

## КОНСТРУИРОВАНИЕ КОМПАКТНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОДУЛЬНЫХ СТРУКТУР

УДК: 72.01  
ББК: 85.110

**Коротич Андрей Владимирович**

доктор архитектуры, чл.-корр. РААСН,  
профессор МАА, Уральский филиал УралНИИпроект ЦНИИП Минстроя России  
Екатеринбург, Россия, e-mail: avk-57@uniip.ru

### **Аннотация**

*В статье развиваются актуальные аспекты авторской теории топологической организации форм современных оболочек с кристаллической структурой, определены основные перспективные направления их развития. Показаны новые типы кристаллических оболочек, созданные автором в классе многогранных систем, а также способы их образования. Обозначены композиционные перспективы созданной теории и полученных кристаллических оболочек в различных сферах науки, архитектуры и дизайна.*

### **Ключевые слова**

*многогранник, архитектурная форма, модуль, композиция, кристаллография, многоугольник, плоскость, сечение, ось, трехмерное пространство*

Базовые принципы общей теории равноэлементного структурирования пространства, которая была создана автором на основе фундаментальных работ предшественников [1–2], изложены в ранее опубликованных работах [3, 4]. В настоящей статье детально раскрываются некоторые существенные категории авторской теории, дополняющие и конкретизирующие предложенные формотворческие технологии; обозначены новые перспективные пути развития кристаллографического морфогенеза.

«Кристаллические» многогранные объемные усечения – один из способов создания новых типов идентичных непризматических невыпуклых многогранных модулей плотнейшего заполнения трехмерного пространства путем особого ритмического подразделения толщи различных призматических «стержней» [4; п.2]. Кроме того, полученные модули могут образовывать также и сплошные «кристаллические слои».

По своей общей форме и контурному очертанию кристаллические объемные усечения подразделяются на: пирамидальные (а – классические: с треугольными и трапециевидальными гранями; б – трехромбовые; в – четырехромбовые); клиновидные; сложные (многогранные полусферические, бутонообразные и др.).

По расположению и структуре многогранной секущей поверхности кристаллические усечения противоположных участков объема модуля бывают: выпуклыми; вогнутыми; комбинированными/выпукло-вогнутыми; регулярными/симметричными; иррегулярными/асимметричными; однонаправленными; разнонаправленными; одинаковыми; различными.

В общих случаях кристаллические объемные усечения оформляют два противоположных торцевых участка модуля какого-либо типового стержня или кристаллического слоя (рис. 1, а – в, м – п). Разнонаправленные остроугольные кристаллические усечения торцов характерны в основном для выпуклых непризматических «капсул».

Однако кристаллические преобразования/усечения могут осуществляться и для боковых поверхностей составляющих идентичных модулей (этот способ приемлем в

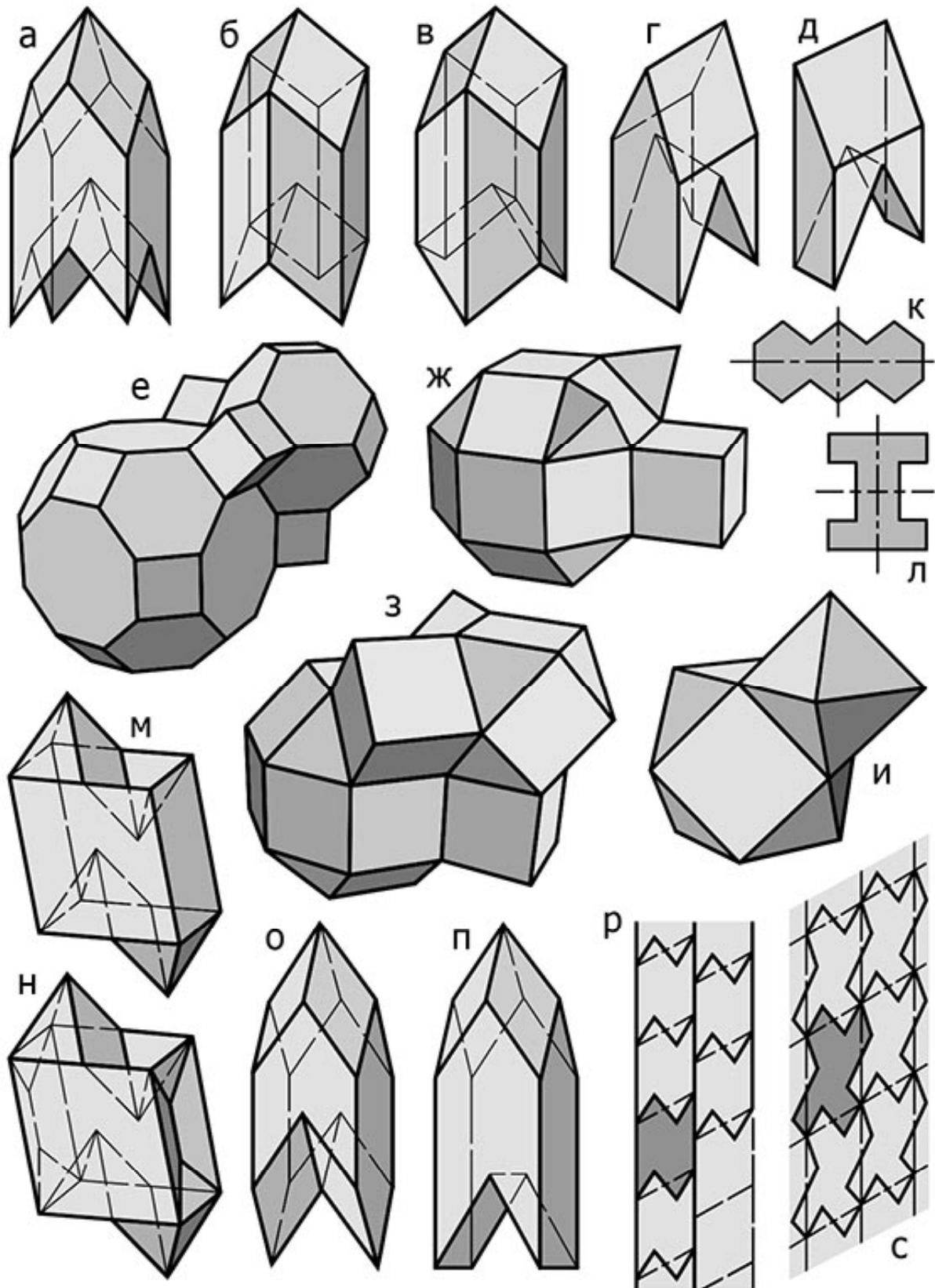


Рис. 1. Новые типы невыпуклых непризматических модулей плотнейшего заполнения пространства: а – д, м – п – модули с кристаллическими и призматическими усечениями торцевых участков и преобразованием боковой поверхности; р – с – возможные схемы их стыковки в «стержнях» и «слоях»; е – и – конгломераты (комбинированные объемы правильных и полуправильных многогранников); к – л – возможные поперечные сечения «стержней» или основания призматических модулей сплошных «слоев». Автор А.В. Коротич. Права автора защищены

---

основном для исходных элементов-параллелоэдров).

Комбинированный вариант с одновременным кристаллическим усечением противоположащих торцевых участков и преобразованием противоположных боковых поверхностей модулей (рис. 1н) также приемлем в основном для исходных элементов-параллелоэдров. В этом случае окончательная стыковка сформированных из этих модулей типовых стержней или кристаллических слоев в бесконечную плотноупакованную дискретную пространственную структуру может осуществляться каждый раз только лишь в одном строго индивидуальном топологическом варианте (рис. 1с).

Для соблюдения обязательного исходного условия – идентичности составляющих многогранных блоков – моделирование торцевых параллельных объемных кристаллических усечений типового модуля имеет строго установленное ограничение/правило.

Геометрия поверхности выпуклого участка многогранного усечения объемного модуля должна точно соответствовать форме, расположению и контуру поверхности многогранной «выемки» на его противоположащем конце. Это также касается комбинированных выпукло-вогнутых усечений противоположащих торцевых участков какого-либо типового модуля (принципиальная схема стыковки модулей с параллельными торцевыми кристаллическими усечениями выпукло-вогнутого типа – рис. 1р).

При этом в случае преобразования боковой многогранной поверхности исходного призматического модуля это правило формулируется так: отсеченный от тела модуля в определенной зоне его боковой поверхности фрагмент объема с кристаллической секущей поверхностью, образующий «выемку», должен быть целиком перемещен параллельным переносом на точно соответствующую противоположащую область боковой поверхности и присоединен к телу модуля, образуя аналогичную по форме и контуру «выпуклость».

В отдельных случаях поверхности противоположащих торцевых участков «выпуклости» и «выемки» усеченного объемного модуля могут быть развернуты относительно друг друга на 600 (рис. 1в). Исследованием установлено, что невыпуклые идентичные «капсулы», содержащие различные кристаллические и призматические усечения противоположащих торцевых участков (рис. 1, о – п), стыкуясь по боковым граням, также способны образовывать типовые бесконечные «кристаллические слои» плотнейшего заполнения пространства. Такие смежные слои, стыкуясь друг с другом, смещаются/сдвигаются или переворачиваются один относительно другого обратной стороной (одна из возможных схем их стыковки показана на рис. 2л).

Новые типы непризматических многогранных модулей-«капсул» плотнейшего заполнения трехмерного пространства

А. Конгломераты – комбинированные невыпуклые объемы плотнейшего заполнения пространства, составленные из полуправильных и правильных многогранников.

Среди них прежде всего необходимо отметить такие комбинированные объемные модули, как «ромбоусеченный кубооктаэдр + усеченный октаэдр + три куба» (рис. 1е), «ромбокубооктаэдр + два тетраэдра + куб» (рис. 1ж), «ромбокубооктаэдр + кубооктаэдр + три куба» (рис. 1з), «кубооктаэдр + октаэдр» (рис. 1и). Возможно образование и других конгломератов (например, «усеченный гексаэдр + октаэдр» и проч.).

Б. Неоднородно деформированные непризматические многогранные выпуклые модули плотнейшего заполнения пространства (рис. 2. б – и, н).

Настоящим исследованием установлено, что выпуклые непризматические модули-«капсулы» плотнейшего заполнения пространства [4; рис. 3А], которые могут быть подразделены плоскостями зеркальной симметрии на равные идентичные «половинки», обладают замечательным свойством. Одна из автономных «половинок»

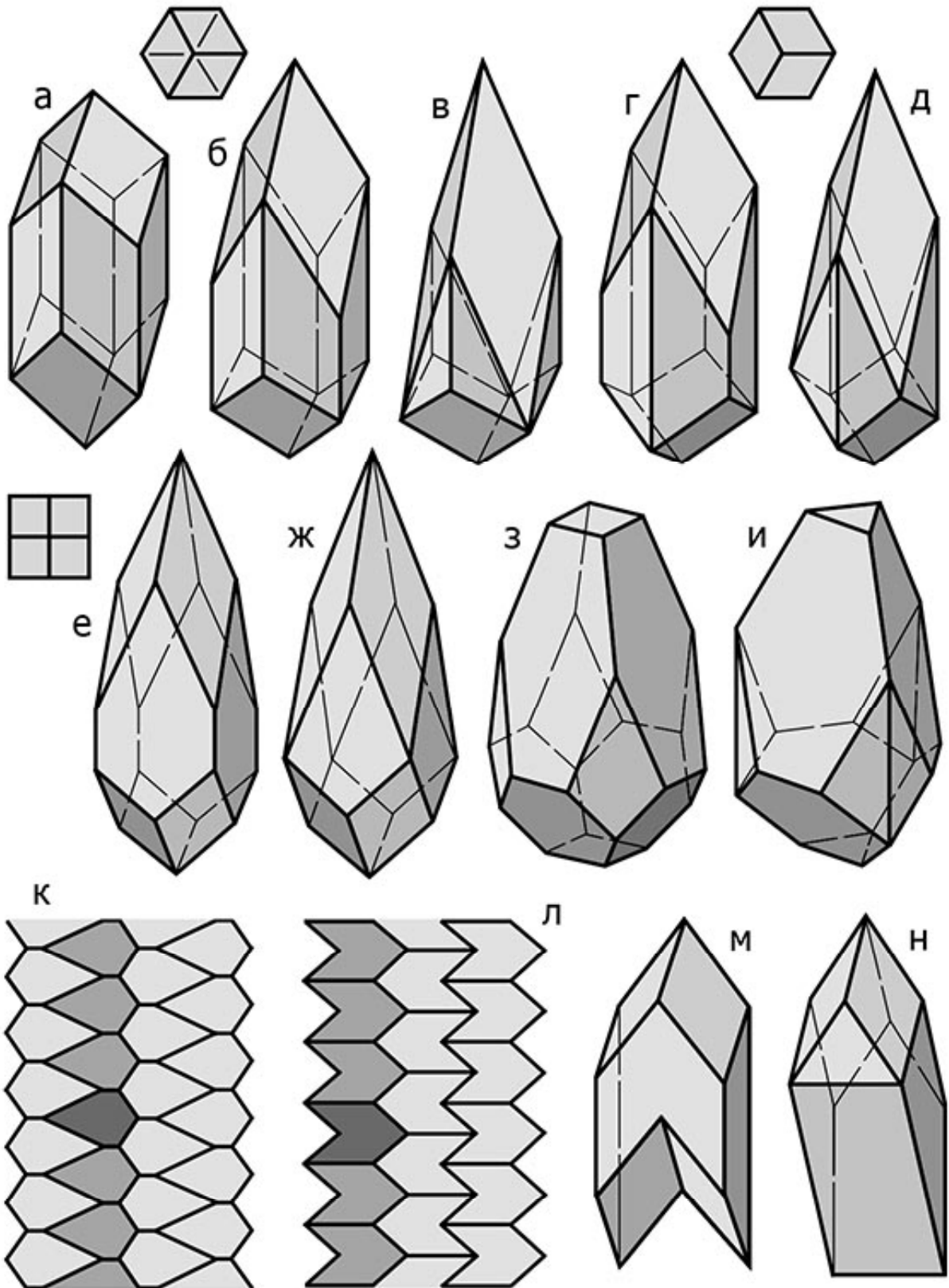


Рис. 2. Новые типы выпуклых непризматических модулей плотнейшего заполнения пространства: б – и, н – неоднородно деформированные выпуклые модули с кристаллическими усечениями торцевых участков; к – возможная схема их стыковки в бесконечных «кристаллических слоях»; м – невыпуклый модуль, способный составлять бесконечные «слои», а также «полосы/ленты» с зигзагообразными контурными линиями; л – возможная схема стыковки невыпуклых модулей в бесконечных «кристаллических слоях». Автор А.В. Коротич. Права автора защищены



модуля с любой стороны от разделяющей плоскости симметрии может быть синхронно трансформирована (вытянута/сжата) в направлении, перпендикулярном данной плоскости симметрии, без потери главного качества «капсулы» – ее способности плотнейшим образом заполнять все трехмерное пространство. Далее такие фрагментарно трансформированные модули-«капсулы» стыкуются по боковым граням с образованием бесконечных «кристаллических слоев», смежные из которых в процессе плотного взаимного соединения переворачиваются один относительно другого обратной стороной (принципиальная схема их стыковки показана на рис. 2к). В данных случаях неоднородное изменение геометрии «капсул» при их однократной фрагментарной синхронной трансформации существенно изменяет симметрические характеристики и внешний вид результирующих многогранников, придавая им каплевидное очертание (рис. 2, е – и).

Возможна также последовательная двухэтапная синхронная трансформация исходной формы модулей-«капсул» перпендикулярно каким-либо двум взаимно ортогональным плоскостям их зеркальной симметрии, обуславливающая получение двукратно деформированных кристаллических модулей плотнейшего заполнения пространства, имеющих сплюснутое дискообразное очертание (рис. 3).

Последовательная же трехэтапная синхронная трансформация исходной формы модулей-«капсул» перпендикулярно всем трем взаимно ортогональным плоскостям их зеркальной симметрии в итоге обуславливает получение полностью асимметричных результирующих многогранников плотнейшего заполнения пространства; однако в этом случае «капсулы» смежных кристаллических слоев плотнейшей трехмерной дискретной упаковки являются зеркально равными, но не идентичными.

Способностью к синхронной фрагментарной трансформации обладает также и выпуклая «капсула» плотнейшей пространственной компоновки, завершенная двумя одинаковыми противолежащими пирамидальными ромбическими «трилистниками», развернутыми относительно друг друга на 60°, нанизанными вершинами на продольную ось поворотной симметрии третьего порядка и объединенными поясом боковых граней-параллелограммов (рис. 2а). В данном случае ее осевая фрагментарная синхронная трансформация может быть осуществлена независимо для одного или обоих вершинных ромбических «трилистников» на произвольную различную величину; при этом боковые параллелограмматические грани превращаются в трапеции (рис. 2б). Дальнейшее преобразование этого фрагментарно трансформированного модуля осуществляется с изменением его топологии: деформированные на разную величину противолежащие «трилистники» сближаются друг с другом вдоль оси и стыкуются по соответствующим вершинам; при этом боковые трапециевидальные грани вырождаются в соответствующие треугольники (рис. 2в).

Кроме того, возможна однократная синхронная общая (не фрагментарная) деформация всех типов выпуклых и невыпуклых «капсул» с тремя плоскостями зеркальной симметрии, расположенными под углом в 120° друг к другу (рис. 1, б – в; 2, а – д; также [4; рис. 3А]). Такая деформация может осуществляться как для исходного многогранного модуля, так и для уже фрагментарно деформированного (см. описание выше) и производится в направлении, перпендикулярном его оси в одной из выбранных плоскостей зеркальной симметрии.

### **Заключение**

Стратегический приоритет в научно-изобретательских достижениях кристаллографического структурирования трехмерного пространства – это вопрос государственного престижа, технологической конкурентоспособности и национальной безопасности в контексте мирового социального прогресса.

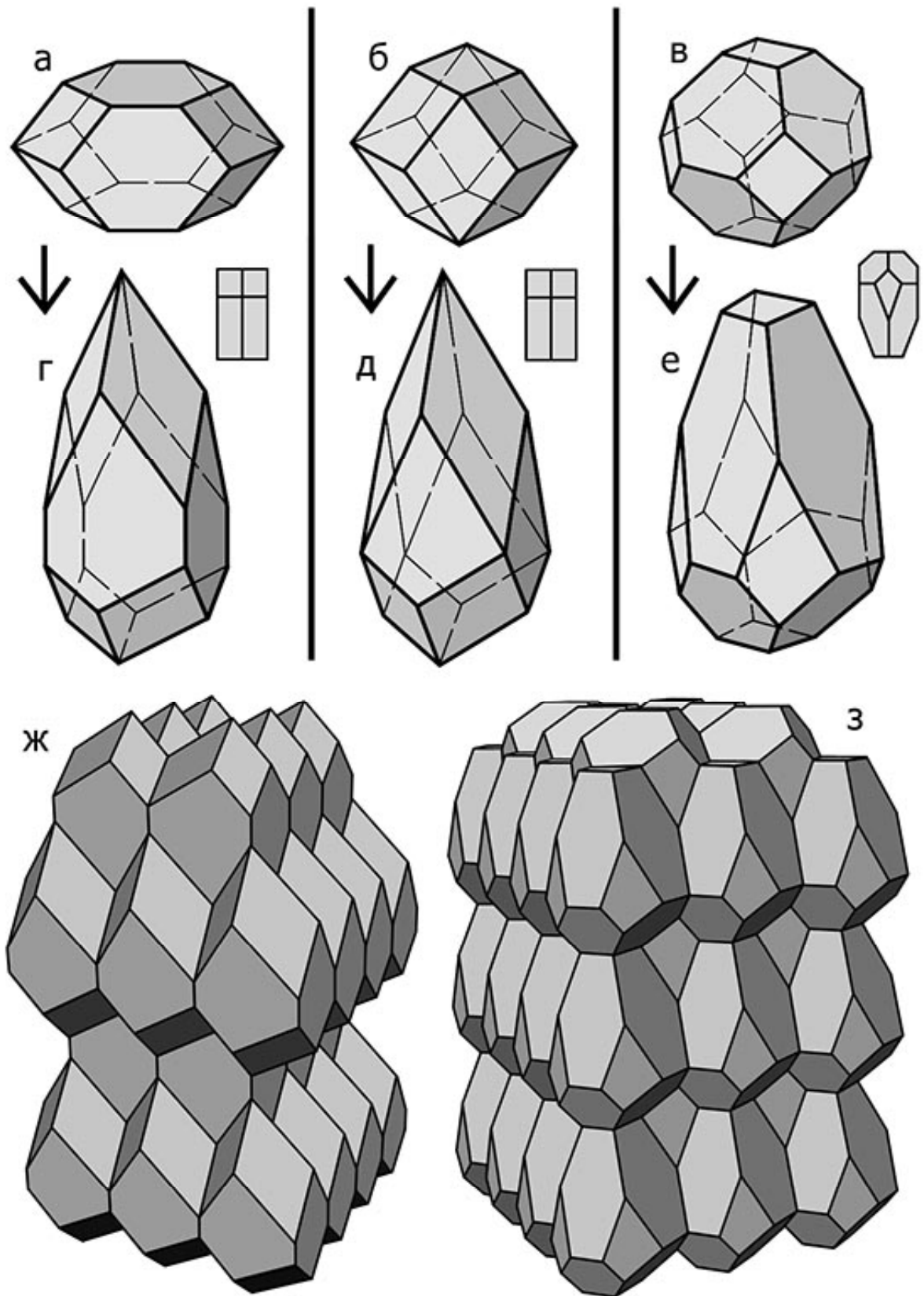


Рис. 3. Последовательная двухэтапная синхронная трансформация формы исходных модулей-«капсул» (а – в) перпендикулярно каким-либо двум плоскостям их зеркальной симметрии в итоге обуславливает получение производных двукратно деформированных кристаллических модулей плотнейшего заполнения пространства, имеющих сплюснутое дискообразное очертание (г – е). Схемы плотнейшей пространственной компоновки результирующих двукратно деформированных идентичных модулей (ж – з). Автор А.В. Коротич. Права автора защищены

---

## Библиография

1. Федоров, Е.С. Начала учения о фигурах / Е.С. Федоров. – М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1953. – 410 с., ил.
2. Галиулин, Р.В. Кристаллографическая геометрия.– М.: Наука, 1984.– 136 с.
3. Коротич, А.В. Новые технологии архитектурного моделирования пространства / А.В. Коротич // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2017. – № 2. – С. 38–43, ил.
4. Коротич, А. В. Общая теория плотнейшего заполнения трехмерного пространства равными многогранниками [Электронный ресурс] / А. В. Коротич // Архитектон: известия вузов. – 2017. – № 3 (59).– URL: [http://archvuz.ru/2017\\_3/6](http://archvuz.ru/2017_3/6).

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция — На тех же условиях») 4.0 Всемирная.



Коротич Андрей Владимирович  
доктор архитектуры, чл.-корр. РААСН, профессор МАА,  
Уральский филиал УралНИИпроект ЦНИИП Минстроя России  
Екатеринбург, Россия, e-mail: [avk-57@uniip.ru](mailto:avk-57@uniip.ru)

Статья поступила в редакцию 16.10.2017  
Электронная версия доступна по адресу: [http://archvuz.ru/2017\\_4/6](http://archvuz.ru/2017_4/6)  
© А.В. Коротич 2017  
© УралГАХУ 2017

## DESIGN OF COMPACT SPATIAL MODULAR STRUCTURES

**Korotich Andrey V.**

Doctor of Architecture, Professor,

Central Science Researches and Projects Institute of Russian Federation Building Construction Ministry

Ekaterinburg, Russia, e-mail: avk-57@uniip.ru

### Abstract

*The article elaborates on some current issues in the author's theory relating to the topological organisation of the shapes of modern shells with crystalline structure, identifies the main directions of their further development and shows new types of crystalline shells created by the author in the class of multi-faceted systems, as well as methods ways of their formation. Compositional prospects of this theory and resulting crystalline shells are outlined for various spheres of science, architecture, and design.*

### Key words

*polyhedron, architectural form, module, composition, crystallography, polygon, plane, sectional view, axis, three-dimensional space*

### References

1. Fedorov, E.S. (1953) The Principles of the Doctrine of Shapes. Moscow; Leningrad: AN SSSR. (in Russian)
2. Galiulin, R.V. (1984) Crystallographic Geometry. Moscow: Nauka.
3. Korotich, A.V. (2017) New Technologies of Architectural Spatial Modelling. Academic Bulletin of UralNIIprojekt RAASN, No.: 2, p. 38–43. (in Russian)
4. Korotich, A.V. (2017) General Theory of Densest Filling of a Three-Dimensional Space with Equal Polyhedra [Online]. *Архитектон: Proceedings of Higher Education*, No.: 3 (59). Available from: [http://archvuz.ru/2017\\_3/x](http://archvuz.ru/2017_3/x). (in Russian)

Article submitted 16.10.2017

The online version of this article can be found at: [http://archvuz.ru/2017\\_4/6](http://archvuz.ru/2017_4/6)

© A.V. Korotich 2017

© USAAU 2017