

ГРАФИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ НЕПРИЗМАТИЧЕСКИХ ВЫПУКЛЫХ МНОГОГРАННИКОВ ПЛОТНЕЙШЕГО ЗАПОЛНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА

Коротич Андрей Владимирович

доктор архитектуры,
чл.-корр. РААСН, профессор МААМ,
заслуженный изобретатель России,
старший научный сотрудник НИЧ,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный архитектурно-художественный университет»
Россия, Екатеринбург, e-mail: avk-57@usaaa.ru

УДК: 72.01

ББК: 85.1

АННОТАЦИЯ

В статье развиваются актуальные аспекты авторской теории топологической организации форм непризматических выпуклых многогранников плотнейшего заполнения пространства, определены основные перспективные направления их развития. Показаны новые типы кристаллических оболочек, созданные автором в классе многогранных систем, а также способы их графического конструирования. Обозначены перспективы созданной теории непризматических выпуклых многогранников плотнейшего заполнения пространства в различных сферах фундаментальной науки, архитектуры и дизайна

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

формообразование, выпуклый многогранник, кристаллография, многоугольник, трехмерное пространство

Перспективы использования плотноупакованных многомодульных структур в дизайне и архитектуре практически безграничны: от упаковки и акустических многослойных ячеистых конструкций до многоблочных жилых структур в экстремальных средах (космос, вечная мерзлота и т. п.), а также критических условиях (техногенные и природные катастрофы, военные конфликты и др.). Следовательно, любые научные достижения в данной стратегической сфере могут рассматриваться как существенный вклад в технологический прогресс современной цивилизации.

Актуальная проблема заполнения трехмерного пространства одинаковыми (в т.ч. зеркально равными) выпуклыми непризматическими многогранниками уже на протяжении нескольких веков является краеугольной для различных областей фундаментальной науки. Она окончательно не решена до сих пор и поэтому привлекает пристальное внимание выдающихся ученых-теоретиков и экспериментаторов различных стран мира.

Базовые принципы общей теории равноэлементного структурирования пространства, которая создана автором на основе фундаментальных работ предшественников [1–2], частично изложены им в четырех ранее опубликованных статьях [3–6].

Цель настоящего исследования – более детально раскрыть и углубить некоторые существенные позиции предложенной авторской теории, дополнить и конкретизировать предложенные формотворческие технологии, тем самым обозначив новые перспективные пути развития сфе-

ры кристаллографического формообразования. Статья посвящена расширению номенклатуры выпуклых непризматических многогранников плотнейшего заполнения пространства, которые являются зеркально равными (в том числе одинаковыми) частями опубликованных автором ранее базовых многогранных модулей, но при этом способных при стыковке друг с другом образовывать самостоятельные, т. е. топологически разнородные (комбинаторно неизоморфные) результирующие плотноупакованные составные структуры.

Исследование проведено с использованием методики компьютерного графического экспериментально-поискового моделирования.

Для анализа выделены четырнадцать типов известных выпуклых непризматических базовых исходных модулей плотнейшего заполнения пространства (сводная таблица, верхний ряд), опубликованных в ранее указанных статьях.

Принципиальная методология графического конструирования, осуществленного в исследовании, заключается в том, что данные непризматические базовые модули подвергаются последовательным зеркальным подразделениям на более мелкие составные части, которые далее анализируются на предмет определения их способности образовывать новые самостоятельные комбинаторно/топологически неизоморфные составные многогранные структуры с плотнейшей компоновкой этих одинаковых (в том числе зеркально равных) частей. Стадии последовательного зеркального подразделения все уменьшающихся составных частей базовых модулей производятся до тех пор, пока очередной многогранник не потеряет способность образовывать зеркально симметричные части.

[Сразу же следует отметить, что в работе не рассматриваются многообразные выпуклые призматические модули (прямые или наклонные), способные при взаимной состыковке образовывать бесконечное число вариантов плотноупакованных структур].

1. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «А» (таблица). Данный модуль включает два зеркально симметричных противоположащих четырехгранных элемента из одинаковых ромбов; при этом боковая поверхность модуля образована четырьмя зеркально симметричными гранями в виде равнобедренных шестиугольников (модуль относится к типу параллелоэдров и часто именуется как «двусторонне заточенный карандаш»). В данном случае все операции подразделения осуществляются относительно оси симметрии, проходящей через противоположащие четырехгранные вершины, образованные двумя группами ромбов.

Первая стадия подразделения: зеркальные половины исходного модуля – а.1 – а.3 (горизонтальный блок 2), способные образовывать новые «слои» и «полосы» плотнейшего заполнения пространства. Дальнейшие стадии их последовательного зеркального подразделения (1/4, 1/8, 1/16 части в горизонтальных блоках 3, 4, 5) позволили определить ряд новых выпуклых многогранных модулей (а.4 – а.13), способных образовывать новые «слои», «стержни» и «бруски» плотнейшего заполнения пространства. Многогранные объемы а.12 и а.13 являются завершающей стадией зеркального подразделения модуля «А», так как не способны далее образовывать зеркально симметричные отсеки.

2. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «В» (таблица). Данный модуль – ромбододекаэдр – представляет собой параллелоэдр, содержащий два зеркально симметричных четырехгранных элемента из одинаковых ромбов; при этом данные элементы соединены по четырем вершинам и объединены четырьмя боковыми гранями в виде аналогичных ромбов. В данном случае все операции подразделения осуществляются относительно оси симметрии, проходящей через противоположащие четырехгранные вершины, образованные двумя группами ромбов.

Первая стадия подразделения: зеркальные половины исходного модуля – b.1 и b.2 (горизонтальный блок 2), способные образовывать новые «слои» и «полосы» плотнейшего заполнения пространства. Дальнейшие стадии их последовательного зеркального подразделения ($1/4$, $1/8$, $1/16$ части в горизонтальных блоках 3, 4, 5) позволили определить ряд новых выпуклых многогранных модулей (b.3 – b.12), способных образовывать новые «слои», «стержни», «бруски» и «полосы» плотнейшего заполнения пространства. Многогранные объемы b.11 и b.12 являются завершающей стадией зеркального подразделения модуля «В» – они в дальнейшем не способны образовывать зеркально симметричные части.

3. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «С» (таблица). Данный модуль представляет собой особую разновидность предыдущего: здесь все операции подразделения осуществляются относительно оси, проходящей через противоположные трехгранные вершины, образованные ромбами; при этом боковые грани представляют собой аналогичные ромбы или параллелограммы, смежные из которых расположены зеркально симметрично относительно друг друга.

Первая стадия подразделения: зеркальные половины и зеркальные трети исходного модуля – с.1 – с.3 (горизонтальный блок 2). Из них объемы с.1 и с.2 способны образовывать новые «слои» и «капсулы» плотнейшего заполнения пространства.

Дальнейшие стадии их последовательного зеркального подразделения ($1/4$ и $1/8$, а также $1/6$ части в горизонтальных блоках 3, 4) позволили определить новые выпуклые многогранные модули (с.4 – с.6), способные образовывать новые «стержни» плотнейшего заполнения пространства. Многогранный объем с.6 является завершающей стадией зеркального подразделения модуля «С». При этом автор не смог установить ни одной новой плотнейшей пространственной структуры, составленной из одинаковых модулей с.3.

4. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «D» (таблица). Данный модуль включает два зеркально симметричных противоположащих трехгранных элемента из одинаковых ромбов; при этом трехгранные элементы объединены шестью боковыми гранями в виде равнобедренных трапеций, смежные из которых расположены зеркально симметрично относительно друг друга.

Первая стадия подразделения: зеркальные половины и зеркальные трети исходного модуля – d.1 – d.3 (горизонтальный блок 2). Объемы d.1 и d.2 способны образовывать новые «слои» и «стержни» плотнейшего заполнения пространства.

Дальнейшие стадии их последовательного зеркального подразделения ($1/4$ и $1/8$, а также $1/6$ и $1/12$ части в горизонтальных блоках 3, 4) позволили определить ряд новых выпуклых многогранных модулей (d.4 и d.5, а также d.7 и d.8), способных образовывать новые «стержни» плотнейшего заполнения пространства. Многогранные объемы d.7 и d.8 являются завершающей стадией зеркального подразделения модуля «D». При этом автор не смог установить новых плотнейших пространственных структур, составленных из одинаковых модулей d.3 и d.6.

5. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «Е» (таблица). Данный модуль включает два противоположащих трехгранных элемента, каждый из которых включает равные ромбовидные грани; при этом ромбы в противоположащих трехгранных элементах различаются по величине, а противоположащие трехгранные элементы объединены шестью боковыми гранями в виде трех пар зеркально симметричных треугольников.

Первая стадия подразделения: зеркальные половины и зеркальные трети исходного модуля – e.1 – e.3 (горизонтальный блок 2). Объемы e.1 и e.2 способны образовывать новые «слои» и «капсулы» плотнейшего заполнения пространства.

Дальнейшие стадии их последовательного зеркального подразделения ($1/6$ части в горизонтальном блоке 3) позволили определить новые выпуклые многогранные модули (e.4 и e.5), способные образовывать новые «стержни» и «слои» плотнейшего заполнения пространства. Многогранные объемы e.4 и e.5 являются завершающей стадией зеркального подразделения модуля «Е». При этом автор не смог установить ни одной новой плотнейшей пространственной структуры, составленной из одинаковых модулей e.3.

6. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «F» (таблица). Данный модуль – усеченный октаэдр – представляет собой параллелепипед, у которого восемь правильных шестиугольных граней группируются по четыре вокруг шести квадратов с аналогичной длиной сторон.

Первая стадия подразделения: зеркальные половины исходного модуля – f.1 и f.2 (горизонтальный блок 2), способные образовывать новые «слои» плотнейшего заполнения пространства. Дальнейшие стадии их последовательного зеркального подразделения ($1/4$, $1/8$ и $1/16$ части в горизонтальных блоках 3, 4, 5) позволили определить ряд новых выпуклых многогранных модулей (f.3 – f.12), способных образовывать новые «слои», «стержни» и «бруски» плотнейшего заполнения пространства. Многогранные объемы f.10 – f.12 являются завершающей стадией зеркального подразделения модуля «F».

7. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «G» (таблица). Данный модуль – усеченный битетраэдр – образован шестью равными равнобедренными шестиугольниками, которые сгруппированы по три вокруг двух противоположащих равносторонних треугольников, параллельных друг другу; при этом между двумя зеркально расположенными тройками шестиугольников размещены три пары равнобедренных боковых треугольников.

Первая стадия подразделения: зеркальные половины и зеркальные трети исходного модуля – g.1 – g.4 (горизонтальный блок 2). Объемы g.1 – g.3 способны образовывать новые «слои», «бруски» и «капсулы» плотнейшего заполнения пространства.

Дальнейшие стадии их последовательного зеркального подразделения ($1/4$ и $1/8$, а также $1/6$ и $1/12$ части в горизонтальных блоках 3, 4) позволили определить ряд новых выпуклых многогранных модулей (g.5 – g.8, а также g.10 – g.12), способных образовывать новые «слои», «стержни» и «бруски» плотнейшего заполнения пространства. Многогранные объемы g.10 – g.12 являются завершающей стадией зеркального подразделения модуля «G». При этом автор не смог установить новых плотнейших пространственных структур, составленных из одинаковых модулей g.4 и g.9.

8. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «H» (таблица). Данный модуль включает два зеркально симметричных противоположащих трехгранных элемента из одинаковых ромбов; при этом трехгранные элементы объединены по контурным кромкам шестью боковыми гранями в виде трех пар зеркально симметричных равнобедренных треугольников.

Первая стадия подразделения: зеркальные половины и зеркальные трети исходного модуля – h.1 – h.4 (горизонтальный блок 2). Объемы h.1 – h.3 способны образовывать новые «слои», «стержни» и «бруски» плотнейшего заполнения пространства.

Дальнейшие стадии их последовательного зеркального подразделения ($1/4$ и $1/8$, а также $1/6$ и $1/12$ части в горизонтальных блоках 3, 4) позволили определить ряд новых выпуклых многогранных модулей (h.5 – h.8, а также h.10 – h.11), способных образовывать новые «стержни» и «бруски» плотнейшего заполнения пространства. Многогранные объемы h.10 и h.11 являются

завершающей стадией зеркального подразделения модуля «Н». При этом автор не смог установить новых плотнейших пространственных структур, составленных из одинаковых модулей h.4 и h.9.

9. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «I» (таблица). Данный модуль представляет собой объем, содержащий зеркально симметричный четырехгранный элемент из одинаковых ромбов; причем боковыми гранями модуля являются попарно равные противоположные зеркально симметричные прямоугольные пятиугольники и равнобедренные шестиугольники, нижние кромки которых объединены складкой из двух зеркально симметричных прямоугольных граней.

Первая стадия подразделения: зеркальные половины исходного модуля – i.1 и i.2 (горизонтальный блок 2), способные образовывать новые «полосы» плотнейшего заполнения пространства. Дальнейшие стадии их последовательного зеркального подразделения (1/4 части в горизонтальном блоке 3) позволили определить новые выпуклые многогранные модули (i.3 и i.4), способные образовывать новые непрерывные «полосы/ленты» с клиновидными противоположными участками, ограниченными острыми параллельными кромками, а также «стержни» плотнейшего заполнения пространства. Многогранные объемы i.3 и i.4 являются завершающей стадией зеркального подразделения модуля «I».

10. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «J» (таблица). Данный модуль представляет собой объем, содержащий зеркально симметричный четырехгранный элемент из одинаковых ромбов; причем боковыми гранями модуля являются попарно равные противоположные зеркально симметричные четырехугольники и равнобедренные треугольники, нижние кромки которых объединены складкой из двух зеркально симметричных прямоугольных граней.

Первая стадия подразделения: зеркальные половины исходного модуля – j.1 и j.2 (горизонтальный блок 2), способные образовывать новые «полосы» плотнейшего заполнения пространства. Дальнейшие стадии их последовательного зеркального подразделения (1/4 части в горизонтальном блоке 3) позволили определить новые выпуклые многогранные модули (j.3 и j.4), способные образовывать новые непрерывные «полосы/ленты» с клиновидными противоположными участками, ограниченными острыми параллельными кромками, а также «стержни» плотнейшего заполнения пространства. Многогранные объемы j.3 и j.4 являются завершающей стадией зеркального подразделения модуля «J».

11. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «K» (таблица). Данный модуль представляет собой комбинированный объем, где к противоположным квадратным основаниям центрального прямого параллелепипеда присоединены две одинаковые треугольные призмы, развернутые друг относительно друга на 90 градусов и образующие два равных ортогональных клиновидных участка.

Первая стадия подразделения: зеркальная половина исходного модуля – объем k.1 (горизонтальный блок 2), способный образовывать новые «полосы» плотнейшего заполнения пространства. Дальнейшая стадия его зеркального подразделения (1/4 часть в горизонтальном блоке 3) определяет новый выпуклый многогранный модуль k.2, способный образовывать новые «полосы» и «стержни» плотнейшего заполнения пространства. Многогранный объем k.2 является завершающей стадией зеркального подразделения модуля «K».

12. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «L» (таблица). Данный модуль представляет собой комбинированный объем из двух одинаковых треугольных призм, состыкованных по квадратной боковой грани, повернутых друг к другу на 90 градусов и образующих два равных ортогональных клиновидных участка.

Первая стадия подразделения: зеркальная половина исходного модуля – объем 1.1 (горизонтальный блок 2), способный образовывать новые «полосы» плотнейшего заполнения пространства. Дальнейшая стадия его зеркального подразделения (1/4 часть в горизонтальном блоке 3) определяет новый выпуклый многогранный модуль 1.2, способный образовывать новые «полосы» и «стержни» плотнейшего заполнения пространства. Многогранный объем 1.2 является завершающей стадией зеркального подразделения модуля «L».

13. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «M» (таблица). Данный модуль представляет собой объем, содержащий зеркально симметричный четырехгранный элемент из одинаковых ромбов; причем боковыми гранями модуля являются попарно равные противоположащие неправильные четырехугольники и равнобедренные треугольники, нижние кромки которых объединены наклонной прямоугольной гранью.

Первая и одновременно завершающая стадия подразделения исходного модуля «M»: его зеркальная половина – объем m.1 (горизонтальный блок 2), способный образовывать новые «полосы» плотнейшего заполнения пространства.

14. Многогранники последовательного зеркального подразделения базового исходного модуля «N» (таблица). Данный модуль представляет собой объем, содержащий зеркально симметричный четырехгранный элемент из одинаковых ромбов; причем боковыми гранями модуля являются попарно равные противоположащие неправильные пятиугольники и зеркально симметричные равнобедренные прямоугольные пятиугольники, нижние кромки которых объединены наклонной прямоугольной гранью.

Первая и одновременно завершающая стадия подразделения исходного модуля «N»: его зеркальная половина – объем n.1 (горизонтальный блок 2), способный образовывать новые «полосы» плотнейшего заполнения пространства.

Изображения всех типов полученных новых модулей плотнейших пространственных упаковок приведены в сводной таблице в горизонтальных блоках 2, 3, 4, 5 и выделены тоном. Многогранные части зеркального подразделения базовых исходных модулей, для которых автором не обнаружены новые плотноупакованные многогранные составные структуры, изображены в таблице в виде линейных рисунков.

В результате проведенных автором поисково-экспериментальных исследований можно сделать следующие общие выводы.

1. Установлено, что известные базовые исходные выпуклые многогранные модули плотнейшего заполнения трехмерного пространства (таблица, верхний ряд) с морфологической точки зрения представляют собой модифицированные простейшие прямые призматические объемы с однократными или многократными косыми (иногда – дополнительными ортогональными) усечениями. При этом в основании/поперечном сечении у исходных призматических объемов могут быть правильные многоугольники (треугольник, квадрат, шестиугольник и восьмиугольник), а также прямоугольный пятиугольник и семиугольник].

2. Выпуклые непризматические многогранные модули, полученные последовательным кратным/зеркальным подразделением/уменьшением известных базовых исходных выпуклых многогранных модулей плотнейшего заполнения трехмерного пространства (в том числе минимальные, т. е. не способные к дальнейшему зеркальному подразделению), представляют собой самостоятельные объемные элементы плотноупакованных многогранных структур, если они удовлетворяют обязательному условию способности одинаковых элементов компоноваться в «слои/плиты», «стержни/пилоны», «бруски», «полосы/ленты» и/или «капсулы», которые далее стыкуются друг с другом плотнейшим образом с образованием самостоятельных, т. е. тополо-

гически разнородных (комбинаторно неизоморфных) результирующих составных многогранных структур, будучи произвольно развернутыми или смещенными относительно друг друга.

3. Все типы полученных новых многогранных модулей плотнейшего заполнения пространства способны предварительно компоноваться в такие объемные элементы, как «слои/плиты», «стержни/пилоны», «бруски», «полосы/ленты» и/или «капсулы»; причем некоторые из модулей способны компоноваться одновременно в различные объемные элементы плотнейшего заполнения пространства.

4. Для отдельных многогранных частей зеркального подразделения базовых исходных модулей, имеющих как симметричную, так и асимметричную форму, автор не смог обнаружить новые плотноупакованные многогранные составные структуры на их основе. Поэтому вопрос о том, могут ли данные многогранные отсеки в процессе стыковки друг с другом плотнейшим образом заполнять трехмерное пространство, остается открытым. [Возможно, дальнейшие экспериментальные исследования позволят установить новые плотнейшие пространственные составные структуры на основе этих объемных элементов].

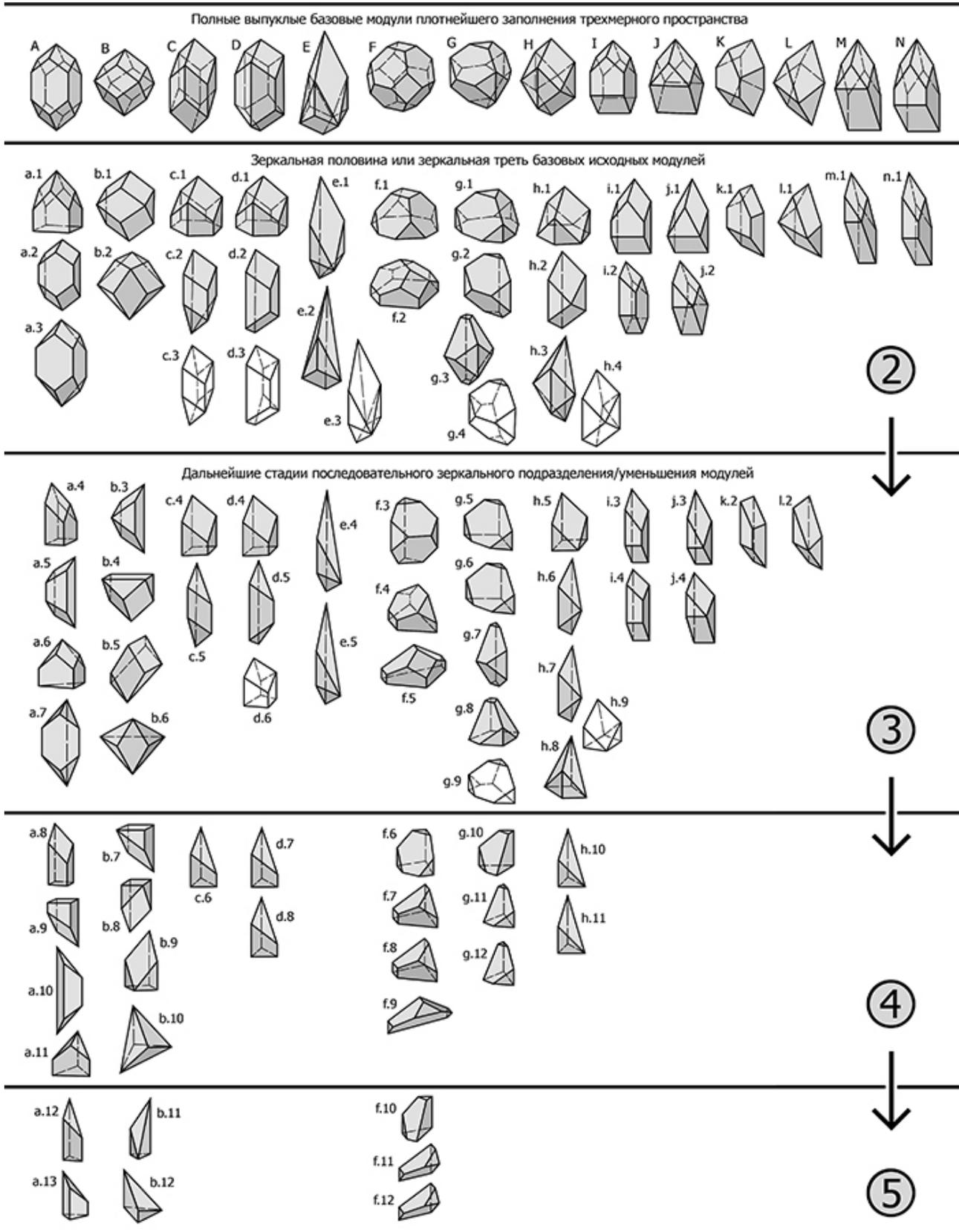
5. Полученные автором новые многогранные модули плотнейшего заполнения пространства могут иметь форму однократно или многократно усеченных призм, а также пирамид, бипирамид и сложноусеченных объемов.

6. В основании/поперечном сечении у полученных непризматических многогранников могут быть многоугольники различного очертания: треугольники (в том числе равносторонние, равнобедренные, прямоугольные), четырехугольники (в том числе квадраты и прямоугольники, параллелограммы, ромбы), прямоугольный пятиугольник, шестиугольники (в том числе правильные), правильный восьмиугольник, девятиугольник.

Заключение. На основе новаторских и трудоемких поисково-экспериментальных исследований автором определены ранее неизвестные типы самостоятельных выпуклых непризматических многогранных модулей плотнейшего заполнения пространства, представляющих собой зеркальные/кратные подразделения известных базовых исходных многогранников плотноупакованных структур. Это позволило не только кардинально разнообразить номенклатуру базовых модулей, но и существенно расширить спектр перспективных формотворческих возможностей геометрического моделирования/конструирования ранее неизвестных фундаментальной науке результирующих многогранных конгломератов, способных эффективно использоваться не только в дизайне и архитектуре, но также в кристаллографии, биохимии, микробиологии, физике твердого тела.

Стратегический приоритет в научно-изобретательских достижениях кристаллографического структурирования трехмерного пространства сегодня с очевидностью выходит за рамки собственно научных проблем- можно смело утверждать, что теперь это вопрос государственного престижа, технологической конкурентоспособности и национальной безопасности в контексте мирового научно-технического прогресса.

Новые типы выпуклых непризматических многогранных модулей плотнейшего заполнения пространства (горизонтальные блоки 2, 3, 4, 5), полученные последовательным зеркальным/кратным подразделением/уменьшением базовых исходных выпуклых непризматических многогранных модулей плотнейшего заполнения трехмерного пространства (верхний горизонтальный блок). Полученные одинаковые модули komponуются в «слои/плиты», «стержни/пилоны», «бруски», «полосы/ленты» и/или «капсулы», которые далее стыкуются друг с другом плотнейшим образом и произвольно разворачиваются или смещаются относительно друг друга с образованием самостоятельных, т.е. топологически разнородных (комбинаторно неизоморфных) результирующих составных многогранных структур.



Автор – Коротич А.В.

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 / Р.В. Галиулин. – М.: Наука, 1984. – 136 с.: ил.
3. Коротич, А.В. Кристаллографическая архитектура пространства / А.В. Коротич. – Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2017. – № 1. – С. 57–62.: ил.
4. Коротич, А.В. Новые технологии архитектурного моделирования пространства А.В. Коротич. – Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2017. – № 2. – С. 38–43.: ил.
5. 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.
6. Коротич, А.В. Конструирование компактных пространственных модульных структур [Электронный ресурс] / А.В. Коротич // Архитектон: известия вузов. – 2017. – № 4(60). – URL: http://archvuz.ru/2017_4/6.

Статья поступила в редакцию 13.08.2019

Лицензия Creative Commons

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



GRAPHIC DESIGN OF CLOSEST-PACKING NON-PRISMATIC CONVEX POLYHEDRA

Korotich Andrey V.

Doctor habil. (Architecture),
Corresponding member of the Russian Academy of Science and Civil Engineering,
Professor, International Academy of Architecture, Honored Inventor of Russia
Senior Researcher of the Research Unit,
Ural State University of Architecture and Art,
Russia, Yekaterinburg, e-mail: avk-57@usaaa.ru

ABSTRACT

The article presents a further development of current issues in the author's theory of topological arrangement of closest-packing non-prismatic convex polyhedra and identifies promising directions in their elaboration. New types of crystalline shells are demonstrated within the class of polyhedral systems and methods of their graphic design. Prospects for the use of the theory of closest-packing non-prismatic convex polyhedra in various fundamental sciences, architecture, and design are outlined.

KEYWORDS:

form generation, convex polyhedron, crystallography, polygon, 3D space

REFERENCES

1. Fedorov, E.S. (1953) Elements of the doctrine about figures. Moscow; Leningrad.: Academy of Sciences of the USSR. (in Russian)
2. Galiulin, R.V. (1984) Crystallographic geometry. Moscow: Nauka. (in Russian)
3. Korotich, A.V. (2017) Crystallographic architecture of spaces. Academic Bulletin of UralNIIproyekt of RAASN, No. 1, pp. 57–62. (in Russian)
4. Korotich, A.V. (2017) New technologies of architectural space modeling. Academic Bulletin of UralNIIproyekt of RAASN, No. 2, pp. 38–43. (in Russian)
5. Korotich, A.V. General theory of closest packing of three-dimensional space with equal polyhedra [Online]. Architecton: Proceedings of Higher Education, No. 3(59). Available at: http://archvuz.ru/en/2017_3/6. (in Russian)
6. Korotich, A.V. (2017) Designing of compact spatial modular structures [Online] Architecton: Proceedings of Higher Education, No. 4(60). Available at: http://archvuz.ru/en/2017_4/6. (in Russian)