

## ПРІНЦИП ПЕРЕТВОРЕННЯ У КОНСТРУЮВАННІ ВИРОБУ

**О. Ю. Браїлов**, доктор технічних наук.

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

*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:** компонент, перетворення, модель, множина, відображення, виріб.

**Вступ.** Конструювання виробу є складним, ітераційним, неоднозначним інтелектуальним процесом [1]. У процесі конструювання розробляються двовимірні параметричні моделі [2, 3], тривимірні параметричні моделі [4, 5, 6, 13, 16], конструкторська й технологічна документація [6], а також тривимірні твердотільні моделі [6, 7] і дослідний зразок виробу [8, 9, 10]. Всі ці компоненти конструювання повинні однозначно задовольняти технічним вимогам до виробу.

**Проблема.** У ситуації постійного підвищення вимог до якості виробу при скороченні строків і засобів на конструювання протиріччя між неоднозначністю процесів створення компонент конструкторської діяльності й однозначно заданим параметрам виробу особливо загострюється. Розв'язання даного протиріччя і є серйозна *проблема* для вчених, математиків, конструкторів, технологів, програмістів і керівників підприємств при конструюванні й виготовленні виробу з використанням

сучасних систем автоматизованого проектування (САПР) [11] і комп'ютерних технологій [12].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У наукових працях Української асоціації з прикладної геометрії та Міжнародної конференції з геометрії й графіки представлені роботи, у яких розглядаються різні аспекти створення двовимірних [2, 3] і тривимірних [4, 5, 7, 13] моделей виробів [8, 9, 10, 16]. Представлено роботу [4] по геометрії багатовимірних образів, одержуваних на базі результатів лінійної алгебри й класичної нарисної геометрії.

У статті [13] викладена методологія, методика й технологічні питання створення параметричної тривимірної моделі виробу за його ескізом. Таким чином, у цій статті [13] розглядається розв'язання зворотної задачі нарисної геометрії - побудова тривимірної моделі за двовимірною моделлю виробу.

Проблема перетворення двовимірних і тривимірних моделей засобами системи автоматизованого проектування описана на рівні алгоритмів у книзі [6]. У цій книзі зроблена спроба для того самого виробу, у середовищі однієї й тієї ж САПР, в одному і тому ж конструкторсько-технологічному ланцюзі розглянути розв'язання прямої й зворотної задач нарисної геометрії.

Постановка задачі. При наявності опису розв'язання, окремих інженерних задач єдиного конструкторсько-технологічного ланцюга недостатньо розроблено загальний підхід до комплексного розв'язання прямої й зворотної задач нарисної геометрії засобами систем автоматизованого проектування. Відсутність такого загального підходу не дозволяє різним фахівцям адекватно оцінити стан розроблювальних компонентів конструювання, узгоджено розв'язувати протиріччя конструкторської діяльності й забезпечити виготовлення виробу відповідно до технічних вимог замовника. Це призводить до збільшення строків й фінансових витрат на конструювання.

**Мета досліджень.** Метою даного дослідження є розробка деяких теоретичних принципів загального підходу до розв'язання протиріччя між неоднозначністю процесу конструювання й потребою в однозначності його результатів. Результатами конструювання є розроблені в єдиному замкненому конструкторсько-технологічному циклі різні компоненти конструювання. У даній роботі розглянутий один із принципів - принцип перетворення.

Висунуто *гіпотезу*: застосування принципу перетворення множин елементів компонент конструювання може забезпечити одержання взаємно однозначних (бієктивних) відображень цих множин.

Для розв'язання проблеми використовуються методи теорії множин, математичної логіки, геометрії й інших наук.

### **Результати досліджень.**

*Аналіз відповідності суб'єктів, рівнів і компонентів конструювання виробу.* Основними суб'єктами конструкторської діяльності є замовник, конструктор і технолог. Основні суб'єкти взаємодіють з широким колом фахівців: вченими, математиками, програмістами й іншими професіоналами.

Для виконання аналізу відповідності суб'єктів і компонент

конструювання виробу необхідно розділити весь процес конструювання на три рівні - макрорівень, робочий рівень і мікрорівень. На кожному рівні формуються вимоги й визначаються параметри компонентів конструювання.

До компонентів конструювання ставляться: аналог, прототип або досконалий зразок виробу; твердотільна модель, тривимірна геометрична модель, двовимірна геометрична модель, конструкторська документація й технологічна документація для виробництва виробу.

На макрорівні замовник формулює вимоги до виробу у вигляді множини  $A_1$  технічних параметрів й їхніх значень. На підставі множини  $A_1$  технічних параметрів виробу конструктор і технолог визначають множину  $A_2$  параметрів твердотільної моделі виробу. Фахівці, наприклад, дизайнер, маркетолог, менеджер, на макрорівні визначають множину  $A_L$  специфічних конструктивних параметрів виробу, параметрів його виготовлення й параметрів його просування на ринку.

На робочому рівні конструктор і технолог визначають множину  $B_1$  параметрів тривимірної геометричної моделі, множину  $B_2$  параметрів двовимірної геометричної моделі, множину  $B_3$  параметрів конструкторської документації, множину  $B_4$  параметрів технологічної документації. Математик, програміст й інші фахівці визначають множину  $B_M$  специфічних параметрів.

На мікрорівні конструктор, технолог, математик, програміст визначають множину  $C_1$  параметрів математичної моделі; множина  $C_2$  вхідних, проміжних і вихідних параметрів алгоритмів конструювання й виробництва. Системний аналітик визначає множину  $C_3$  параметрів мов, технологій і систем програмування, які використовуються для створення комп'ютерних інструментальних засобів конструювання. Визначається множина  $C_N$  специфічних параметрів мікрорівня.

Взаємна відповідність суб'єктів, рівнів і множин параметрів компонент конструювання виробу представлена в таблиці.

*Характеристика відображень множин параметрів компонент конструювання макрорівня.* Відповідно до технічного завдання на конструювання виробу інженер-конструктор розробляє його твердотільну тривимірну модель. Така розробка заснована на знаннях комп'ютерної інженерної графіки, вищої алгебри, теорії параметризації й інших наук. Створюючи твердотільну тривимірну модель виробу засобами САПР, конструктор подумки фактично здійснює перетворення множини  $A_1$  технічних параметрів виробу (аналога, прототипу) у множину  $A_2$  параметрів його твердотільної моделі ( $\varphi_{A_1A_2}: A_1 \rightarrow A_2$ ).

Таблиця 1. Взаємна відповідність рівнів, суб'єктів і множин параметрів компонент конструювання.

Рівень конструювання	Суб'єкт конструювання	Множина параметрів компонент конструювання
Макрорівень	Замовник Керівник Конструктор Технолог  Дизайнер Маркетолог Менеджер	Множина А1 технічних параметрів виробу Множина А2 параметрів твердотільної моделі виробу ... Множина АL специфічних параметрів ...
Робочий рівень	Конструктор Технолог    Учений Математик	Множина В1 параметрів тривимірної геометричної моделі виробу Множина В2 параметрів двовимірної геометричної моделі виробу Множина В3 параметрів конструкторської документації Множина В4 параметрів технологічної документації ... Множина ВМ специфічних параметрів
Мікрорівень	Конструктор Технолог Математик  Програміст Аналітик	Множина С1 параметрів математичної моделі Множина С2 параметрів алгоритмів конструювання Множина С3 параметрів мов, технологій та системи програмування ... Множина СN специфічних параметрів

Це перетворення  $\varphi_{A1A2}$  є ін'єктивним відображенням [14] або ін'єкцією, оскільки образи  $\varphi_{A1A2}(a_{11})$  і  $\varphi_{A1A2}(a_{12})$  із множини А2 ( $\varphi(a_{11}), \varphi(a_{12}) \in A2$ ) яких-небудь двох ( $a_{11}, a_{12} \in A1$ ) різних елементів  $a_{11} \neq a_{12}$  із множини А1 різні  $\varphi(a_{11}) \neq \varphi(a_{12})$ . Різним параметрам твердотільної тривимірної моделі відповідають різні технічні параметри виробу.

Разом з тим, відображення  $\varphi_{A_1A_2}$  не є сюр'єктивним відображенням або сюр'єкцією [14], оскільки для якого-небудь елемента  $a_{21}$  із множини  $A_2$  його прообраз  $a_{11}$  у множині  $A_1$  може виявитися "порожньою множиною" ( $a_{11} = \{\emptyset\}$ ). Це означає, що ряд параметрів твердотільної тривимірної моделі може бути не заданий замовником у множині технічних параметрів виробу. Замовник може не знати цих параметрів. Наприклад, кольори, матеріал, параметри аксонометричної проєкції твердотільної тривимірної моделі визначає конструктор у процесі її розробки. Сюр'єктивний характер відображення  $\varphi_{A_1A_2}$  відкриває конструкторові можливість одержання альтернативних рішень. Ці додаткові параметри множини  $A_2$  твердотільної тривимірної моделі після закінчення її розробки можуть бути внесені до множини  $A_1$  технічних параметрів виробу, його аналога або прототипу. Тоді однозначне відображення  $\varphi_{A_1A_2}: A_1 \rightarrow A_2$  буде одночасно ін'єкцією й сюр'єкцією. Таке відображення називають бієкцією або взаємно однозначним відображенням [14]. Формування бієктивного [15] відображення  $\varphi_{A_1A_2}: A_1 \rightarrow A_2$  свідчить про завершення конструювання твердотільної тривимірної моделі виробу (див. Рис. 1).

Множина  $A_1$  технічних параметрів виробу (аналога, прототипу) утримується в множині  $A_2$  параметрів твердотільної тривимірної моделі й не дорівнює йому ( $A_1 \neq A_2$ ). Тому до початку створення твердотільної тривимірної моделі множина  $A_1$  є власною підмножиною множини  $A_2$  [14],  $A_1 \subset A_2$ . Множини  $A_1, A_2, \dots, A_L$  можуть включатися в множину  $A$  параметрів компонент конструювання на макрорівні ( $A_1 \subset A_2 \subset \dots \subset A_L \subset \dots \subset A$ ).

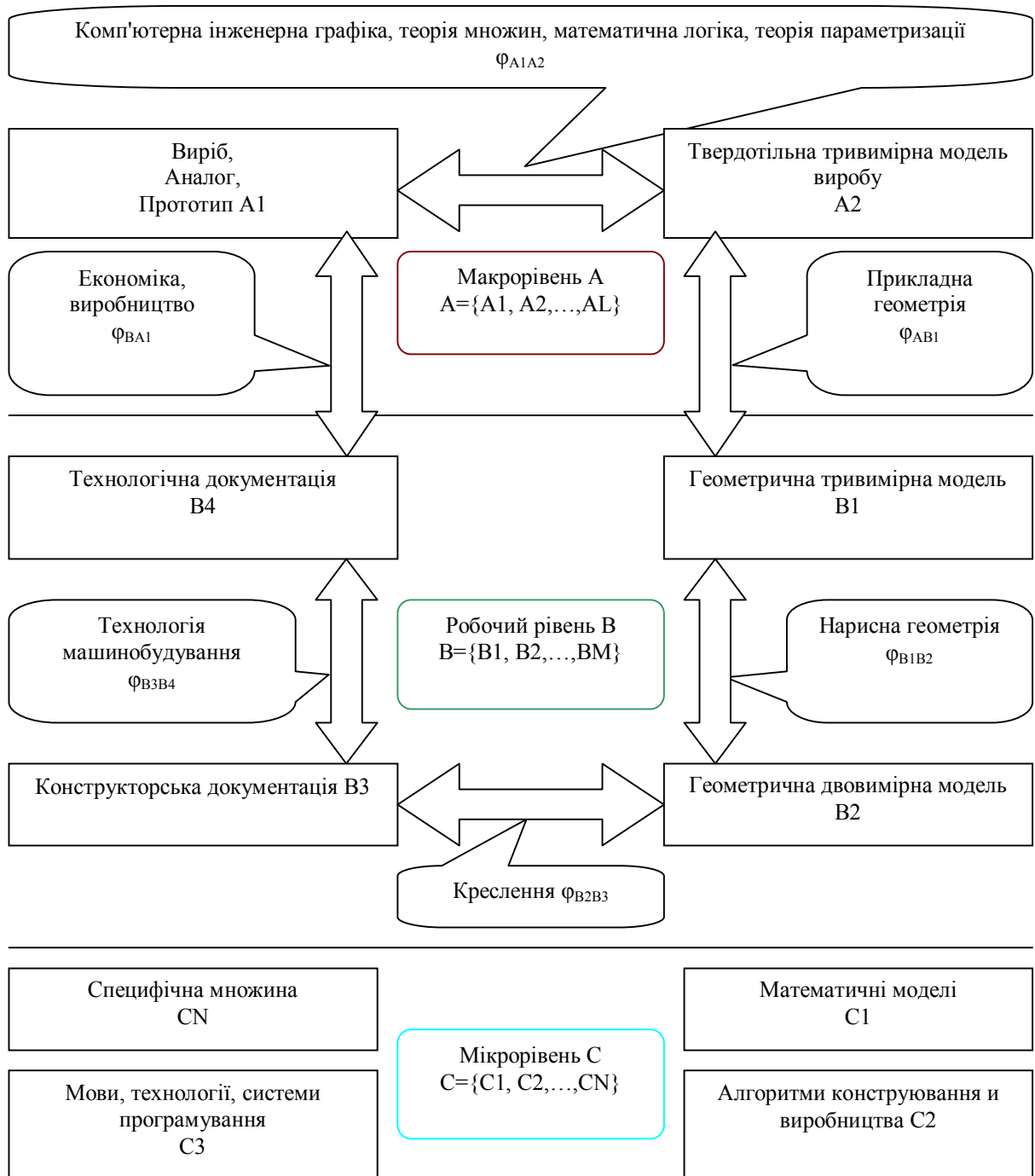
З огляду на множину  $A$  параметрів компонент конструювання макрорівня, на підставі аналітичної, диференціальної, прикладної геометрії й інших наук фахівці розробляють компоненти конструювання робочого рівня.

*Характеристика відображень множин параметрів компонент конструювання робочого рівня.* На робочому рівні до компонентів конструювання можна віднести геометричну тривимірну модель, геометричну двовимірну модель, конструкторську документацію й технологічну документацію для виготовлення виробу.

У процесі створення геометричної тривимірної моделі здійснюється відображення  $\varphi_{AB_1}: A \rightarrow B_1$  множини  $A$  параметрів компонент конструювання макрорівня в множину  $B_1$  параметрів геометричної тривимірної моделі виробу. Оскільки для будь-якого елемента ( $b_{1i}, i=1, 2, \dots$ ) із множини  $B_1$  ( $\forall b_{1i} \in B_1, i=1, 2, \dots$ ) його прообраз ( $a_i, i=1, 2, \dots$ ) із множини  $A$  ( $a_i \in A, i=1, 2, \dots$ ) не є порожньою множиною ( $a_i \neq \{\emptyset\}, i=1, 2, \dots$ ), те відображення  $\varphi_{AB_1}: A \rightarrow B_1$  є сюр'єкція.

Разом з тим, оскільки образи  $\varphi_{AB_1}(a_1)$  і  $\varphi_{AB_1}(a_2)$  із множини  $B_1$  ( $\varphi_{AB_1}(a_1), \varphi_{AB_1}(a_2) \in B_1$ ) яких-небудь двох різних елементів  $a_1 \neq a_2$  із множини  $A$  ( $a_1, a_2 \in A$ ) різні  $\varphi_{AB_1}(a_1) \neq \varphi_{AB_1}(a_2)$ , те відображення  $\varphi_{AB_1}: A \rightarrow B_1$  є ін'єкція. Оскільки відображення  $\varphi_{AB_1}: A \rightarrow B_1$  є ін'єкція й

сюр'єкція, те за визначенням [14] воно є бієкцією. Таким чином, перетворення твердотільної тривимірної моделі й геометричну тривимірну модель  $\varphi_{A \rightarrow B1}: A \rightarrow B1$  і навпаки є взаємно однозначне відображення [15].



**Рис. 1.** Перетворення множин параметрів компонент конструювання.

Перетворення геометричної тривимірної моделі в геометричну двовимірну модель і навпаки здійснюється за законами нарисної геометрії (Рис. 1). Дотримання цих законів забезпечує взаємно однозначну відповідність результатів розв'язання, як прямої так і зворотної задачі нарисної геометрії. Тому відображення  $\varphi_{B1B2}: B1 \rightarrow B2$  множини B1

параметрів геометричної тривимірної моделі в множину  $V_2$  параметрів геометричної двовимірної моделі буде бієкцією, тобто взаємно однозначним відображенням [15].

Перетворення геометричної двовимірної моделі в конструкторську документацію засобами САПР відповідає ін'єкції ( $\varphi_{V_2 \rightarrow V_3}: V_2 \rightarrow V_3$ ) множини  $V_2$  параметрів геометричної двовимірної моделі в множину  $V_3$  параметрів конструкторської документації. Таке відображення  $\varphi_{V_2 \rightarrow V_3}: V_2 \rightarrow V_3$  не сюр'єктивно, оскільки не для кожного елемента (параметра) конструкторської документації є елемент (параметр) у геометричній двовимірній моделі. Наприклад, значення шорсткості поверхні, допуск на величину зміни розмірів виробу й т.п., не вказують у геометричній двовимірній моделі.

Теоретично можна одержати взаємно однозначне відображення  $\varphi_{V_2 \rightarrow V_3}: V_2 \rightarrow V_3$ , увівши необхідні елементи (параметри) із множини  $V_3$  у множину  $V_2$ . Потреба в цьому може виникнути в незалежній експериментальній групі, що контролює витрати і якість результатів конструювання. Співробітники цієї групи повинні знати стандарти, норми й правила розробки конструкторської документації (закони креслення, див. Рис. 1).

На підставі конструкторської документації за законами технології машинобудування розробляється технологічна документація для виготовлення виробу.

Цьому перетворенню компонентів конструювання відповідає ін'єктивне, але не сюр'єктивне, відображення  $\varphi_{V_3 \rightarrow V_4}: V_3 \rightarrow V_4$  множини  $V_3$  параметрів конструкторської документації в множину  $V_4$  параметрів технологічної документації. Таке відображення не сюр'єктивне, оскільки в конструкторській документації, наприклад, не вказується різальний інструмент для виготовлення виробу або пристосування для контролю параметрів виготовленого виробу. Уводячи додаткові елементи до множини  $V_3$  параметрів конструкторської документації, можна теоретично одержати взаємно однозначне відображення  $\varphi_{V_3 \rightarrow V_4}: V_3 \rightarrow V_4$ .

За законами організації виробництва й економіки на підставі технологічної документації виготовляється виріб. Це перехід на практичний рівень виробництва – наступний етап перетворень. Цьому перетворенню відповідає відображення  $\varphi_{V_4 \rightarrow A_1}: V_4 \rightarrow A_1$ .

Множини  $V_1, V_2, V_3, V_4, \dots, V_M$  включаються в множину  $V$  параметрів компонентів конструювання робочого рівня ( $V_1 \subset V_2 \subset V_3 \subset V_4 \subset \dots \subset V_M \subset \dots \subset V$ ).

Аналогічно множини  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_N$  включаються в множину  $C$  параметрів компонента конструювання мікрорівня ( $C_1 \subset C_2 \subset C_3 \subset \dots \subset C_N \subset \dots \subset C$ ).

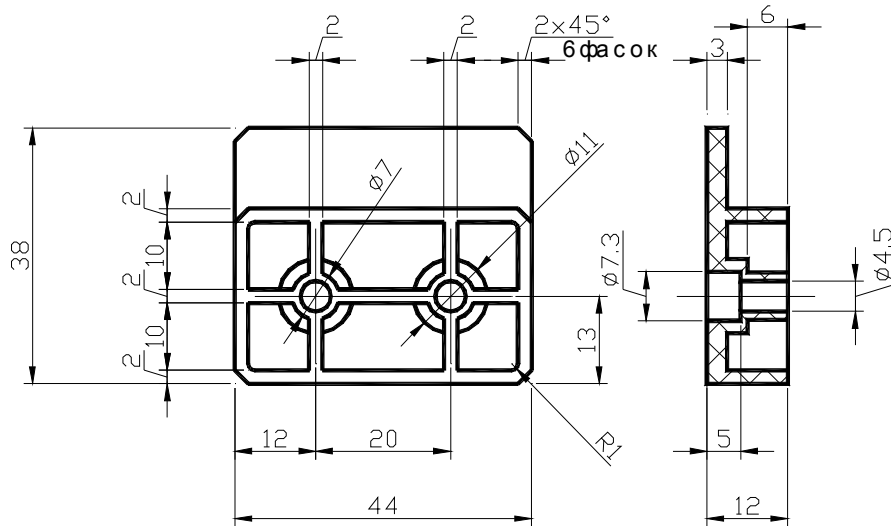
В остаточному підсумку, відображення  $\varphi_{V \rightarrow Z}: V \rightarrow Z$ ,  $\varphi_{V \rightarrow A}: V \rightarrow A$  параметрів різних рівнів конструювання можна перетворити до взаємно однозначних відображень.

Практична робота з різними підприємствами дозволила перевірити

гіпотезу про можливість одержання бієктивних відображень множин параметрів компонент конструювання.

Розглянемо справедливості даної гіпотези на прикладі конструювання опори для скла морозильної камери.

*Формування множин параметрів компонент конструювання виробу.*  
Ескіз опори для скла морозильної камери представлений на рисунку 2. Даний ескіз можна вважати зображенням прототипу виробу.



**Рис. 2.** Ескіз опори скла.

До множини  $A_1$  параметрів прототипу ставляться наступні елементи:

$a_{1-1}$  – діаметр зовнішньої циліндричної поверхні для стрижня гвинта ( $a_{1-1}=7$ ).

$a_{1-2}$  – діаметр внутрішньої циліндричної поверхні для стрижня гвинта ( $a_{1-2}=4,5$ ).

$a_{1-3}$  – діаметр зовнішньої циліндричної поверхні для голівки гвинта ( $a_{1-3}=11$ ).

$a_{1-4}$  – діаметр внутрішньої циліндричної поверхні для голівки гвинта ( $a_{1-4}=7,3$ ).

$a_{1-5}$  – відстань між осями отворів для гвинтів кріплення опори до корпусу ( $a_{1-5}=20$ ).

$a_{1-6}$  – відстань від базовій бічній стінці опори до осі отвору для гвинта ( $a_{1-6}=12$ ). Даний елемент  $a_{1-6}$  не включається в множину  $A_1$ , якщо деталь симетрична.

$a_{1-7}$  – відстань від базової нижньої грані опори до осі отвору для гвинта ( $a_{1-7}=13$ ).

$a_{1-8}$  – товщина горизонтального середнього ребра жорсткості між отворами ( $a_{1-8}=2$ ).

$a_{1-9}$  – товщина горизонтальної нижньої базової грані корпусу опори ( $a_{1-9}=2$ ).

$a_{1-10}$  – товщина горизонтальної верхньої грані корпусу, на якій розміщується



скло морозильної камери ( $a_{1-10}=2$ ).

$a_{1-11}$  – товщина вертикальної правої грані опорної частини корпусу із вказівкою кутового розміру фаски ( $a_{1-11}=2 \times 45^0$ ). Якщо деталь симетрична, то товщина вертикальної лівої грані опорної частини корпусу не вказується. Тоді аналогічний елемент у множину  $A1$  не включається.

$a_{1-12}$  – товщина правого внутрішнього ребра жорсткості для циліндричної поверхні під гвинт ( $a_{1-12}=2$ ). Якщо деталь симетрична, то товщина лівого внутрішнього ребра жорсткості в множину  $A1$  не включається.

$a_{1-13}$  – довжина корпусу опори ( $a_{1-13}=44$ ).

$a_{1-14}$  – висота корпусу опори ( $a_{1-14}=38$ ).

$a_{1-15}$  – висота опорного паралелепіпеда корпусу ( $a_{1-15}=26$ ).

$a_{1-16}$  – радіуси скруглення між гранями корпусу, ребрами жорсткості й циліндричних поверхонь для гвинтів ( $a_{1-16}=1$ ).

$a_{1-17}$  – ширина корпусу опори ( $a_{1-17}=12$ ).

$a_{1-18}$  – глибина отвору під голівку гвинта ( $a_{1-18}=5$ ).

$a_{1-19}$  – довжина зовнішньої циліндричної поверхні для стрижня гвинта ( $a_{1-19}=5$ ).

$a_{1-20}$  – товщина паралелепіпеда, що притискає скло до корпусу морозильної камери ( $a_{1-20}=3$ ).

Таким чином, множина  $A1$  параметрів прототипу даного виробу містить двадцять елементів:  $A1 = \{a_{1-1}, \dots, a_{1-9}, a_{1-10}, \dots, a_{1-20}\}$ .

Множина  $A1$  параметрів прототипу виробу включається в множину  $A2$  параметрів твердотільної тривимірної моделі. До множини  $A2$  відносяться також наступні елементи.

$a_{2-1}$  – кольори матеріалу, що буде імітувати твердотільна тривимірна модель ( $a_{2-1} = \{B7BFC6 - \text{світлосірий}, 8F959B - \text{темносірий}\}$ ).

$a_{2-2}$  – тип матеріалу, що імітує твердотільна тривимірна модель ( $a_{2-2} = A - \text{амінопласт А ГОСТ 9359-73}$ ).

$a_{2-3}$  – вид аксонометричної проєкції твердотільної тривимірної моделі ( $a_{2-3}$  – ізометрія,  $a_{2-3} = \{k_x = k_y = k_z = 0,82 - \text{коефіцієнти викривляння розмірів виробу щодо осей } x, y, z \text{ первинної системи координат виробу; } \alpha = \beta = \gamma = 120^0 - \text{величина кутів між аксонометричними осями } x', y', z'\}$ ).

При доповненні множини  $A1$  параметрами  $a_{2-1}, a_{2-2}, a_{2-3}$  із множини  $A2$  перетворення  $\varphi_{A1A2}: A1 \rightarrow A2$  прототипу виробу у твердотільну тривимірну модель (Рис. 3) буде взаємно однозначним (бієктивним).

Виконуючи аналогічно параметричні доповнення множин  $B2$  й  $B3$ , можна одержати взаємно однозначні відображення  $\varphi_{B2Y3}: B2 \rightarrow Y3$  й  $\varphi_{B3Y4}: B3 \rightarrow Y4$  множини  $B2$  параметрів геометричної двовимірної моделі, множини  $B3$  параметрів конструкторської документації й множини  $B4$  параметрів технологічної документації.

Перевірка запропонованої гіпотези була здійснена для відображення множин параметрів різних компонентів конструювання в процесі створення опори скла морозильної камери (див. Рис. 3). Отримані практичні результати конструювання й виготовлення реального виробу підтвердили

справедливість висунутої гіпотези.

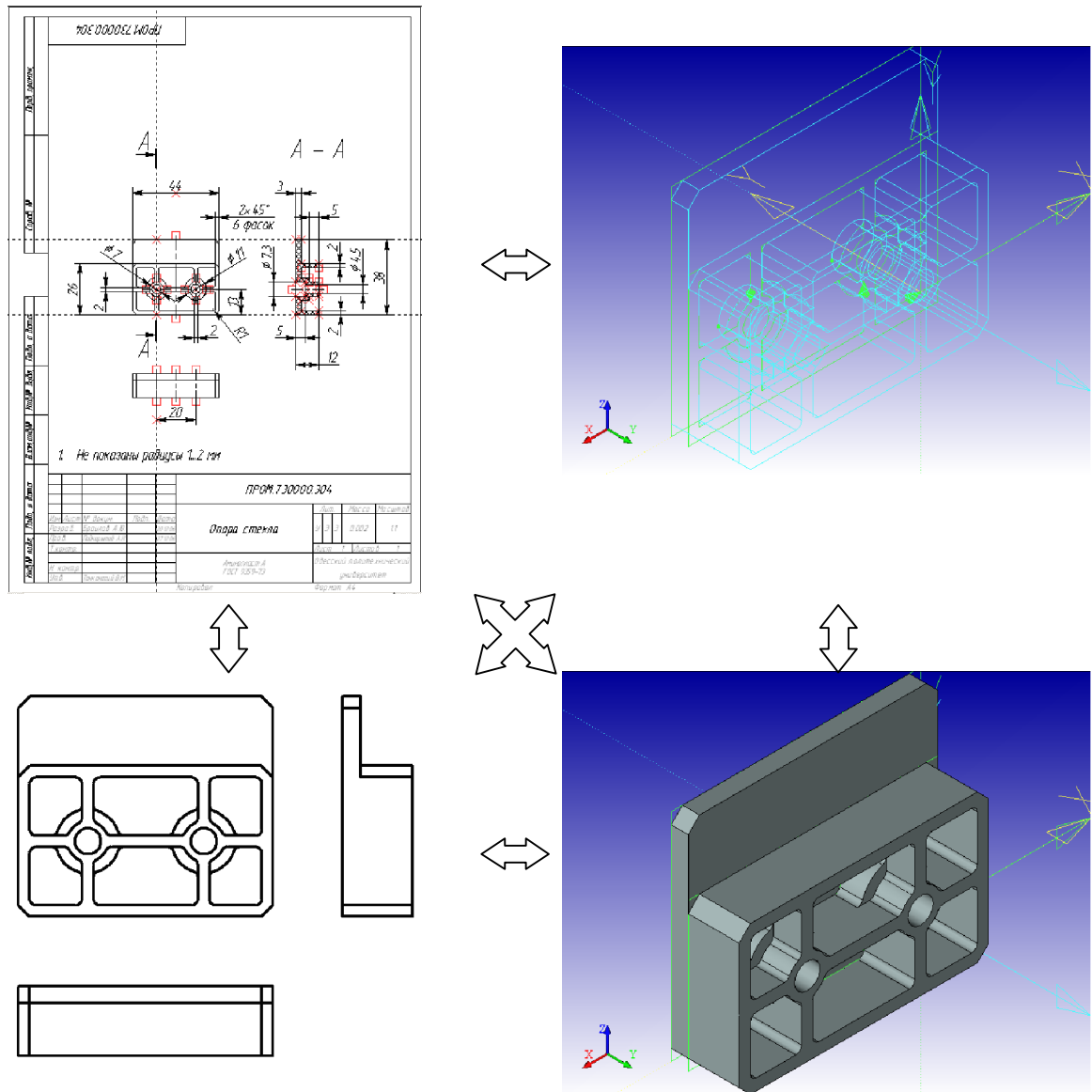


Рис. 3. Взаємно однозначні перетворення моделей виробу.

### Висновки.

1. Запропоновані гіпотеза про бієктивне відображення та принцип перетворення можуть стати основою одного з підходів до розробки теорії конструювання, як практичної діяльності.

2. Практичне використання запропонованого підходу дозволяє керівнику та різним фахівцям адекватно оцінювати стан розроблювальних компонентів конструювання, узгоджено дозволяти протиріччя конструкторської діяльності й забезпечити виготовлення реального виробу відповідно до вимог замовника.

3. В остаточному підсумку, одержання взаємно однозначних множин параметрів різних компонентів конструювання скорочує строк і витрати на виготовлення виробу при забезпеченні необхідної його якості.

## ЛІТЕРАТУРА

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. 11<sup>th</sup> 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 втузов. — 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.
16. Brailov. A. Yu., A theoretical approach to transformations of two-dimensional and three-dimensional models of the product, *Proc. 13<sup>th</sup> ICGG*, Dresden, Germany. – ISGG, 2008. – P. 58—59.

## ПРИНЦИП ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В КОНСТРУИРОВАНИИ ИЗДЕЛИЯ

А.Ю. Браилов

**Ключевые слова:** компонента, преобразование, модель, множество, отображение, изделие.

В настоящей работе рассмотрен один из теоретических принципов разрешения противоречия между неоднозначностью процесса 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 и их элементов. 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 конструкторско-технологическом цикле. Практическое использование предложенного подхода сокращает срок и затраты на конструирование и изготовление изделия при обеспечении требуемого его качества.

## PRINCIPLE OF TRANSFORMATION IN DESIGN OF THE PRODUCT

A.Yu.Brailov

**Key words.** Component, transformation, model, set, projection, product.

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 proposed approach allows reducing the design-and-manufacturing time and costs while maintaining the required quality of designed components.