. Основы гибкого производства деталей машин и приборов. – Мн.: Наука и техника, 1984. – 222 с.
3. Измерения в промышленности, кн.1. – М.: Metallургия, 1990. – 380 с.
4. Швец В.В. Распределение технологических процессов обработки в машиностроении по энергетическим уровням и скоростным зонам / Вестник машиностроения, 1967, 10, с. 61 – 62.
5. Свирский Д.Н. Количественная оценка сложности конфигурации изделия // Сб. научн. трудов ВГТУ, ч. 2. – Витебск: ВГТУ, 1995. – с. 10 – 12.
6. Логашев В.Г. Технологические основы гибких автоматических производств. – Л.: Машиностроение, 1985. – 176 с.
7. Пуш В.Э. Конструирование металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1977. – 390 с.
8. Свирский Д.Н. Компактная производственная система как объект автоматизированного проектирования. – Мн.: ИТК НАН Беларуси, 2000. – 48 с.
9. Интеллектуальное производство: Состояние и перспективы развития. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.

#### SUMMARY

In the paper a sketch of the basic aspects of a problem of the form generation as a complex phenomenon is given. Two components of the form generation process are allocated: form creation and form copying, which may be differed, beside, by portion of "routine" procedures. The specificity of complex volumetric products forms generation is revealed on the basis of strict definition of the form complexity and its quantitative valuation. The form copying modern technological methods are considered, and the integrated analysis of their potential efficiency is given. The perspective direction of form generation complex automation by form creation support systems application and form copying computerization is shown.

УДК 685.31.05:62-784.4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ КОЛЬЦЕВОГО ТИПА

*В.Н. Потоцкий, Г.Н. Федосеев, С.Г. Ковчур*

Для повышения эффекта пылеулавливания при конструировании местных отсосов необходимо, чтобы весь пылевой факел в момент выделения попадал в пылеприемник. Для этого он должен плотно перекрывать источник пылевыделения и не иметь выступов, а расстояние от места выделения пылевидных частиц до всасывающего отверстия пылеприемника должно быть минимальным. Пылеприемник не должен создавать трудностей при выполнении технологических операций. Для определения оптимальных параметров пылеприемника выполнены теоретические ис-