

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНАТОРНО-ВАРИАЦИОННОГО ПОДХОДА ДЛЯ СИСТЕМАТИЗАЦИИ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Г.А. Вирченко<sup>1</sup>, С.Л. Шамбина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»  
*пр. Победы, 37, Киев, Украина, 03056*

<sup>2</sup>Инженерный факультет  
Российский университет дружбы народов  
*ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419*

В статье рассмотрены некоторые вопросы применения комбинаторно-вариационного подхода для систематизации аналитических поверхностей с целью обеспечения их более эффективного использования при автоматизированном проектировании разнообразных технических объектов.

**Ключевые слова:** аналитические поверхности, комбинаторно-вариационный подход, технические объекты.

Формообразование играет важную роль во многих областях техники. Это относится к судостроению, авиационной отрасли, общему машиностроению, архитектуре и т.д. В монографии [3] приведены базовые сведения о геометрии более 500 поверхностей, об их использовании при конструировании и расчетах на прочность различных деталей, механизмов, тонкостенных пространственных строительных оболочек. Работа [1] посвящена применению комбинаторно-вариационного подхода для компьютерного геометрического моделирования инженерных конструкций и сооружений. На примере анализа этих работ можно сделать вывод о необходимости проведения научно-прикладных исследований, направленных на обеспечение эффективного автоматизированного использования имеющихся инженерных наработок, в частности, сведений по аналитическим поверхностям технических объектов.

Для удобного управления указанной информацией с помощью компьютерных баз данных предлагается описывать существующую весьма обширную и разнообразную номенклатуру поверхностей в терминах теории множеств. Рекомендуемый порядок действий состоит в следующем.

Сначала создается кортеж необходимых линий

$$L = (L_i)_{i=1}^{N_L}. \quad (1)$$

Далее на основании принципов кинематического формообразования первый уровень классификации поверхностей представляется в виде декартового произведения

$$P = L \cdot L, \quad (2)$$

где множители содержат соответственно образующие и направляющие кривые.

Затем составляются множества базовых модификаций образующих

$$\begin{aligned} M_1 &= (\text{движение}) = (\text{перенос, вращение, перенос} \cdot \text{вращение}), \\ M_2 &= (\text{масштабирование}) = (\text{пропорциональное, непропорциональное}). \end{aligned} \quad (3)$$

Кортеж  $M_1$  включает элементы, сохраняющие размеры и форму перемещающихся линий. *Переносу* отвечает движение, при котором любое промежуточное положение образующей совмещается с ее начальным положением с помощью определенного вектора. *Вращение* — это движение по окружности. Третий элемент является композицией переноса и вращения. Множество  $M_2$  содержит компоненты, изменяющие размеры и форму перемещающихся линий.

Тогда возможные модификации образующих имеют вид

$$M = M_1 \cdot M_2. \quad (4)$$

Согласно формулам (1) ... (4) второй уровень классификации поверхностей определяется произведением

$$\Pi = \text{Л} \cdot \text{Л} \cdot M. \quad (5)$$

Для учета специфических условий и особенностей образующих и направляющих линий в дополнение к соотношению (5) рекомендуется использовать дальнейшие уровни систематизации.

Проиллюстрируем изложенную выше методику на конкретных примерах. Согласно выражению (1) и проанализированной в работе [3] номенклатуре аналитических поверхностей имеем

$$\text{Л} = (\text{л}_i)_1^{12}, \quad (6)$$

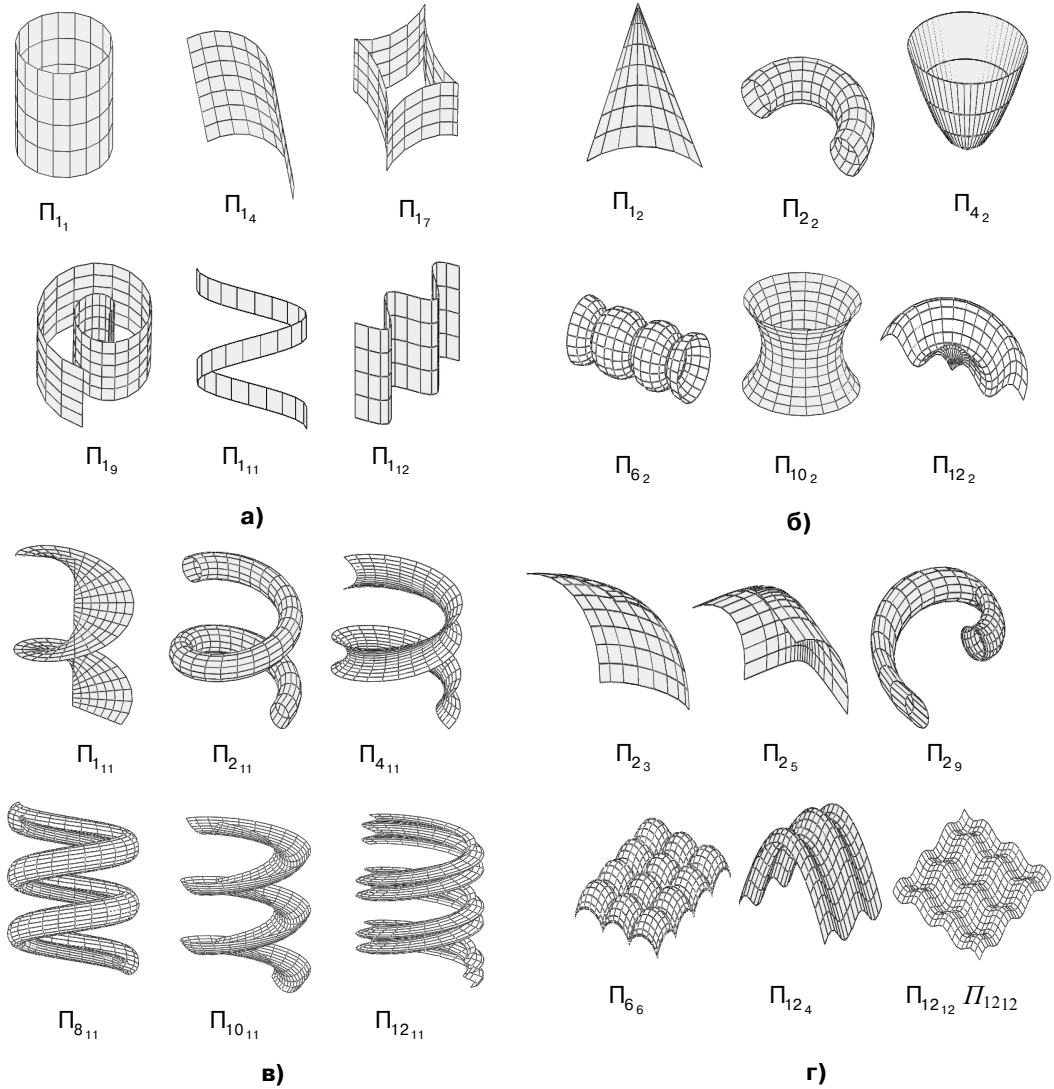
где  $\text{л}_1$  — прямая,  $\text{л}_2$  — окружность,  $\text{л}_3$  — эллипс,  $\text{л}_4$  — парабола,  $\text{л}_5$  — гипербола,  $\text{л}_6$  — циклоида,  $\text{л}_7$  — астроида,  $\text{л}_8$  — спираль Архимеда,  $\text{л}_9$  — эвольвента окружности,  $\text{л}_{10}$  — цепная.

На основании множества (6) делаем вывод, что в отношении (2) строка 1 и столбец 1 включают в свой состав цилиндрические поверхности (рис. 1 а), столбец 2 — поверхности вращения (рис. 1 б), а столбец 11 — винтовые поверхности (рис. 1 в). На рис. 1 г показаны поверхности переноса, которым соответствует первый элемент кортежа  $M$ .

В дополнение к комбинаторным компонентам выражений (1) и (4) для эффективного управления вариантным формообразованием технических объектов широко используются такие вариационные составляющие линий  $\text{Л}$ , как их параметры формы и размеров, а для элементов множества  $M$  — параметры движения и масштабирования.

По аналогии с приведенными выше иллюстрациями комбинаторно-вариационный подход распространяется и на другие аналитические поверхности, в частности, спиральные, волновые.

Необходимы дальнейшие изыскания в направлении систематизации сложных поверхностей инженерных конструкций и сооружений [2].

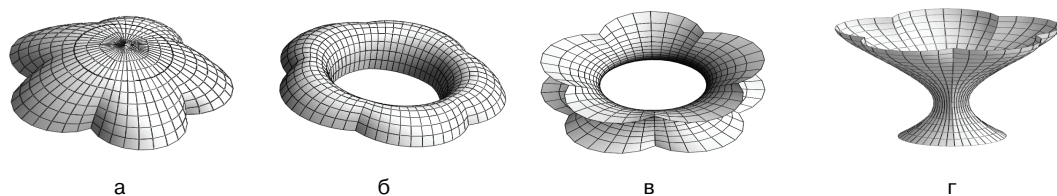


**Рис. 1.** Примеры аналитических поверхностей технических объектов:

а — цилиндрические; б — вращения;  
в — винтовые; г — переноса

На рис. 2 показаны зонтичные оболочки, распространенные в спортивных и общественных зданиях благодаря повышенной жесткости, устойчивости, архитектурной выразительности. Эти оболочки создаются из повторяющихся в круговом направлении отсеков циклических поверхностей переноса с направляющими меридианами базовых поверхностей вращения. Многообразие последних обуславливает большое число вариантов рассмотренных оболочек.

Оболочки широко используются в качестве исходных данных для структурно-параметрической оптимизации промышленных изделий [4].



**Рис. 2.** Варианты зонтичных оболочек из циклических поверхностей переноса на различных типах базовых поверхностей вращения:

а — эллипсоиде; б — эллипсоидальном торе; в — однополостном гиперboloиде; г — синусоидальной поверхности

Таким образом, предложенная методика систематизации аналитических поверхностей на основе применения комбинаторно-вариационного подхода к формообразованию обеспечивает повышение эффективности автоматизированного проектирования разнообразных технических объектов.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

- (1) В связи ограниченным объемом статьи количество линий кортежа (6) принято равным 12.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Ванин В.В., Шамбина С.Л., Вирченко В.Г.* Применение комбинаторно-вариационного подхода для компьютерного геометрического моделирования инженерных конструкций и сооружений // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений*. — 2013. — № 4. — М.: РУДН, 2013. — С. 3—8. [*Vanin V.V., Shambina S.L., Virchenko V.G.* Primenenie kombinatormo-variatsionnogo podkhoda dlia kompiuternogo geometricheskogo modelirovaniia inzhenernykh konstrukticii i sooruzhenii // *Stroitelnaia mekhanika inzh. konstrukticii i sooruzhenii*. — 2013. — № 4. — М.: RUDN, 2013. — S. 3—8.]
- [2] *Иванов В.Н., Шамбина С.Л.* Зонтичные оболочки из отсеков циклических поверхностей переноса на различных типах базовых поверхностей вращения // *Прикладная геометрия и инженерная графика*. — 2011. — Т. 51. — Мелитополь: ТГАТУ, 2011. — С. 9—15. [*Ivanov V.N., Shambina S.L.* Zontichnye obolochki iz otsekov tsiklicheskikh poverkhnostei perenosa na razlichnykh tipakh bazovykh poverkhnostei vrashcheniia // *Prikladnaia geometriia i inzhenernaia grafika*. — 2011. — Т. 51. — Melitopol: TGATU, 2011. — S. 9—15.]
- [3] *Кривошапко С.Н., Иванов В.Н.* Энциклопедия аналитических поверхностей. — М.: ЛИБРОКОМ, 2010. — 560 с. [*Krivoshapko S.N., Ivanov V.N.* Entciklopediia analiticheskikh poverkhnostei. — М.: LIBROKOM, 2010. — 560 s.]
- [4] *Tong L., Lin J.* Structural topology optimization with implicit design variable-optimality and algorithm // *Finite Elements in Analysis and Design*. — August 2011. — Vol. 47. — Issue 8. — P. 922—932.

## **THE USING OF COMBINATORIAL-VARIATIONAL APPROACH FOR SYSTEMATIZATION OF ANALYTIC SURFACES OF TECHNICAL OBJECTS**

**G.A. Virchenko<sup>1</sup>, S.L. Shambina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National Technical University of Ukraine  
“Kiev Polytechnic Institute”  
*Pobedy av., 37, Kiev, Ukraine, 03056*

<sup>2</sup>Peoples' Friendship University of Russia  
*Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419*

The paper discusses some issues of application of combinatorial-variational approach for systematization of analytic surfaces to ensure their more effective use in computer-aided design of various technical objects.

**Key words:** analytic surfaces, combinatorial-variational approach, technical objects.