

УДК 004.925.8:004.942

## ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К КОНСТРУИРОВАНИЮ ИЗДЕЛИЯ

А.Ю. Браилов,

докт. техн. наук, ст. науч. сотр., профессор

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

*В настоящей работе рассмотрен один из теоретических принципов разрешения противоречия между неоднозначностью прогресса конструирования и потребностью в однозначности его результатов. Сформулирована гипотеза о применении принципа преобразования множеств элементов компонент конструирования. Весь процесс конструирования композиционно разделен на три уровня. Для каждого уровня конструирования определены характерные множества параметров соответствующих компонент. Выполнен анализ характеристик отображений множеств параметров различных компонент конструирования. Для конструирования и производства реального изделия (опоры) доказано, что применение принципа преобразования обеспечивает получение взаимно однозначных отображений (биективных отображений) множеств параметров различных компонент в едином замкнутом конструкторски-технологическом цикле. Практическое использование предложенного подхода сокращает срок и затраты на конструирование и изготовление изделия при обеспечении требуемого его качества. Ключевые слова: компонента, преобразование, модель, множество, отображение, изделие.*

### ВВЕДЕНИЕ

Постановка проблемы. Конструирование изделия является сложным, итерационным, неоднозначным интеллектуальным процессом [ 1 ]. В процессе конструирования разрабатываются двухмерная параметрическая модель [2,3], трехмерная параметрическая модель [4,5,6,13], конструкторская и технологическая документация [6], а также трехмерная твердотельная модель [6,7], прототип и опытный образец изделия [8, 9, 10]. Все эти компоненты конструирования должны однозначно удовлетворять техническим требованиям к изделию.

В ситуации постоянного повышения требований к качеству изделия при сокращении сроков и средств на конструирование противоречие между неоднозначностью процессов создания компонент конструкторской

деятельности и однозначно заданным параметрам изделия особенно обостряется. Разрешение данного противоречия и есть серьезная проблема для ученых, математиков, конструкторов, технологов и программистов при конструировании и изготовлении изделия с использованием современных систем автоматизированного проектирования (САПР) [11] и компьютерных технологий [12].

Анализ публикаций. В научных трудах Международной конференции по геометрии и графике представлены работы, в которых рассматриваются различные аспекты создания двухмерных [2,3] и трехмерных [4,5,7, 13] моделей изделий [8,9,10]. Представлена работа [4] по геометрии многомерных образов, получаемых на базе результатов линейной алгебры и классической начертательной геометрии.

В статье [13] изложена методология, методика и технологические вопросы создания параметрической трехмерной модели изделия по его эскизу. Таким образом, в этой статье [13] рассматривается решение обратной задачи начертательной геометрии - построение трехмерной модели по двухмерной модели изделия.

Проблема преобразования двухмерных и трехмерных моделей средствами системы автоматизированного проектирования описана на уровне алгоритмов в книге [6]. В этой книге сделана попытка для одного и того же изделия, в среде одной и той же САПР, в одной и той же конструкторско-технологической цепи рассмотреть решение прямой и обратной задач начертательной геометрии.

Нерешенные части проблемы. При наличии описания решения отдельных инженерных задач, общий подход к комплексному решению прямой и обратной задач начертательной геометрии в единой конструкторско-технологической цепи средствами систем автоматизированного проектирования еще не достаточно разработан. Отсутствие такого общего подхода не позволяет различным специалистам адекватно оценить состояние разрабатываемых компонент конструирования, согласованно разрешать технические проблемы и противоречия конструкторской деятельности, а также обеспечить изготовление изделия в соответствии с техническими требованиями заказчика, Это приводит к увеличению срока и финансовых затрат на конструирование.

Цель данного исследования - это разработка некоторых теоретических принципов общего подхода к разрешению противоречия между неоднозначностью процесса конструирования и потребностью в однозначности его результатов.

Результатами конструирования являются разработанные в едином замкнутом конструкторе ко-технологическом цикле различные компоненты конструирования.

В данной работе рассмотрен один из таких принципов - принцип преобразования.

Гипотеза. Применение принципа преобразования множеств элементов компонент конструирования может обеспечить получение взаимно однозначных (биективных) отображений этих множеств.

Для решения проблемы используются методы теории множеств, математической логики, геометрии и других наук.

## **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Анализ соответствия субъектов, уровней и компонент конструирования изделия. Основными субъектами конструкторской деятельности являются заказчик, конструктор и технолог. Основные субъекты взаимодействуют и широким кругом специалистов: учеными, математиками, программистами и другими профессионалами.

Для выполнения анализа соответствия субъектов и компонент конструирования изделия предложено разделить весь процесс конструирования на три уровня - макроуровень, рабочий уровень и микроуровень. На каждом уровне формулируются требования и определяются параметры компонент конструирования.

К компонентам конструирования относятся: аналог, прототип или опытный образец изделия; твердотельная модель, трехмерная геометрическая модель, двухмерная геометрическая модель, конструкторская документация и технологическая документация для производства изделия.

На макроуровне заказчик формулирует требования к изделию в виде множества А1 технических параметров и их значений. На основании множества А1 технических параметров изделия конструктор и технолог определяют множество А2 параметров твердотельной модели изделия. Специалисты, например, дизайнер, маркетолог, менеджер, на макроуровне составляют множество АБ специфических конструктивных параметров изделия, параметров его изготовления и параметров его продвижения на рынке.

На рабочем уровне конструктор и технолог составляют множество В1 параметров трехмерной геометрической модели, множество В2 параметров двухмерной геометрической модели, множество В3 параметров конструкторской документации, множество В4 параметров технологической документации (маршрутные карты, операционные карты, списки материалов и т.д.). Математик, программист и другие специалисты определяют множество ВМ специфических параметров.

На микроуровне конструктор, технолог, математик, программист определяют множество С1 параметров математической модели; множество

C2 входных, промежуточных и выходных параметров алгоритмов конструирования и производства. Системный аналитик определяет множество C3 параметров языков, технологий и систем программирования, которые используются для создания компьютерных инструментальных средств конструирования. Определяется множество CН специфических параметров микроуровня.

Взаимное соответствие субъектов, уровней и множеств параметров компонент конструирования изделия представлено в таблице.

Характеристика отображений множеств параметров компонент конструирования макроуровня.

В соответствии с техническим заданием на конструирование изделия инженер-конструктор разрабатывает его твердотельную трехмерную модель. Такая разработка основана на знаниях компьютерной инженерной графики, высшей алгебры, теории параметризации и других наук. Создавая твердотельную трехмерную модель изделия средствами САПР, конструктор мысленно фактически осуществляет , преобразование множества A1 технических параметров изделия (аналога, прототипа) во множество A2 параметров его твердотельной модели ( $\varphi_{A1A2}:A1 \rightarrow A2$ )

Это преобразование  $\varphi_{A1A2}$  является инъективным отображением [14] или инъекцией, поскольку образы  $\varphi_{A1A2}(a_{11})$  и  $\varphi_{A1A2}(a_{12})$  из множества A2 ( $\varphi(a_{11}), \varphi(a_{12}) \in A2$ ) каких-либо двух ( $a_{11}, a_{12} \in A1$ ) различных элементов  $a_{11} \neq a_{12}$  из множества A1 различны, т.е.  $\varphi(a_{11}) \neq \varphi(a_{12})$ . Различным параметрам твердотельной трехмерной модели соответствуют различные технические параметры изделия.

Вместе с тем, отображение  $\varphi_{A1A2}$  не является сюръективным отображением или сюръекцией [14], поскольку для какого-либо элемента  $a_{21}$  из множества A2 его прообраз  $a_{11}$  во множестве A1 может оказаться "пустым множеством" ( $a_{11} = \{0\}$ ). Это означает, что ряд параметров твердотельной трехмерной модели может быть не задан заказчиком во множестве технических параметров изделия. Заказчик может не знать эти параметры.

Например, цвет, материал, параметры аксонометрической проекции твердотельной трехмерной модели определяет конструктор в процессе её разработки. Несюръективный характер отображения  $\varphi_{A1A2}$  открывает конструктору возможность получения альтернативных решений. Эти дополнительные параметры множества A2 твердотельной трехмерной модели после окончания её разработки могут быть внесены во множество A1 технических параметров изделия, его аналога или прототипа. Тогда однозначное отображение  $\varphi_{A1A2}:A1 \rightarrow A2$  будет одновременно инъекцией и сюръекцией. Такое отображение называют биекцией или взаимно однозначным отображением [14]. Формирование биективного [15]

отображения  $\varphi_{A1A2}:A1 \rightarrow A2$  свидетельствует о завершении конструирования твердотельной трехмерной модели изделия ( см. рис. 1.)

Таблица 1

Взаимное соответствие уровней, субъектов и множеств параметров компонент конструирования

Уровень конструирования	Субъект конструирования	Множество параметров компонент конструирования
Макроуровень	Заказчик Конструктор Технолог Дизайнер Маркетолог Менеджер	Множество A1 технических параметров изделия Множество A2 параметров твердотельной модели изделия Множество AL специфических параметров • « •
Рабочий уровень	Конструктор Технолог Ученый Математик	Множество B1 параметров трехмерной геометрической модели изделия Множество B2 параметров двумерной геометрической модели изделия Множество B3 параметров конструкторской документации Множество B4 параметров технологической документации • • • Множество BM специфических параметров
Микроуровень	Конструктор Технолог Математик Программист Аналитик	Множество C1 параметров математической модели Множество C2 параметров алгоритмов конструирования Множество C3 параметров языков, технологий и системы программирования • • • Множество CN специфических параметров

Множество  $A1$  технических параметров изделия (аналога, прототипа) содержится во множестве  $A2$  параметров твердотельной трехмерной модели и не равно ему ( $A1 \neq A2$ ). Поэтому до начала создания твердотельной трехмерной модели множество  $A1$  является собственным подмножеством  $A2$ ,  $A1 \subset A2$ .

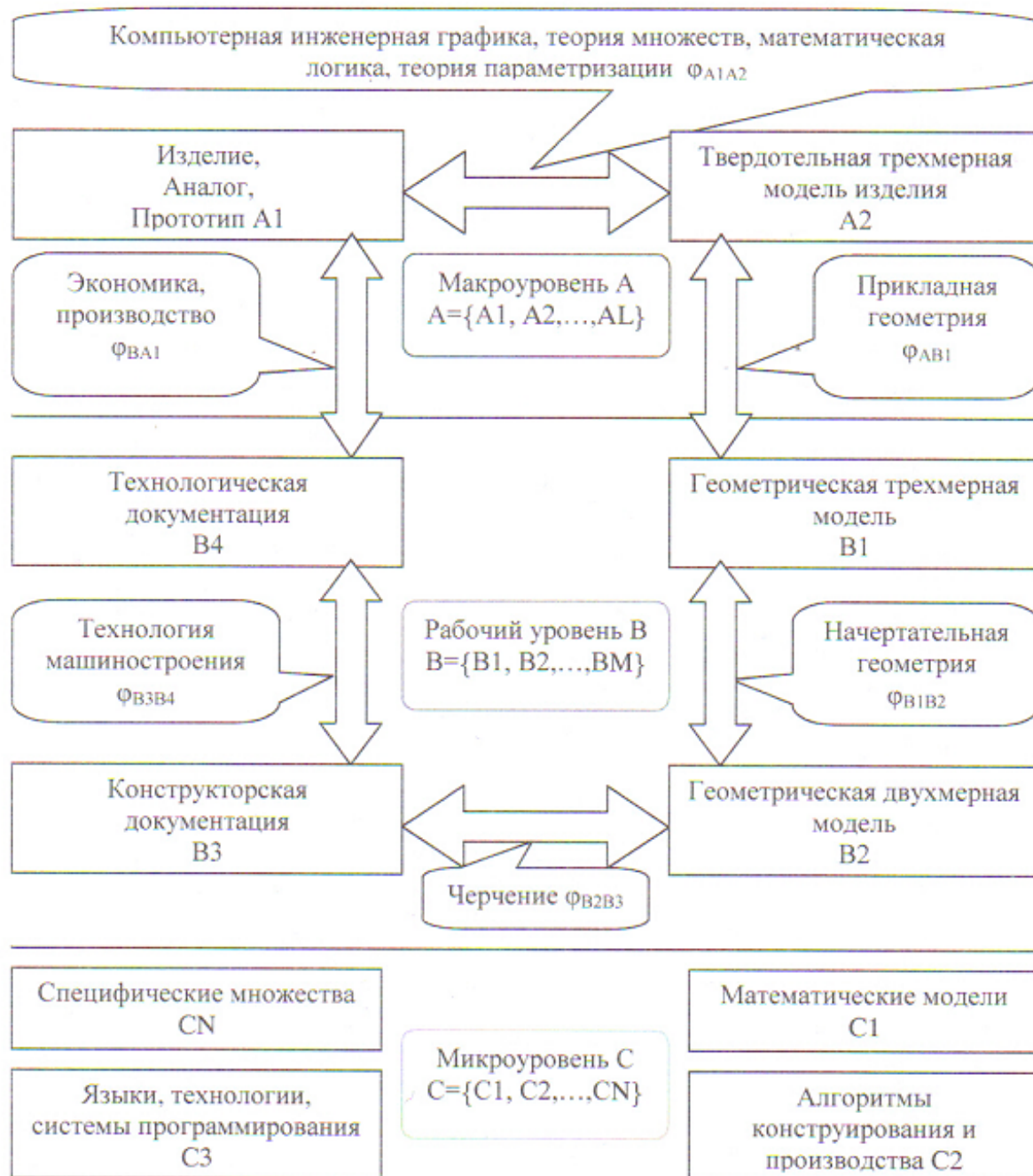


Рис. 1. Преобразования множеств параметров компонент конструирования.

Множества  $A_1, A_2, \dots, A_L$  могут собственно включаться во множество  $A$  параметров компонентконструирования на макроуровне ( $A_1 \subset A_2 \subset \dots \subset A_L \subset \dots \subset A$ ).

Учитывая множество  $A$  параметров компонент конструирования макроуровня, специалисты разрабатывают компоненты конструирования рабочего уровня на основании аналитической, дифференциальной, прикладной геометрии и других наук.

Характеристика отображений множеств параметров компонент конструирования рабочего уровня.

На рабочем уровне к компонентам конструирования можно отнести геометрическую трехмерную модель, геометрическую двухмерную модель, конструкторскую документацию и технологическую документацию для изготовления изделия.

В процессе создания геометрической трехмерной модели осуществляется отображение  $\varphi_{AB1}: A \rightarrow B1$  множества  $A$  параметров компонент конструирования макроуровня во множестве  $B1$  параметров геометрической трехмерной модели изделия. Поскольку для любого элемента ( $b_{1i}, i = 1, 2, \dots$ ) из множества  $B1$  ( $(\forall b_{1i} \in B1, i = 1, 2, \dots)$ ) его пообраз ( $a_{1i}, i = 1, 2, \dots$ ) из множества  $A$  ( $a_i \in A, i = 1, 2, \dots$ ) не является пустым множеством ( $a_i \neq \{\emptyset\}, i = 1, 2, \dots$ ), то отображение  $\varphi_{AB1}: A \rightarrow B1$  есть сюръекция.

Вместе с тем, поскольку образы  $\varphi_{AB1}(a_1)$  и  $\varphi_{AB1}(a_2)$  из множества  $B1$   $\varphi_{AB1}(a_1), \varphi_{AB1}(a_2) \in B1$  каких-либо двух различных элементов  $a_1 \neq a_2$  из множества  $A$  ( $a_1, a_2 \in A$ ) различны  $\varphi_{AB1}(a_1) \neq \varphi_{AB1}(a_2)$ , то отображение  $\varphi_{AB1}: A \rightarrow B1$  есть инъекция. Так как отображение  $\varphi_{AB1}: A \rightarrow B1$  есть инъекция и сюръекция, то по определению [14] оно является биекцией.

Таким образом, преобразование твердотельной трехмерной модели и геометрическую трехмерную модель  $\varphi_{AB1}: A \rightarrow B1$  и наоборот есть взаимно однозначное отображение [15].

Преобразование геометрической трехмерной модели в геометрическую двухмерную модель и наоборот осуществляются по законам начертательной геометрии (Рис. 1). Соблюдение этих законов обеспечивает взаимно однозначное соответствие результатов решения, как прямой задачи, так и обратной задачи начертательной геометрии. Поэтому отображение  $\varphi_{B1B2}: B1 \rightarrow B2$  множества  $B1$  параметров геометрической трехмерной модели во множество  $B2$  параметров геометрической двухмерной модели будет биекцией, то есть взаимно однозначным отображением [15].

Преобразование геометрической двухмерной модели в конструкторскую документацию средствами САПР соответствует инъекции  $\varphi_{B2B3}: B2 \rightarrow B3$  множества  $B2$  параметров геометрической двухмерной модели во множество  $B3$  параметров конструкторской

документации. Такое отображение  $\varphi_{B_2B_3}: B_2 \rightarrow B_3$  документации не сюръективно, поскольку не для каждого элемента (параметра) конструкторской документации имеется элемент (параметр) в геометрической двухмерной модели. Например, значение шероховатости поверхности, допуск на величину изменения размеров изделия и т.п., не указывают в геометрической двухмерной модели.

Теоретически можно получить взаимно однозначное отображение  $\varphi_{B_2B_3}: B_2 \rightarrow B_3$ , введя необходимые элементы (параметры) из множества  $B_3$  во множества  $B_2$ . Потребность в этом может возникнуть у независимой экспериментальной группы, контролирующей затраты и качество результатов конструирования. Сотрудники этой группы должны знать стандарты, нормы и правила разработки конструкторской документации (законы черчения, см. Рис. 1).

На основании конструкторской документации по законам технологии машиностроения разрабатывается технологическая документация для изготовления изделия.

Этому преобразованию компонент конструирования соответствует инъективное, но не сюръективное, отображение  $\varphi_{B_3B_4}: B_3 \rightarrow B_4$  множества  $B_3$  параметров конструкторской документации во множество  $B_4$  параметров технологической документации. Такое отображение не сюръективно, поскольку в конструкторской документации, например, не указывается режущий инструмент для изготовления изделия или приспособления для контроля параметров изготовленного изделия. Вводя дополнительные элементы во множество  $B_3$  параметров конструкторской документации, можно теоретически получить взаимно однозначное отображение  $\varphi_{B_3B_4}: B_3 \rightarrow B_4$ .

По законам организации производства и экономики на основании технологической документации изготавливается изделие. Это переход на практический уровень производства - следующий этап преобразований. Этому преобразованию соответствует отображение  $\varphi_{B_4A_1}: B_4 \rightarrow A_1$ .

Множества  $B_1, B_2, B_3, B_4, \dots, B_M$  собственно включаются во множество  $B$  параметров компонент конструирования рабочего уровня ( $B_1 \subset B_2 \subset B_3 \subset B_4 \subset \dots \subset B_M \subset \dots \subset B$ ).

Аналогично множества  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_N$  собственно включаются во множество  $C$  параметров компонента конструирования микроуровня ( $C_1 \subset C_2 \subset C_3 \subset \dots \subset C_N \subset \dots \subset C$ ).

В конечном счете, отображения  $\varphi_{BC}: B \rightarrow C$ ,  $\varphi_{BA}: B \rightarrow A$  параметров различных уровней конструирования можно преобразовать к взаимно однозначным отображениям.

Практическая работа с различными предприятиями позволила проверить гипотезу о возможности получения биективных отображений множеств параметров компонент конструирования.



Рассмотрим справедливость данной гипотезы на примере конструирования опоры для стекла морозильной камеры.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эскиз опоры для стекла морозильной камеры представлен на рисунке 2. Данный эскиз можно считать изображением прототипа изделия.

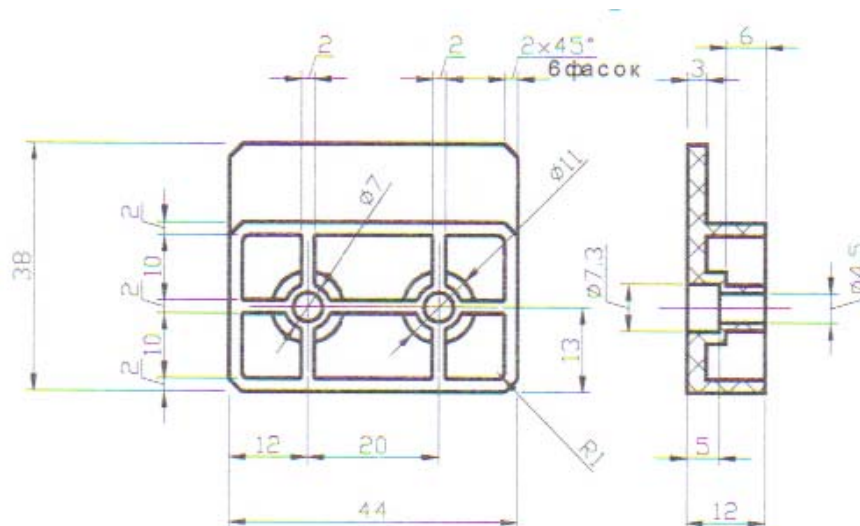


Рис. 2. Опора стекла.

К множеству  $A_1$  параметров прототипа относятся следующие элементы:

$a_{1-1}$  - диаметр внешней цилиндрической поверхности для стержня винта ( $a_{1-1} = 7$ ).  $a_{1-2}$  - диаметр внутренней цилиндрической поверхности для стержня винта ( $a_{1-2} = 4,5$ ).  $a_{1-3}$  - диаметр внешней цилиндрической поверхности для головки винта ( $a_{1-3} = 11$ ).  $a_{1-4}$  - диаметр внутренней цилиндрической поверхности для головки винта ( $a_{1-4} = 7,3$ ).  $a_{1-5}$  - расстояние между осями отверстий для винтов крепления опоры к корпусу ( $a_{1-5} = 20$ ).

$a_{1-6}$  - расстояние от базовой боковой стенке опоры до оси отверстия для винта ( $a_{1-6} = 12$ ). Данный элемент  $a_{1-6}$  не включается во множество  $A_1$ , если деталь симметрична.  $a_{1-7}$  - расстояние от базовой нижней грани опоры до оси отверстия для винта ( $a_{1-7} = 13$ ).  $a_{1-8}$  - толщина горизонтального среднего ребра жесткости между отверстиями ( $a_{1-8} = 2$ ).

$a_{1-9}$  - толщина горизонтальной нижней базовой грани корпуса опоры ( $a = 2$ ).

$a_{1-10}$  - толщина горизонтальной верхней грани корпуса, на которой размещается стекло морозильной камеры ( $a_{1-10} = 2$ ).

$a_{1-11}$  - толщина вертикальной правой грани опорной части корпуса с указанием углового размера фаски ( $a_{1-11} = 2 \times 45^\circ$ ). Если деталь симметрична, то толщина вертикальной левой грани опорной части корпуса не указывается. Тогда аналогичный элемент во множество  $A_1$  не включается.

$a_{1-12}$  - толщина правого внутреннего ребра жесткости для цилиндрической поверхности под винт ( $a_{1-12} = 2$ ). Если деталь симметрична, то толщина левого внутреннего ребра жесткости во множество  $A_1$  не включается.

$a_{1-13}$  - длина корпуса опоры ( $a_{1-13}=44$ ).  $a_{1-14}$  – высота корпуса опоры ( $a_{1-14}=38$ ).  $a_{1-15}$  – высота опорного параллелепипеда корпуса ( $a_{1-15}=26$ ).  $a_{1-16}$  – радиусы скругления между гранями корпуса, ребрами жесткости и цилиндрическими поверхностями для винтов ( $a_{1-16}=1$ ).  $a_{1-17}$  - ширина корпуса опоры ( $a_{1-17}=12$ ).  $a_{1-18}$  – глубина отверстия под головку винта ( $a_{1-18}=5$ ).  $a_{1-19}$  – длина внешней цилиндрической поверхности для стержня винта (5).  $a_{1-20}$  - толщина параллелепипеда, прижимающего стекло к корпусу морозильной камеры ( $a_{1-20}=3$ ). Таким образом, множество  $A1$  параметров прототипа данного изделия содержит двадцать элементов:  $A1=\{a_{1-1}, \dots, a_{1-9}, a_{1-10}, \dots, a_{1-20}\}$ .

Множество  $A1$  параметров прототипа изделия включается во множество  $A2$  параметров твердотельной трехмерной модели. К множеству  $A2$  относятся также следующие элементы.

$a_{21}$  - цвет материала, который будет имитировать твердотельной трехмерная модель ( $a_{21} = \{B7BFC6 - \text{светло серый, 8F959B} - \text{темно серый}\}$ ).

$a_{22}$  - тип материала, который имитирует твердотельной трехмерная модель ( $a_{22}=A$  – аминопласт А ГОСТ 9359-73).

$a_{23}$  - вид аксонометрической проекции твердотельной трехмерной модели ( $a_{23}$  - изометрия,  $a_{23}=\{k_x=k_y=k_z=0,82$  - коэффициенты искажения размеров изделия относительно осей  $x, y, z$  первичной системы координат изделия;  $\alpha = \beta = \gamma = 120^\circ$  – величина углов между аксонометрическими осями  $x', y', z'$ }).

При дополнении множества  $A1$  параметрами  $a_{21}, a_{22}, a_{23}$  из множества  $A2$  преобразование  $\varphi_{A1A2}: A1 \rightarrow A2$  прототипа изделия в твердотельную трехмерную модель будет взаимно однозначным (биективным).

Выполняя аналогично параметрические дополнения множеств  $B2$  и  $B3$ , можно получить взаимно однозначные отображения  $\varphi_{B2B3}: B2 \rightarrow B3$  и  $\varphi_{B3B4}: B3 \rightarrow B4$  множества  $B2$  параметров геометрической двухмерной модели, множества  $B3$  параметров конструкторской документации и множества  $B4$  параметров технологической документации.

Проверка предложенной гипотезы была осуществлена для отображения множеств параметров различных компонентов конструирования в процессе создания опоры стекла морозильной камеры (см. Рис. 3). Полученные практические результаты конструирования и изготовления реального изделия подтвердили справедливость выдвинутой гипотезы.

## ВЫВОДЫ

1. Предложенные биективные отображения могут стать одним из подходов к разработке теории конструирования и практической деятельности в едином конструкторско-технологическом цикле.

2. Практическое использование предложенного подхода позволяет разным специалистам адекватно оценивать состояние разрабатываемых различных аспектов в конструировании. Разработанный подход также позволяет согласованно разрешать противоречия конструкторской деятельности и обеспечить изготовление реального изделия в соответствии с требованиями заказчика.

3. В конечном счете, получение взаимно однозначных множеств параметров различных компонент конструирования сокращает срок и затраты на изготовление изделия при обеспечении требуемого его качества.

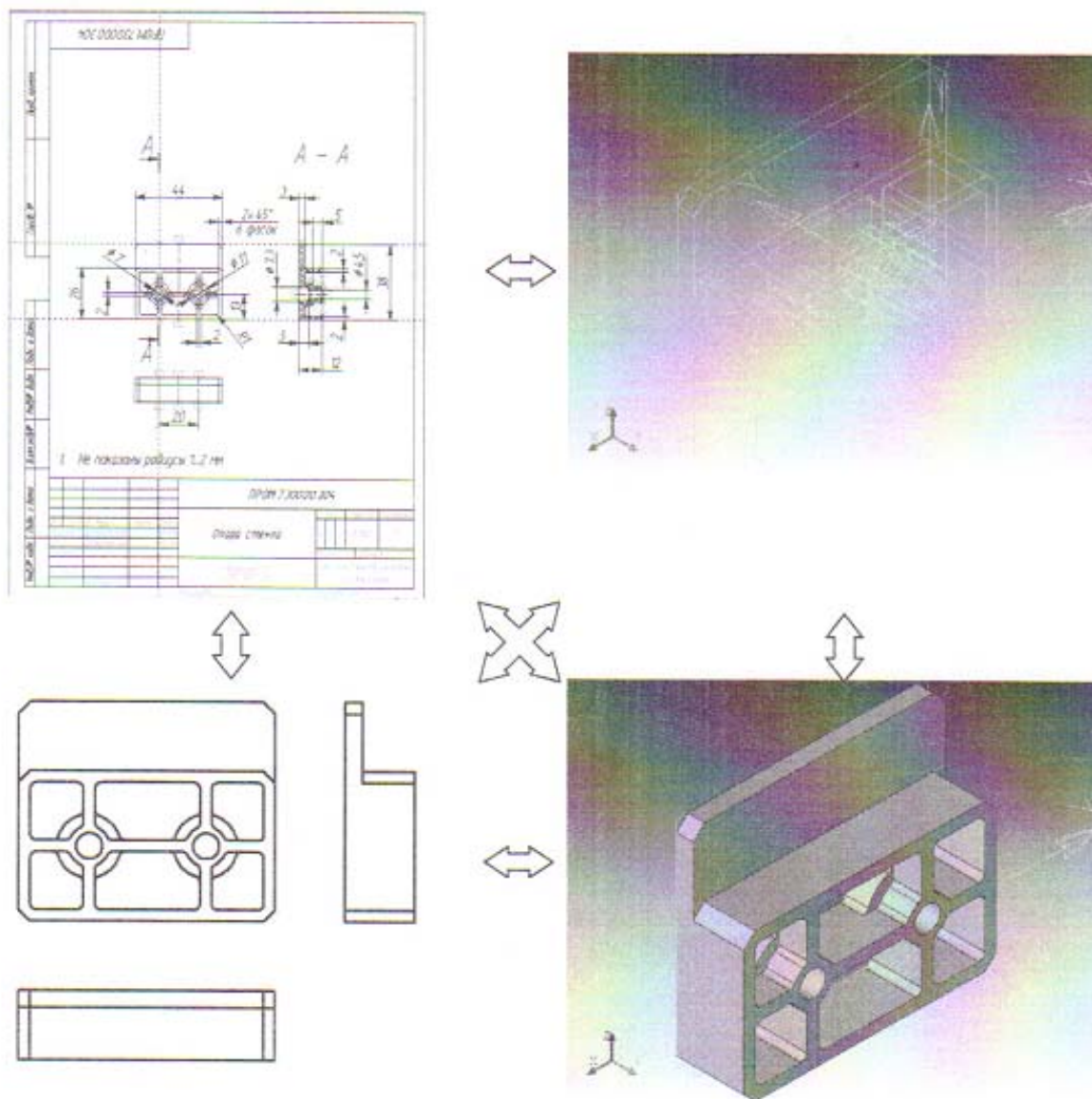


Рис. 3. Взаимно однозначные преобразования моделей изделия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Браилов А.Ю. Интерференция и проблема конструирования в машиностроении // Труды Одесского политехнического университета. — Одесса: ОГПУ, 2002. — Вып. 2(18). — С. 21—24.
2. Brailov, A.Yu., 2002, "Interference in design", *Proc. 10<sup>th</sup> ICGG*, Kiev, Ukraine, Vol. 1, 84—88.
3. Brailov, A.Yu., 2004, "Designing using T-FLEX CAD", *Proc. of ICGG*, Guangzhou, China, 397—402.
4. Stachel, H., Descriptive Geometry meets Computer Vision - the Geometry of Multiple Images, *Proc. 12<sup>th</sup> ICGG*, Salvador, Brazil, (2006), Paper #T30.
5. Schmitt, F., 2004, "Descriptive geometry and 3D-CAD", *Proc. 11<sup>th</sup> ICGG*, Guangzhou, China, 257—262.
6. Браилов А.Ю. Компьютерная инженерная графика в среде T-FLEX: преобразования двумерных и трехмерных моделей изделий. -Киев: Каравелла, 2007. — 176 с.
7. Gao, S., Saga, T., Sakurai, T., Igarashi, S., Maki, H., 2004, "Geometric and solid modeling for gear CAD/CAM", *Proc. 11<sup>th</sup> ICGG*, Guangzhou, China, 349—352.
8. Li, Sh., Huang, Ya., 2004, "Clone assembly and building of parameterized parts families based on UG", *Proc. 11<sup>th</sup> ICGG*, Guangzhou, China, 367—370.
9. Zhang, Ji., Tang, X., Zhang, Ya., Wang, S., 2004, "The 3D parameter design of mechanical production based on the characteristics by AutoLISP", *Proc. 11<sup>th</sup> ICGG*, Guangzhou, China, 375—378.
10. Bar, G. F. Weiss, G., Kinematic investigation of e Pentapod Robote, *Proc. 12<sup>th</sup> ICGG*, Salvador, Brazil, (2006), Paper #T26.
11. Российский комплекс программ T-FLEX CAD/CAM/CAE/PDM. — М.: "Топ Системы", 2005. — 52 с.
12. Suzuki, K., Fukano, A., Yokoyama, Yu., Kato, M., Kashiwabara, K., Tsutsumi, E., Yamaguch, Ya., Adachi, H., Development of graphics literacy education - Implementation of commercial 3D-CAD/CG software into graphic science course, *Proc. 12<sup>th</sup> ICGG*, Salvador, Brazil, (2006), Paper #G04.
13. Brailov. A. Yu., Development of a parametrical three - dimensional model of a product, *Proc. 12<sup>th</sup> ICGG*, Salvador, Brazil, (2006), Paper #A19.
14. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. — М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.— 544 с.
15. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. — М.:Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. — 832 с.

# ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННИЙ ПІДХІД ДО КОНСТРУЮВАННЯ ВИРОБУ

О.Ю. Браїлов

У даній роботі розглянуто один з теоретичних принципів розв'язання протиріччя між *неоднозначністю* процесу конструювання й потребою в *однозначності* його результатів. Сформульовано гіпотезу про застосування *принципу перетворення* множин елементів компонент конструювання. Весь процес конструювання композиційно розділено на *три рівні*. Для кожного рівня конструювання визначені множини параметрів відповідних компонентів. Виконано аналіз характеристик відображень множин параметрів різних компонентів конструювання. Для конструювання й виробництва реального виробу (опори) доведено, що застосування принципу перетворення забезпечує одержання *взаємно однозначних відображень* (бієктивних відображень) множин параметрів різних компонентів у єдиному замкненому конструкторсько-технологічному циклі. Практичне використання запропонованого підходу скорочує строк і витрати на конструювання й виготовлення виробу при забезпеченні необхідної його якості. Ключові слова: компонента, перетворення, модель, множина, відображення, виріб.

## A THEORETICAL APPROACH TO DESIGN OF THE PRODUCT

A.Y. Brailov

### Summary

The present work considers one of theoretical principles of resolving a contradiction between *ambiguity* of the design process and the requirement to *unambiguity* of its results. The hypothesis about the application of *the transformation principle* of sets of the elements of design components is formulated. Three levels of the whole design process are distinguished. For each level, the specific sets of parameters of corresponding components are determined. The analysis of characteristics of mapping of sets of parameters of various design components is presented. It is proved that for designing and producing a real part (the support), the application of the transformation principle provides *one-to-one mapping* (biunique projections) of sets of the parameters of various components within the design-technological cycle. Practical implementation of the theoretical approach allows reducing the design-and-manufacturing time and costs while maintaining the required quality of designed components.