

## Формообразование и его информационное сопровождение в условиях производственного предприятия

*Институт проблем машиностроения им. А. Н. Подгорного НАН Украины*

Доказано, что практическая реализация условий корректной постановки прямых и обратных задач формообразования на машиностроительном предприятии требует создания компьютерной информационной системы.

**Ключевые слова:** структура, уровень управления, кратность использования информации

Формообразование на всех машиностроительных предприятиях реализуется с использованием CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) систем, когда модель объекта производства описывается на языке аналитической геометрии [1] с получением затем управляющей программы для оборудования с ЧПУ. При этом мало замеченным остается тот факт, что описание формы объектов происходит на языке аналитической геометрии. Тем не менее сегодня разработка модели геометрии объекта в любой из CAD/CAM систем обязательно завершается созданием чертежа по ЕСКД для передачи разработки в производство. С одной стороны, следование существующим традициям сегодня оправданно, поскольку другим способом нельзя передать информацию об объекте в производственные подразделения. Но, с другой стороны, такая дань традициям уж очень тяжела для многих предприятий. Соотношение трудоемкости на разработку аналитического эталона объекта производства и на выпуск всего комплекта чертежей по многим изделиям оценивается как 1 : 3. На некоторых предприятиях можно быстрее произвести изделие, чем выпустить комплект чертежей. Очень мало логики в том, чтобы сначала совершить революционный шаг перехода от чертежа к аналитической модели, а затем опять возвращаться к чертежам. Объем работ при этом возрастает значительно, а качество информации, поступающей в цех, изменяется мало, поскольку средство передачи этой информации остается тем же – чертеж. Одно из неприятных свойств чертежа: плоские проекции не могут однозначно описать геометрию изделия, особенно когда его форма сложнофасонная [2].

Неединственность решения задачи первичного формообразования [3] требует отнесения ее постановки к некорректной. Такие задачи не имеют решения, но поскольку производственная деятельность предприятия их настоятельно требует, то необходимы соответствующие рекомендации.

Целью работы является анализ информационного сопровождения формообразующих процессов на различных уровнях управления в условиях машиностроительного предприятия для обеспечения корректной постановки задачи формообразования.

В настоящей работе производится оценка технической возможности ухода от неоднозначности описания объекта производства с помощью чертежа к информационному сопровождению процессов формообразования путем использования аналитического эталона объекта производства [5], включающего:

- аналитический эталон геометрии;
- модель покрытий;
- модель твердости поверхности;

- модель шероховатости;
- модель допусков формы (для особо ответственных деталей)
- модель допусков расположения.

Модели покрытий, твердости поверхности, шероховатости и допусков строятся на базе аналитического эталона геометрии детали. Эта модель создается конструктором с помощью топологических операций CAD системы из отдельных объемов (solid) или поверхностей (surface) ее элементов. Например, изображенная на рис. 1 деталь, образована восемью поверхностями: 1 - плоскость круга; 2 - поверхность цилиндра; 3 - плоское кольцо; 4 - поверхность цилиндра с отверстиями от пересечения ее цилиндрической поверхностью отверстия - 8; 5 – плоское кольцо; 6 - поверхность цилиндра; 7 - плоскость круга.

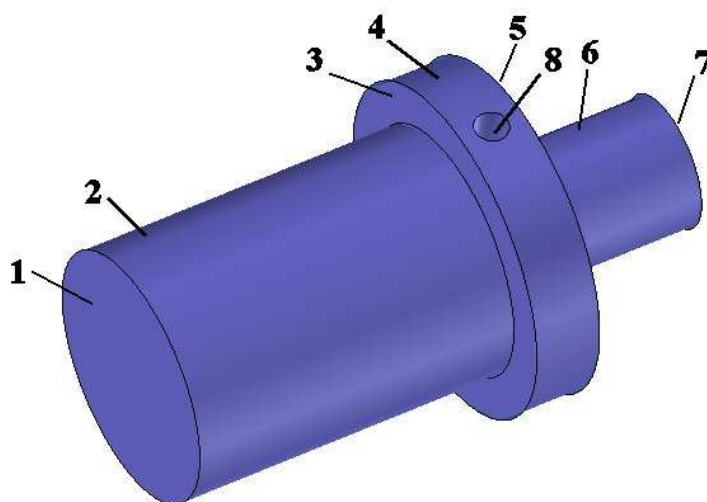






Рис. 1. Изображение аналитического эталона детали, образованного восемью поверхностями

В структуре данных такой модели зафиксированы все топологические операции, выполненные при ее построении, и существует возможность присвоения каждой поверхности необходимых атрибутов. Поэтому, используя инструменты CAD систем можно для принятых типов моделей, предусмотреть возможность нанесения на каждую поверхность детали, например, следующих условных изображений, которые представлены в таблице.

№ модели	Наименование	Пример перечня принятых условных изображений
1	Модель покрытия	 цементация  без покрытия
2	Модель твердости	 HRC59  HRC45
3	Модель шероховатости	 $\sqrt{0.63}$  $\sqrt{2.5}$
4	Модель допусков	 H7  f9

Если возможности эксплуатируемой CAD системы не позволяют присвоить поверхностям деталей заданные цвета или фактуры, то несложно создать такое приложение с использованием инструментов самой системы или обратиться за помощью к ее разработчику.

На этапе технической подготовки изделия к производству после построения аналитического эталона геометрии детали разработчики присваивают атрибутам каждой поверхности значения в соответствии с принятым на предприятии стандартом или производственной инструкцией. Это обеспечит однозначное восприятие информации всеми участниками процессов подготовки и непосредственно производства изделия, что является одним из условий корректной постановки задачи формообразования. Формирование аналитического эталона геометрии разработчики предприятий производят с помощью CAD систем, стоимость которых пока еще существенно влияет на количество таких рабочих мест на предприятии. Но для просмотра уже сформированных аналитических моделей нет необходимости устанавливать такие дорогостоящие многофункциональные системы. Большинство CAD систем сегодня имеют в своём составе специальные просмотрщики (viewer), которые предоставляются клиентам бесплатно или по невысокой стоимости. В рамках создания информационной системы многие предприятия могут и самостоятельно взяться за разработку приложений такого класса [4, 2].

Приведенная таблица формируется один раз в рамках информационной системы предприятия. От разработчиков технологических процессов потребуются правильное внесение информации, а пользователям будут необходимы небольшие навыки для вызова необходимых функций. Трудоемкость внесения информации для формирования моделей незначительна по сравнению со временем построения аналитического эталона геометрии. Кроме того, предложенный способ передачи технологической информации об объекте производства позволяет создавать простые программные приложения для сокращения времени заполнения соответствующих структур. Например, можно настроить систему так, что основная доля полей таблиц будет заполняться в системе согласно принятым на предприятии наработкам и нормам групп деталей. И только особо важные детали или нетиповые для предприятия решения вносятся в ручном режиме, причем автоматически внесенные параметры являются только вариантом для утверждения (или не утверждения) его специалистом или руководителем какого-то звена.

Применение описанных выше подходов и формирование соответствующих моделей при выполнении технической подготовки производства нового изделия позволит использовать на рабочих местах производственных подразделений аналитические эталонные модели вместо чертежей. Протекание конкретных этапов этого процесса во многом будет определяться трудоемкостью новых подходов по сравнению с используемыми сегодня. Падение трудоемкости подготовки производства будет напрямую зависеть от кратности использования аналитической модели в процессе сопровождения изготовления и эксплуатации изделия. Если количество пользователей аналитическими моделями будет на несколько порядков больше количества их разработчиков, то проблема трудоемкости формирования таких моделей перестанет быть актуальной. Таким образом, использование аналитических моделей в качестве эталона (вместо чертежей) позволяет реализовать на практике принцип увеличения кратности использования информации, что приводит к кардинальному сокращению

трудоемкости на этапе технической подготовки изделия к производству и сопровождения объекта на других этапах жизненного цикла.

Процедура перехода от неоднозначных решений задач [3] формообразования к единственному с использованием приведенных выше моделей требует принятия решений на различных уровнях иерархической системы управления производством. Поэтому в условиях машиностроительного предприятия изменение некорректной постановки задачи формообразования на корректную происходит на соответствующих иерархических уровнях управления производством и его подготовки (рис. 2). Так, решения по маршрутным технологиям принимают на уровне отдела главного технолога, а решения о технологических операциях на рабочих местах – технологических бюро цехов.

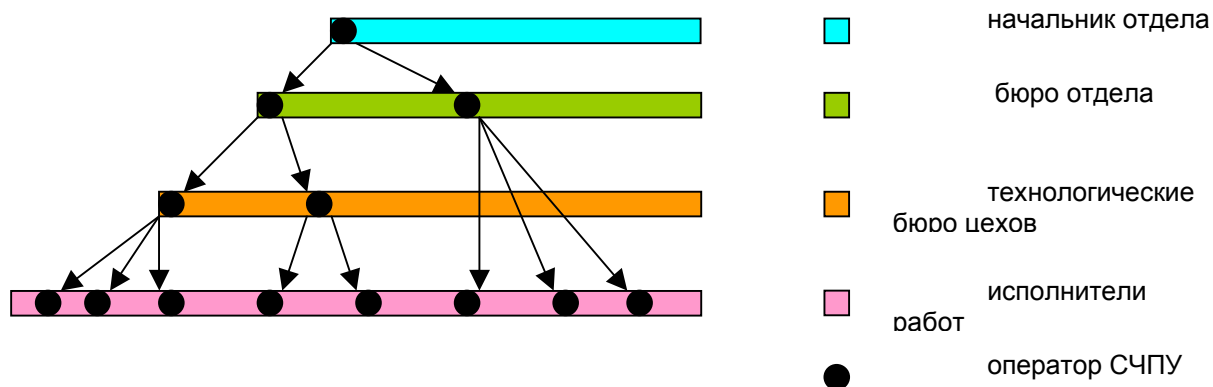


Рис. 2. Дерево подчиненности при решении задач формообразования

Все решения о процессах формообразования деталей (изделий) принимаются на этапах технической подготовки, когда разрабатывается вся информация о будущем объекте производства. В коллективе, участвующем в проекте, происходит обмен информацией согласно иерархии подчиненности (см. рис. 2). Корректная постановка задач формообразования должна выполнять условие принятия единственного решения и понятным образом информировать об этом решении всех участников проекта. Практическая реализация этой задачи невозможна без соответствующей информационной системы.

В информационной системе предприятия должно действовать следующее правило: чем ближе исполнитель расположен в дереве подчиненности к корню иерархического дерева, тем больше прав, обязанностей и ответственности за достоверность и актуальность информации он несет. Если информацию задачи формообразования определить областью  $\Omega$ , то можно сказать, что начальник отдела отвечает за достоверность информации  $\Omega_1^1 = \Omega$ , начальники бюро отдела –  $\Omega_2^1 \in \Omega_1^1$ , руководитель бюро цеха –  $\Omega_3^1 \in \Omega_2^1$ , рабочий –  $\Omega_4^1 \in \Omega_3^1$  (рис. 3).

Ответственность в структуре подразделения за информацию можно выразить следующими формулами:

$$\Omega = \{\Omega_1^1\}$$

$$\Omega_1^1 \in \{\Omega_2^1, \Omega_2^2\}$$

$$\Omega_2^1 \in \{\Omega_3^1, \Omega_3^2\}$$

$$\Omega_3^1 \in \{\Omega_4^1, \Omega_4^2, \Omega_4^3\} \tag{1}$$

$$\Omega_3^2 \in \{\Omega_4^4, \Omega_4^5\}$$

$$\Omega_2^2 \in \{\Omega_4^6, \Omega_4^7, \Omega_4^8\}$$

$$\Omega_k^i \cap \Omega_k^j = 0 \tag{2}$$

$$\Omega_k^i \cap \overline{\Omega_{k-1}^i} = 0 \tag{3}$$

где  $i, j$  – номер подразделения  $k$ -го уровня;  
 $k$  – уровень в структуре подчиненности.

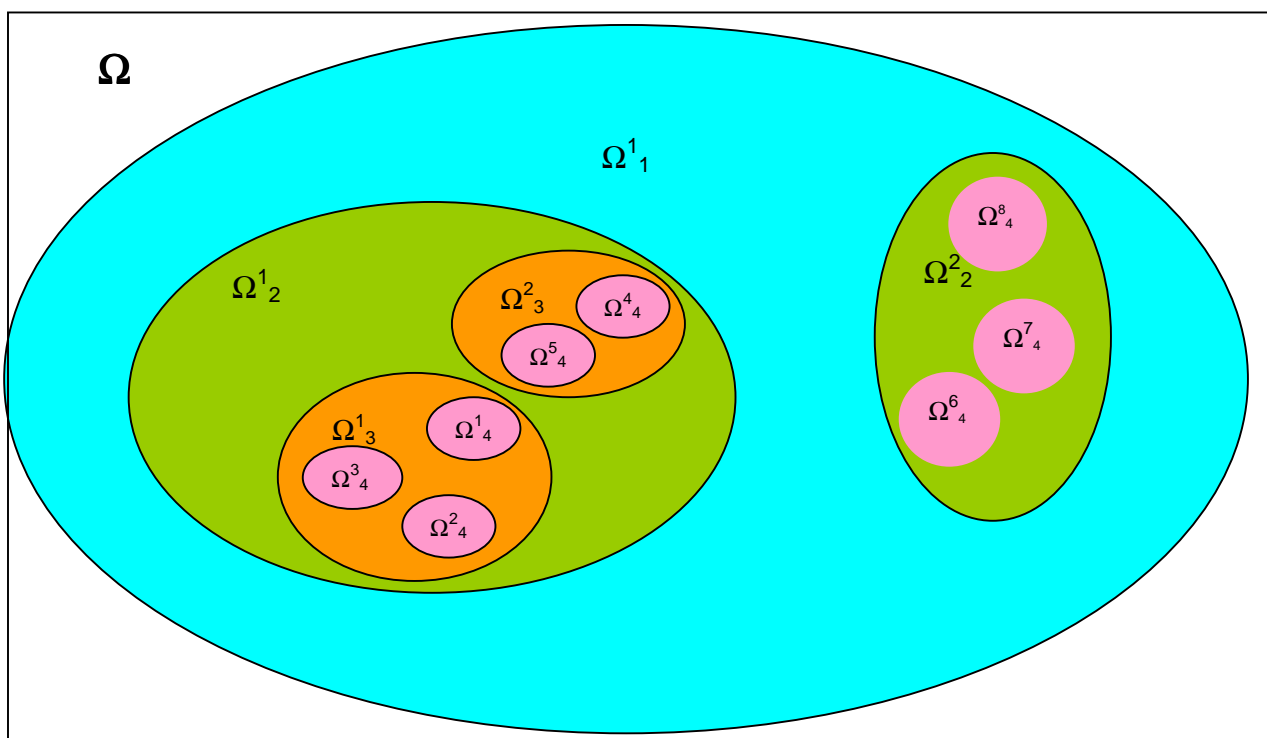


Рис. 3. Распределение ответственности за достоверность и актуальность информации по исполнителям

Формула (1) показывает ответственность высшего уровня исполнителей за работу исполнителей низких уровней. Формула (2) говорит о том, что нет пересечения ответственности за информацию у любых двух подчиненных за одну и ту же область информации. Такое разделение обосновано необходимостью оценивать труд исполнителей нижнего уровня и применять административные меры воздействия на работу коллектива. Формула (3) показывает, что нет такой области информации, за которую отвечал бы исполнитель нижнего уровня и не отвечал бы исполнитель более высокого уровня по дереву подчиненности.

Утверждается также то, что нет такой области информации, у которой не было бы исполнителя, который за нее отвечает, причем ответственных лиц за информацию всегда один или более.

Всех исполнителей, несущих ответственность за определенную часть информации, можно идентифицировать по дереву подчиненности. Для этого достаточно определить путь от корня дерева до исполнителя, ответственного за эту область информации. При этом за начало пути принимается исполнитель самого верхнего уровня (руководитель предприятия), а конечным звеном будет исполнитель, выполняющий преобразование или внесение информации.

Рассмотрим дерево подчиненности, показанное на рис. 4 на примере распределения ответственности при решении задач формообразования. Типичная ситуация для машиностроительного предприятия: в результате поломки детали вышло из строя изделие предприятия при эксплуатации его заказчиком. Предположительной причиной является отклонение геометрии детали от эталона из-за ошибки в управляющей программе для станка с ЧПУ. Требуется определить ответственных за брак детали. Разработку управляющей программы и непосредственное преобразование информации  $\Omega_4^3$  осуществлял исполнитель **f**. Для этого определим путь  $L = \{a, b, e, f\}$ . Таким образом, видно, что ответственность за информацию несут исполнители **a, b, e** и **f** (круги без заливки на рис. 4), причем **a** несет наибольшую ответственность, а **f**, являясь исполнителем более низкого уровня, производил непосредственное преобразование данных (создание, изменение и редактирование) при разработке управляющей программы. Поскольку **e**, являясь руководителем у **f**, несет большую ответственность за информацию, то он имеет полное право забрать информацию и произвести над ней преобразование самостоятельно или передать ее другому нижестоящему исполнителю, чтобы тот произвел необходимые преобразования по своему усмотрению. Установив такие отношения между сотрудниками и ответственностью за информацию, рассмотрим процесс ее преобразования.

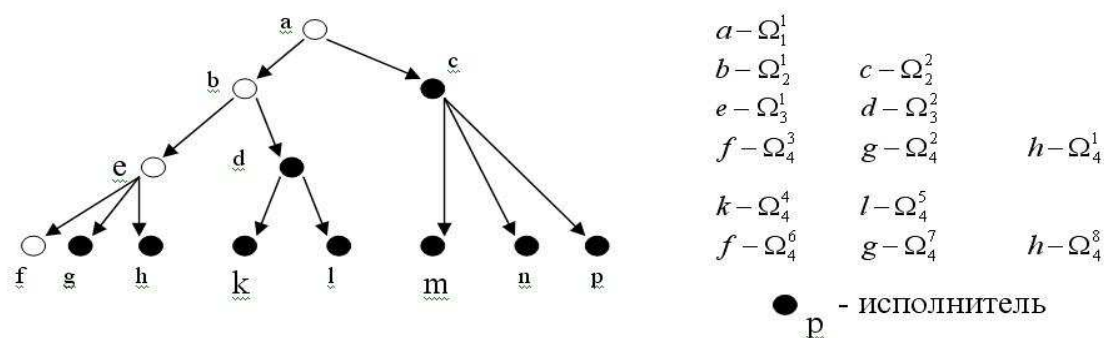


Рис. 4. Схема ответственности за информацию

Основные стадии работы с информацией следующие: создание, редактирование, рассылка, хранение и удаление [6]. Создать информацию может любой сотрудник в рамках его функциональных обязанностей. Исполнитель более

высокого уровня имеет право перераспределения информации между своими подчиненными. Редактирование информации осуществляется исполнителем по заданию руководителя. Формирование этого задания вызвано внешними или внутренними факторами. Внешние условия, как правило, влияют не на подчиненного, а на руководителя, поскольку он обладает большим доступом к информации. Именно руководитель формулирует задачу и распределяет задания среди подчиненных. При ошибочных действиях подчиненных административные взыскания ложатся на круг ответственных лиц в той мере, в какой они определены законодательством государства и стандартами предприятия. Информационная система должна в этом случае предоставить данные для формирования списка ответственных лиц на текущий момент времени либо на момент времени совершения ошибочных действий. Поэтому система должна хранить изменения информации с указанием исполнителя, совершившего эти операции. Удаление информации должно происходить только в случае полной потери её актуальности. Эту операцию может проводить любой исполнитель, однако решение должно быть санкционировано в соответствии с действующим законодательством государства, международными стандартами и стандартом предприятия [6, 7].

И так, практическая реализация на машиностроительном предприятии описанных выше процедур перехода к корректной постановке прямых и обратных задач формообразования требует создания компьютерной информационной системы предприятия.

В настоящей работе проанализированы только иерархические (вертикальные) связи системы управления производством. Горизонтальные связи в данной работе не рассматриваются, но они существуют и оказывают заметное влияние на существующие проблемы, чему необходимо уделить внимание в последующих работах.

### Список литературы

1. Бычков И. В. Информационное сопровождение технологической подготовки производства на машиностроительных предприятиях / И. В. Бычков, Ю. В. Ващук // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. –Х.:Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2003. – Вып. 21. – С. 35 – 46.
2. Бычков И.В. Модуль "Геометрическое моделирование" информационной системы машиностроительного предприятия / И.В. Бычков, Ю.В. Ващук // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ".- 2003. - Вып. 19 . - С. 226 - 239.
3. Мялица А.К. Корректные и некорректные постановки задач формообразования / А. К. Мялица, Е. Н. Бут, И.В. Бычков // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ».- 2008. - Вып. 39. - С. 6–13.
4. Бычков И. В. Информационное сопровождение конструкторской подготовки производства на машиностроительных предприятиях / И. В. Бычков, Ю. В. Ващук // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.:Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ».- 2003. – Вып. 20. – С.135 - 147.
5. Бычков И.В. Описание объекта производства для корректной постановки задачи формообразования // Открытые информационные и

компьютерные интегрированные технологии. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "ХАИ".- 2010. - Вып. 45. - С. 129–135.

6. ДСТУ 3843-99. Государственная унифицированная система документации. Основные положения.- Впервые.- Введен 01.07.00. – К.: Госстандарт Украины, 2000.- 11 с.
7. ГОСТ Р ИСО 15489-1-2007. Управление документами. Общие требования. Основные положения.- Впервые.- Введен 01.01.07. – М.: Стандартинформ, 2007.- 34 с.

**Рецензент:** д-р техн. наук, профессор, зав. каф. Туркин И.Б.

Поступила в редакцию 07.06.10

### **Формоутворення і його інформаційний супровід в умовах виробничого підприємства**

Доведено, що практична реалізація умов коректної постановки прямих і зворотних завдань формоутворення на машинобудівному підприємстві потребує створення комп'ютерної інформаційної системи.

**Ключові слова:** структура, рівень управління, кратність використання інформації

### **Information accompaniment of Shapeformation in the conditions of productive enterprise**

Practical realization of direct and reverse tasks of shapeformation on a machine-building enterprise requires creation of the computer information system.

**Keywords:** structure, management level, multiplexes of the use of information