

Academia. Архитектура и строительство, № 3, стр. 38–48.

Academia. Architecture and Construction, no. 3, pp. 38–48.

Исследования и теория

Научная статья

УДК 72.03:72.023

DOI: 10.22337/2077-9038-2026-3-38-48

Однополостный гиперboloид в мировой архитектуре

Коротич Андрей Владимирович (Екатеринбург). Доктор архитектуры, доктор искусствоведения, доктор технических наук, академик РААСН. Кафедра архитектуры Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Эл. почта: avk-57@inbox.ru

Плужникова Софья Эдуардовна (Москва). Кафедра конструкций зданий и сооружений Московского архитектурного института (государственной академии). Эл. почта: sofa1852@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрены основные вехи исторической эволюции формы однополостного гиперboloида в архитектуре различных стран и народов; произведён композиционный анализ основных формотворческих достижений отечественных и зарубежных зодчих и изобретателей при использовании этой формы в своих произведениях; систематизированы основные области эффективного функционального использования данной формы в архитектуре, а также известные ранее приёмы и способы композиционного моделирования гиперboloидных объектов. Представлены и классифицированы главные формотворческие способы получения новых гиперboloидных форм, разработанные авторами; показаны основные результаты авторского моделирования и определены перспективы использования авторских патентных и проектных разработок в архитектурно-строительной практике с приоритетом формирования оптимальной среды жизнедеятельности и гармонического развития современной градостроительной инфраструктуры.

Ключевые слова: однополостный гиперboloид, оболочка, линейчатая поверхность, два семейства образующих, покрытие, решётчатая башня, кривизна, пластика, композиционный акцент, архитектура советского авангарда

Для цитирования. Коротич А.В., Плужникова С.Э. Однополостный гиперboloид в мировой архитектуре // Academia. Архитектура и строительство. 2026. № 3. С. 38–48. DOI: 10.22337/2077-9038-2026-3-38-48.

Single-Cavity Hyperboloid in World Architecture

Korotich Andrey V. (Ekaterinburg). Doctor of Sciences in Architecture, Doctor of Sciences in Art History, Doctor of Sciences in Technology, Academician of RAACS. The Department of Architecture the Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin. E-mail: avk-57@inbox.ru

Pluzhnikova Sofia E. (Moscow). The Department of Building and Structure of the Moscow Institute of Architecture (state Academy). E-mail: sofa1852@yandex.ru

Abstract. The main milestones of the historical evolution of the form of a single-cavity hyperboloid in architecture of various countries and peoples are considered; a compositional analysis of the main form-making achievements of domestic and foreign architects and inventors when using this form in their works is performed; the main areas of effective functional use of this form in architecture are systematized, as well as previously known techniques and methods of compositional modeling of hyperboloid objects. The main formative methods for obtaining new hyperboloid shapes developed by the authors are presented and classified; the main results of the author's modeling are shown and the prospects for using the author's patent and design developments

in architectural and construction practice are determined with the priority of creating an optimal living environment and the harmonious development of modern urban infrastructure.

Keywords: single-cavity hyperboloid, shell, ruled surface, two families of generators, coating, lattice tower, curvature, plastic, compositional accent, architecture of the Soviet avant-garde

For citation. Korotich A.V., Pluzhnikova S.E. Single-Cavity Hyperboloid in World Architecture. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2026, no. 3, pp. 38–48, doi: 10.22337/2077-9038-2026-3-38-48.

Цель настоящей работы – установить закономерности и особенности вековой эволюции такой архитектурной формы мирового зодчества, как однополостный гиперboloид, проследив пути её возникновения, становления и формотворческой модификации в процессе эволюции, а также предложить и систематизировать новые авторские способы моделирования и повышения пластической выразительности современных архитектурных решений с её использованием.

Начальный этап эволюции морфотипа (известные решения)

Вполне вероятно, что истоки появления гиперboloидной архитектуры следует искать в древнейших культурах, и прежде всего – в египетской, такие формы наделялись особыми эзотерическими, символическими, религиозными или ритуальными качествами (рис. 1 а). Также прослеживается интенсивное

использование гиперboloидных форм в древней культовой архитектуре Юго-Восточной Азии (Бирма, Таиланд, Непал), например, в буддийских храмовых комплексах Индейн и Лумбини (рис. 1 б). Эстетика форм, похожих на вогнутые воронки-дудочки, в том числе с узкой горловиной в середине и раструбами-расширениями на концах, пронизала все жизненные сферы некоторых ближневосточных и южноазиатских культур – от предметов быта и произведений изобразительного искусства до объектов зодчества.

Пройдя сквозь века, гиперboloидная форма неожиданно всплыла в архитектуре на стыке XIX–XX веков в работах русского инженера-изобретателя В.Г. Шухова (первая реализация в 1896), который воплотил в решётчатом варианте известную на протяжении нескольких веков в начертательной геометрии поверхность однополостного гиперboloида вращения с двумя семействами образующих (рис. 2 а). В дальнейшем он реализовал абсолютно новаторскую идею – построение многоярусной башни в виде «гирлянды», где отдельные гиперboloидные звенья соосно установлены друг на друга и соединены по соответствующим равным кольцевым основаниям (рис. 2 б).

Необходимо отметить, что практически параллельно с ним на рубеже веков интенсивную работу по использованию гиперboloидных отсеков различной конфигурации в своих архитектурных произведениях осуществлял Антонио Гауди: его архитектурными биографами установлен факт применения таких форм в интерьере собора Саграда Фамилия [2].

В русле авангарда был выполнен знаменитый проект комплекса зданий Наркомтяжпрома (арх. И.И. Леонидов, 1934), включающий два объёма гиперboloидной конфигурации (рис. 3). Стилистика этих двух объёмов принципиально различна и отсылает зрителя как к уже упомянутой культуре Древнего Египта, так и к ростральным колоннам в Санкт-Петербурге [1]. Вполне возможно, что у данных объёмов имеется и какой-то другой, скрытый от нас сакральный смысл, заложенный автором. В первом случае (рис. 3 а) низкий компактный гиперboloидный объём имеет активную, ярко выраженную кривизну и многоцветное живописное оформление гладкой поверхности. Во втором случае (рис. 3 б) высотная гиперboloидная башня со слабо выраженной кривизной и сетчатой фактурой (ячеистым рисунком) на криволинейной поверхности содержит примыкающие к оболочке по всей высоте оригинальные пластические детали, расположенные в шахматном порядке – консольные грибовидные выступы.



Рис. 1¹. Артефакты древних культур как прототипы современных архитектурных гиперboloидных форм: а) Египет (источник [1]); б) Юго-Восточная Азия



Рис. 2. Советский авангард. Решётчатые башни В.Г. Шухова как наиболее ранний пример использования формы однополостного гиперboloида в современной архитектуре: а) водонапорная башня в селе Полибине. 1896 год; б) радиобашня в Москве. 1922 год

В эпоху расцвета авангарда (1930-е) в литературе также приводятся описания и рисунки комплекса гиперboloидных градирен в Хенсбруке, Нидерланды (рис. 4), раскрывая новые возможности широкого использования таких форм в промышленной архитектуре [1].

Следующий поворотный пункт в развитии гиперboloидной архитектуры – проекты и постройки Рене Саржера (1960-е). В настоящей статье приведены два его кардинально отличающихся объекта, содержащих гиперboloиды. В кафедральном соборе Нотр-Дам-д'Африк (Алжир, 1956) изящная гладкая бетонная гиперboloидная башня – акцентирующий композиционный элемент – служит покрытием главного зала (рис. 5 а) и завершена складчатой ротондой со шпилем. Снаружи поверхность башни имеет графические ритуальные изображения; при этом сама башня пластически сопряжена с более низким объёмом, имеющим порталные крупноскладчатые членения. В противоположность сложно-составной композиции собора, водонапорная башня в Бени-Сафе (Алжир) выполнена одиночной (рис. 5 б) и расширяется от меньшего по диаметру основания раструбом вверх, образуя зонтичную консольную конфигурацию. При этом фактура внешней поверхности бетонной оболочки оформлена радиальными криволинейными рёбрами-образующими, увеличивающими жёсткость сооружения и одновременно определяющими его эффектную светотеневую картину при любом освещении.

Весьма неравнодушным к особой эстетике гиперboloидных форм оказался и Оскар Нимейер. В разные периоды времени им созданы знаковые произведения мирового зодчества с использованием гиперboloидов, имеющих кардинально различную трактовку. Так, если в кафедральном соборе Бразилиа (1970; рис. 6) низкий предельно расчленённый объём здания, имеющий активную кривизну и пластику, характерен наличием изогнутых по радиальным образующим криволинейных остроугольных рёбер-складок, верхние участки которых образуют своеобразную «корону» над кругом плоской кровли, а между смежными складками размещены треугольные наклонные сетчатые витражи, то в

телебашне бразильской столицы, возведённой в 2007–2012 годах (рис. 7), основной высотный гиперboloидный ствол выполнен предельно целостным, гладким, со слабо выраженной кривизной, и прорезан снизу доверху ленточным витражом с расположенным у кровли ритмическим рядом круглых светопроёмов. Дополнительную выразительность композиции придают детали – большие двухсторонние консольные кронштейны с круглыми площадками, накрытыми стеклянными куполами, а также ярко-красная решётчатая пирамидальная структура завершения.

Разумеется, такой мэтр современного зодчества, как Ле Корбюзье также не мог обойти своим вниманием эстетически выразительную гиперboloидную форму, завершив ею известный комплекс Ассамблеи в индийском Чандигархе, возведённый в 1951–1962 годах (рис. 8). Здесь главный композиционный акцент – косо срезанная гладкая бетонная гиперboloидная башня, расположенная над центральным залом здания и сопряжённая с вертикальным стволом коммуникаций над плоской кровлей.

Решётчатая телебашня в Гуанчжоу (2010, Китай, комп. «ARUP») характерна тем, что впервые в мировой практике аппроксимирует поверхность эллиптического однополостного гиперboloида, образованного трубчатыми образующими лишь одного из семейств (рис. 9 а), благодаря чему закрученный в одну из сторон вихрь скрещивающихся трубчатых образующих придаёт динамичность общей композиции ствола.

Телебашня в Кобэ (1963, Япония), является практически полной имитацией шуховской конструкции 1922-го года (трубчатые образующие двух семейств формируют линейчатую структуру решётчатой оболочки, перехваченную в различных уровнях кольцевыми поясами). Отличием является ярко-красный цвет каркаса и дизайн кольцевых поясов (рис. 9 б).

Одним из самых изящных архитектурных воплощений гиперboloидной формы является телебашня «Aspire Sports City Tower» (2007, Доха, Катар, арх. Хади Симаан): гладкая остеклённая поверхность с идеальными пропорциями косо срезана в верхней части оболочки, формируя впечатляющий

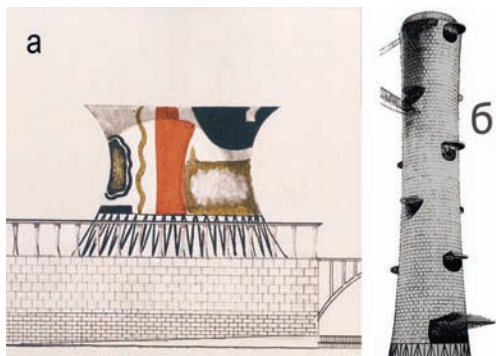


Рис. 3. Советский авангард. Гиперboloидные объёмы составной композиции комплекса Наркомтяжпрома. Архитектор И.И. Леонидов (источник: [1, с. 120 – конкурсный проект Наркомтяжпрома. Фрагмент фасада])



Рис. 4. Комплекс гиперboloидных башенных градирен в Хенсбруке (источник: [1])

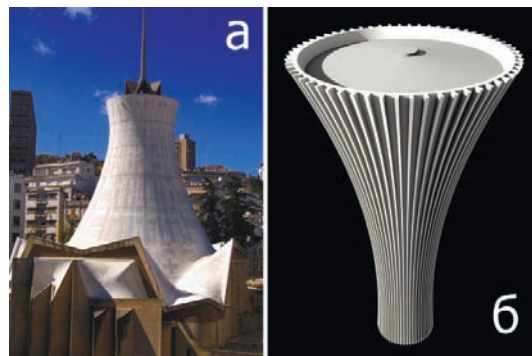


Рис. 5. Работы Р. Саржера: а) гиперboloидное завершение кафедрального собора в Алжире; б) водонапорная башня в Алжире. Рисунок А.В. Коротича

криволинейный силуэт (рис. 9 в, г). Необходимо отметить различие проектной концепции и реализованного решения: изначально по проекту оболочка башни должна была паркетироваться зеркальным стеклом, образующим двухсторонний симметричный изогнутый ступенчатый контур (рис. 9 в), что придало бы сооружению ещё большее изящество; при этом реализованный вариант (рис. 9 г) содержит оформление верхней части оболочки крупноразмерной треугольной каркасной решёткой.

Гиперboloидная зеркальная стеклянная оболочка офисного здания «Tornado Tower» (2008, Доха, Катар, компания CICO), получившая главный приз Совета по высотным зданиям и городской среде (CTBUH²) как лучшее высотное здание Ближнего Востока (рис. 10), имеет умеренно выраженную контурную/силуэтную кривизну и оформлена выступающим наружу металлическим диагональным ребристым каркасом, создающим на остеклённой поверхности регулярную сеть из ромбовидных ячеек. Здесь также характерно отличие проектной концепции (рис. 10 а) от воплощённого решения (рис. 10 б), где стекло выполнено прозрачным и сквозь него видны горизонтальные междуэтажные перекрытия; при этом завершение башни представлено чётко читаемой зигзагообразной кольцевой «коронай», образованной верхними участками ромбов наружного каркаса.



Рис. 6. Кафедральный собор в Бразилиа, Бразилия. Архитектор О. Нимейер



Рис. 7. Телебашня в Бразилиа, Бразилия. Архитектор О. Нимейер



Рис. 8. Дворец Ассамблеи в Чандигархе, Индия. Архитектор Ле Корбюзье



Рис. 9. Телебашни: а) Гуанчжоу, Китай; б) Кобэ, Япония (источник: [3]); в, г) «Эспайр Тауэр» (Aspire Sports City Tower), Катар. Архитектор Х. Симаан

Агроэкологический комплекс с многоярусным/террасным расположением консольных платформ для выращивания сельскохозяйственных культур «Скай-Фарм» (SkyFarm) (арх. бюро Rogers Stirk Harbour + Partners Inhabitat) расположен внутри гиперboloидной остеклённой башни, соединённой с наружным металлическим каркасом и завершающейся ветровым генератором (рис. 11). Гиперboloидная оболочка здесь выполняет две взаимосвязанные функции: она является климатической машиной, обеспечивающей оптимальную циркуляцию воздуха и воды (наподобие градирни), а также символическим образом будущего, в котором архитектура и природа сливаются в единый продуктивный организм.

Выделяется исключительно изящным силуэтом и телебашня вблизи города Либерец (1968, Чехия), где многоярусный гиперboloидный объём с чередующимися сплошными и решётчатыми поясами плавно переходит в шпиль.

Высотная гиперboloидная башня с врезанным в неё плоскогранным объёмом, чётко выделенными светлыми кольцевыми ленточными ярусами этажей и косым плоским усечением расширяющейся кверху остеклённой оболочки является главным композиционным акцентом футбольного комплекса «ЦСКА-Арена» в Москве (арх. А.В.Боков и Д.В.Буш; рис. 12). Она установлена в углу основного четырёхугольного кольцевого объёма, ограждающего футбольное поле, и в полной мере игнорирует основную композиционную аксиому, которую хорошо усвоили все выдающиеся зодчие современности, использующие эту выразительную форму: однополостный гиперboloид чрезвычайно сложно удачно сопрягать/пересекать с другими равными по габаритам формами, и в первую очередь, – с контрастными плоскогранными объёмами. В данном случае наиболее пластически выразительный фасад башни, образованный гиперboloидным отсеком с чётко выявленными криволинейными контурными линиями силуэта, обращён в парк, окружающий стадион.

Разумеется, развитие гиперboloидной архитектуры современности не ограничивается рассмотренными выше

² The Council on Tall buildings and Urban Habitat (CTBUH) – международная организация, занимающаяся вопросами высотного строительства).

конкретными примерами воплощения этой уникальной формы – по всему миру таких зданий и сооружений множество, и они весьма разнообразны. Но приведённые примеры являют собой наиболее важные, яркие вехи в развитии гиперболоидного формообразования. Их морфологический анализ позволил выявить следующие главные направления их функционального использования и основные приёмы композиционного моделирования.

1. Широкое функциональное назначение: покрытия/оболочки общественных зданий (с образованием гиперболоидных интерьеров), телебашни, промышленные теплообменники/градирни, резервуары/водонапорные башни, трубчатые оболочки многоэтажных высотных зданий, сооружения сельскохозяйственной экологической инженерии (агрофермы), малые формы средового дизайна (стелы, смотровые площадки, павильоны). Гиперболоидные формы всех перечисленных групп функциональной типологии могут являть собой одиночные/автономные объекты, составлять групповые композиции, а также быть композиционными акцентами сложно-составных архитектурных комплексов.

2. Использование различных типов фактуры наружной поверхности оболочек: гладкая поверхность с графическими изображениями (иногда цветными); радиальные криволинейные рёбра-образующие, расположенные с различной частотой; вынесенный наружу металлический решётчатый несущий каркас; выступающие ребристые детали витражной конструкции остеклённых оболочек, образующие различные сетчатые рисунки; чередование кольцевых остеклённых и непрозрачных ленточных полос.

3. Акцентированное выявление криволинейных силуэтных/контурных линий.

4. Косой срез верхней части оболочки.

5. Завершение объёма складчатыми ротондами, шпилями, решётчатыми башенками, резервуарами, элементами наружного каркаса и выступающими над кровлей деталями витражной конструкции.

6. Создание многоярусных конструкций-«гирлянд» из соединённых по кольцевым основаниям соосных гиперболоидных блоков.

7. Наличие выступающих из тела оболочки различных пластических деталей.

8. Формы с расширением кверху (консольные, зонтичные), расширением книзу или с равными основаниями используются примерно в равных соотношениях.

9. В редких случаях выполняется сопряжение криволинейной оболочки с плоскогранными/складчатыми композиционными элементами, а также используются трубчатые прямолинейные скрещающиеся образующие лишь одного из семейств для создания вихревого спирального динамического визуального эффекта.

Перспективы эволюции морфотипа: новые авторские решения

Отсечение фрагментов гладкой поверхности исходной однослойной классической гиперболоидной модели

Первый вариант способа заключается в отсечении двумя параллельными плоскостями частей оболочки по пересекающимся линиям двух семейств образующих с получением парных треугольных плоскостей на двух фасадах (рис. 13). Характерная композиционная черта решения заключается в том, что пары полученных плоских треугольных сечений на противоположных сторонах гиперболоидной оболочки смыкаются в центральных вершинах, расположенных на её стрикционной линии (горловине); при этом каждая пара сечений образует динамичный Х-образный контур. К сторонам плоских сечений примыкают противоположные криволинейные части остеклённой оболочки, верхние участки которых вынесены над плоскостью кровли. Разновидность решения предполагает дополнение общей зеркально симметричной композиции завершающей соосной геосферой, установленной на плоскость кровли.



Рис. 10. Офисное здание «Торнадо Тауэр» (Tornado Tower). Катар [4]



Рис. 11. Башня комплекса «СкайФарм» (SkyFarm)



Рис. 12. Комплекс «ЦСКА-Арена» в Москве. Архитекторы А.В. Боков, Д.В. Буш

Второй вариант способа заключается в отсечении части гиперboloидной оболочки плоскостями, пересекающимися на её оси. В случае, приведённом на рисунке 14 а, удалена 1/3 часть исходной оболочки; причём модель дополнена внутренним соосным гиперboloидным усечением, формирующим трубчатый объём. В результате на главном фасаде акцентированно выделены изогнутые очертания плоских торцов сечений, определяющие выразительность силуэта сооружения. Дополняет композицию соосная геосфера, завершающая гиперboloидный объём, а также ребристая входная группа, имеющая очертание обратного конуса.

В случае, приведенном на рисунке 14 б, оставлена 1/8 часть узкой кольцеобразной исходной оболочки, которая установлена вертикально; при этом изогнутая поверхность отсека фронтального фасада транслирована на противоположащий тыльный фасад обратной стороной. Композиционные выразительные качества: различие конфигурации фронтального и тыльного фасадов по обратной выпуклости отсеков, серповидный характер силуэта, ритмическое чередование стеклянных и непрозрачных изогнутых пластических членений (полос) на параллельных плоскостях боковых фасадов, дополнительное остроугольное цилиндрическое усечение верхней части объёма, выделение на гиперboloидных поверхностях объёма чередующихся разноцветных остеклённых полос, наличие в композиции эллипсоида входной группы, охваченного вогнутой нижней частью оболочки фронтального фасада.

Третий вариант способа заключается в отсечении части гиперboloидной оболочки плоскостью, нормальной оси. В

представленном варианте (рис. 15) гиперboloидная оболочка, являющаяся центральным композиционным элементом составного объёма и включающая остеклённую поверхность, дополненную изогнутыми радиально расположенными выступающими рёбрами, частично усечена горизонтальной плоскостью; при этом главной композиционной чертой решения является продолжение 1/3 части исходной оболочки с рёбрами над плоскостью усечения, придающее динамичность облику сооружения.

Отсечение фрагментов поверхностей многослойной исходной гиперboloидной модели, образованной соосными подобными гиперboloидными объёмами, вставленными друг в друга

Способ заключается в отсечении участков наружного гиперboloидного слоя (рис. 16). Так, на рисунке 16 а показана составная композиция, включающая наружный гладкий гиперboloидный слой, из которого удалены противоположащие 1/4 части объёма; при этом две оставшиеся части пересекаются с внутренним гиперboloидным слоем, поверхность которого имеет активную фактуру (горизонтальное кольцевое оребрение). Композиционные черты концепта: резкий контраст фактурного решения поверхностей соосных объёмов, завершение составной композиции соосной геосферой со шпилем, наличие сквозного проёма между геосферой и внутренним гиперboloидным объёмом, наличие входной группы в виде ребристого обратного конуса.

На рисунке 16 б показана двухслойная гладкая гиперboloидная оболочка с отсечённым участком наружного слоя наклонной плоскостью, из-под которого выступает соосная



Рис. 13. Отсечение фрагментов гладкой поверхности исходной однослойной классической гиперboloидной модели. Первый вариант способа. Разработки и рисунки А.В. Коротича

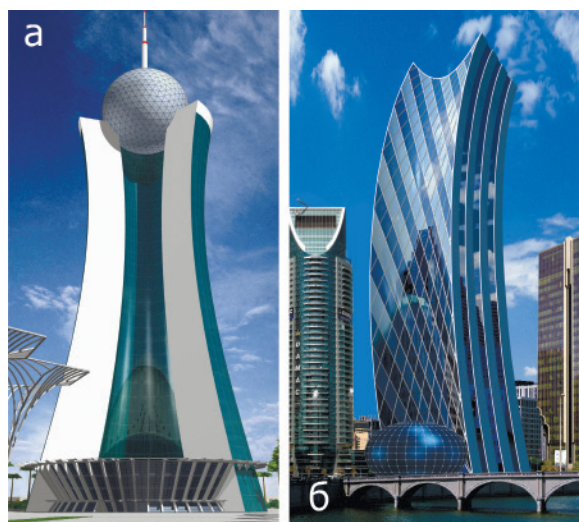


Рис. 14. Отсечение фрагментов гладкой поверхности исходной однослойной классической гиперboloидной модели. Второй вариант способа. Разработки и рисунки А.В. Коротича



Рис. 15. Отсечение фрагментов гладкой поверхности исходной однослойной классической гиперboloидной модели. Третий вариант способа. Разработки и рисунки А.В. Коротича

внутренняя оболочка. Здесь выразительность композиции достигается за счёт выявления изящных дугообразных линий сечения, общего динамичного силуэта, а также встречных дугообразных контурных кромок завершения двух сопряжённых объёмов.

Разновидность способа предусматривает усечение верхнего слоя исходной двухслойной гиперboloидной оболочки системой параллельных наклонных плоскостей и последующее устранение участков верхнего слоя через один (рис. 17). Результирующая структура отличается выразительным пластическим рисунком оставшихся на внутреннем гиперboloидном объёме участков верхнего слоя.

Аппроксимация формы однополостного гиперboloида отсеками линейчатых развёртываемых поверхностей

Данный способ предусматривает задание составной формы гиперboloидных оболочек соединёнными по боковым криволинейным кромкам отсеками цилиндрических или конических поверхностей (рис. 18). Так, на рисунке 18 а представлена оболочка, образованная вогнутыми ленточными цилиндрическими полосами одинаковой ширины, которые чередуются с цилиндрическими отсеками такой же кривизны, имеющими вогнутую линзообразную конфигурацию. Такой вариант задания оболочки обуславливает снижение трудоёмкости её изготовления из однотипных сборных мелкогазмерных блоков прямоугольной конфигурации в случае её значительных газмеров (газдирия). В структуре оболочки смежные вогнутые ленточные полосы могут смыкаться друг с другом в точках на стрикционной линии гиперboloида (горловине). В

результате между ними возникают верхние и нижние треугольные цилиндрические отсеки той же кривизны (рис. 18 б). Композиционная выразительность предложенных решений основана на пластической разработке поверхностей ленточных полос (мелкогазтурная газталировка), а также возможности обустройства кольцевых газлерей и сквозного пересечения гиперboloидной формы с призматическим горизонтальным объёмом (концепт на рис. 20 в). Дополняет указанные композиционные качества эффектньй зубчатый силуэт башни.

Аппроксимация формы однополостного гиперboloида складчатыми развёртываемыми оболочками, содержащими плоские или изогнутые грани

Первый вариант способа. Эффектные гиперboloидные складчатые оболочки могут быть получены путём изгиба исходной плоской ленточной развёртки, где ширина ленты на противоположных концах является различной, и наклонные складки выполнены однонаправленными (рис. 19). Здесь закрученная форма сооружения определяет её композиционную динамичность и выразительное спиралеобразное остроугольное силуэтное завершение.

Второй вариант способа. Гиперboloидные формы также могут быть образованы путём кольцевого изгиба и соединения противоположащих кромок складчатой ленты одинаковой ширины, где складки выполнены наклонными к продольным сторонам ленты (рис. 20 а). В образованной таким способом оболочке (рис. 20 б) складки расположены по направлению образующих одного из семейств, что определяет преднапря-



Рис. 16. Отсечение фрагментов поверхностей многослойной исходной гиперboloидной модели, образованной соосными подобными гиперboloидными объёмами, вставленными друг в друга. Разработки и рисунки А.В. Коротича



Рис. 17. Отсечение фрагментов поверхностей многослойной исходной гиперboloидной модели, образованной соосными подобными гиперboloидными объёмами, вставленными друг в друга. Разновидность способа. Разработка и рисунок А.В. Коротича

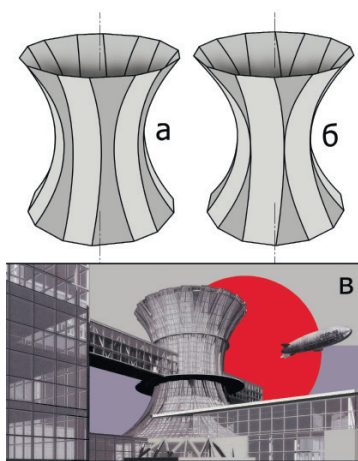


Рис. 18. Аппроксимация формы однополостного гиперboloида отсеками линейчатых развёртываемых поверхностей. Разработка и рисунки С.Э. Плужниковой и А.В. Коротича

жённое линейное искривление граней и общую деформативность структуры – данное качество может использоваться при изготовлении опалубки железобетонных конструкций [5]. Если необходимо повысить общую жёсткость такой складчатой оболочки, в структуру модели вводятся трубчатые элементы внешнего каркаса, соединённые с наружными рёбрами складок и расположенные во встречном направлении по образующим второго семейства (рис. 20 в).

Образование кольцевых составных композиций с аппроксимацией общей формы однополостного гиперboloида складчатыми плоскогранными развёртываемыми оболочками

На рисунке 21 показаны варианты сплошных кольцевых гиперboloидных оболочек со складчатой развёртываемой поверхностью, включающей модульные шестиугольные складки. Последние могут иметь два диагональных параллельных ребра (рис. 21 а), либо включать одно центральное ребро (рис. 21 б) и стыкуются вдоль дуги (гиперболической образующей), определяя выразительную регулярную складчатую фактуру результирующих трубчатых форм.

Аппроксимация формы однополостного гиперboloида складчатыми оболочками, составленными из отсеков неразвёртываемых линейчатых поверхностей

Рёбристые гиперboloидные формы могут быть образованы однотипными наклонными четырёхугольными отсеками линейчатых поверхностей трёх типов, вставленными между

двумя смежными линейными образующими гиперboloида и соединёнными по боковым кромкам. Если параллельные противолежащие основания составной формы представляют собой подобные замкнутые многоугольники с прямыми сторонами, то составляющие элементы боковой поверхности представляют собой отсеки гиперболического параболоида с двумя семействами образующих (рис. 22 а). Если же одно из оснований оболочки очерчено окружностью, то составляющие элементы являются отсеками коноида (рис. 22 б). А если оба основания составной оболочки очерчены окружностями, то составляющие её элементы выполнены в виде отсеков цилиндриоида (рис. 22 в). Полученные результирующие рёбристые оболочки обладают повышенными прочностными и аэродинамическими качествами. Вместе с тем гиперboloидные формы могут аппроксимироваться встречными складками из гиперболических параболоидов (рис. 22 г), соединёнными по зигзагообразному срединному ребру из прямых отрезков, если основания – многоугольники [6], либо из коноидов (рис. 22 д: основания – окружности) или цилиндриоидов (основания – окружности, а срединное зигзагообразное ребро составлено из кривых).

Образование составных композиций из решётчатых отсеков гиперboloидной оболочки, в том числе кольцевых, а также с аппроксимацией общей формы однополостного гиперboloида

Отсеки гиперboloидных оболочек могут представлять собой не только сплошную поверхность, но и выполняться

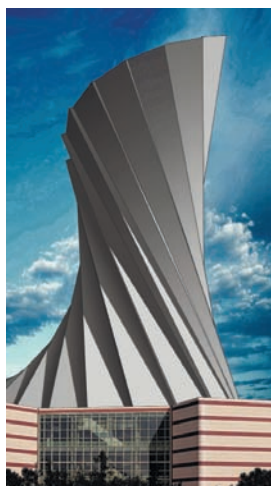


Рис. 19. Аппроксимация формы однополостного гиперboloида складчатыми развёртываемыми оболочками, содержащими плоские или изогнутые грани. Первый вариант способа. Разработка и рисунок А.В. Коротича

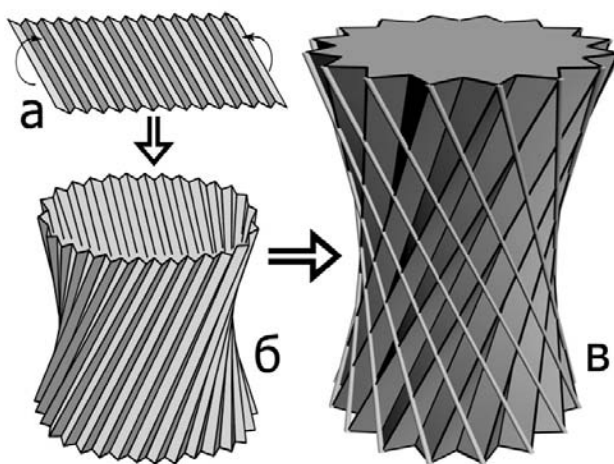


Рис. 20. Аппроксимация формы однополостного гиперboloида складчатыми развёртываемыми оболочками, содержащими плоские или изогнутые грани. Второй вариант способа. Разработка и рисунок А.В. Коротича

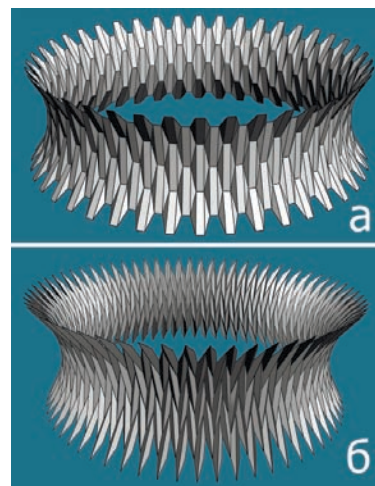


Рис. 21. Образование кольцевых составных композиций с аппроксимацией общей формы однополостного гиперboloида складчатыми плоскогранными развёртываемыми оболочками. Разработка и рисунок А.В. Коротича

решётчатыми. На рисунке 23 представлены кольцевидные составные композиции из гиперболических отсеков решётчатого типа с выделением линейчатых образующих одного семейства. При этом данные типовые решётчатые отсеки могут быть составлены радиально с образованием результирующих форм гиперболической (рис. 23 а) и эллипсоидальной конфигураций (рис. 23 б), а также многих других.

С использованием полученных авторами вышеописанных результирующих базовых форм гиперболических оболочек могут быть получены многоярусные/многозвенные составные структуры-гирлянды. (Технология формообразования таких структур является разновидностью способа, предложенного В.Г. Шуховым для моделирования многоярусных башен из гиперболических соосных звеньев). Здесь соосные ярусы-звенья последовательно сгруппированы вдоль оси сооружения, имеют различную величину и ориентированы соответствующими по размеру основаниями в одну сторону. При этом ярусы в совокупности могут аппроксимировать обобщённую гиперболическую форму объекта.

Аппроксимация формы однополостного гиперболического многоярусными/многозвенными составными структурами-гирляндами

Первый вариант способа. На рисунке 24 а показан комплекс водонапорных башен в виде зонтичных/консольных воронок, установленных на меньшее основание и включающих ленточные кольцевые складчатые ярусы, вплотную примыкающие друг к другу по замкнутым полигональным основаниям. Каждый ярус представляет собой скрученный призматойд с параллельными подобными основаниями и боковой складчатой поверхностью из треугольников. В

результате целостная составная структура каждой воронки-гиперболического имеет динамичную закрученную в одну сторону «вихревую» поверхность.

Второй пример – гиперболическая многогранная башня (рис. 24 б), включающая кольцевые ярусы из разновеликих призматойдов (деформированных антипризм) с многогранной боковой поверхностью из треугольников, соединённых по торцевым кольцеобразным полигональным основаниям.

Второй вариант способа. В данном случае, в отличие от вышеописанных примеров, боковая скрученная поверхность каждого из разновеликих кольцевых ярусов (рис. 25 б) сборной гиперболической башни составлена из одинаковых отсеков поверхности гиперболического параболоида и образована сжатием вдоль оси исходной модели (рис. 25 а). Результирующая составная гиперболическая оболочка (рис. 25 в) обладает не только выразительными визуальными качествами, но и повышенной местной жёсткостью, которая сочетается с высокими аэродинамическими свойствами фактурной поверхности [7].

Третий вариант способа. Башенная структура промышленного теплообменника-градирни (рис. 26) образована ритмически расположенными соосными автономными разновеликими ярусами, последовательно вставленными друг в друга с зазором и в совокупности аппроксимирующими ступенчатую гиперболическую форму. Каждый ярус содержит внешнюю тонкостенную коническую оболочку, обращённую меньшим основанием вверх и сопряжённую по меньшему основанию с внутренней оболочкой, имеющей обратную ориентацию. Композицию такого многоярусного сооружения отличает не только техническая эффективность (повышенная интенсивность охлаждения теплоносителя [8]), но и выразительный

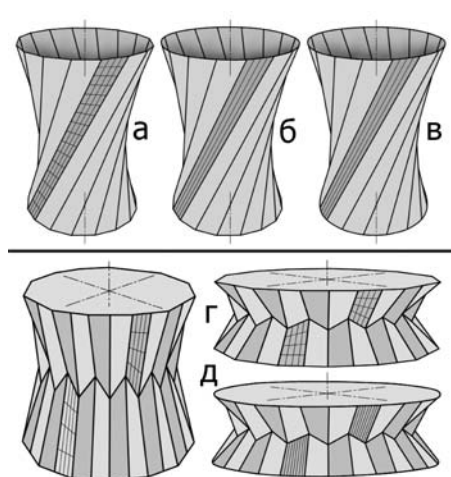


Рис. 22. Аппроксимация формы однополостного гиперболического многоярусными/многозвенными составными структурами-гирляндами, составленными из отсеков неразвёртываемых линейчатых поверхностей. Разработки и рисунки А.В. Коротича и С.Э. Плужниковой

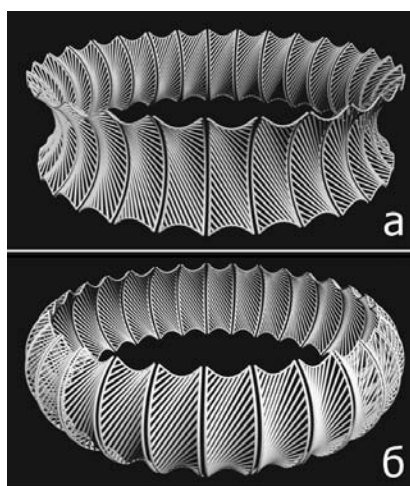


Рис. 23. Образование составных композиций из решётчатых отсеков гиперболической оболочки, в том числе. кольцевых, а также с аппроксимацией общей формы однополостного гиперболического. Разработки и рисунки А.В. Коротича

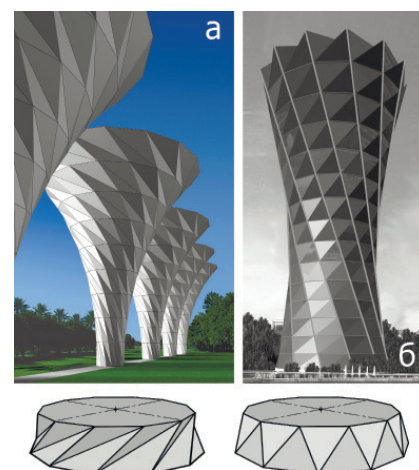


Рис. 24. Аппроксимация формы однополостного гиперболического многоярусными/многозвенными составными структурами-гирляндами. Первый вариант способа. Разработки и рисунки А.В. Коротича

ступенчатый силуэт объекта, способствующий организации эффектного ночного светодизайна.

Вместе с тем необходимо отметить, что возможности многовариантного моделирования различных многозвенных архитектурных форм на основе описанных базовых гиперболоидных оболочек отнюдь не ограничиваются условием обязательного создания обобщённой гиперболоидной формы объекта.

Композиционное моделирование многоярусных/многозвенных составных структур-гирлянд произвольного очертания с использованием отсеков поверхности однополостного гиперболоида

Композиция башенного сооружения (рис. 27) образована соосными подобными ярусами-звеньями, последовательно установленными друг на друга и убывающими по величине от основания к вершине. Каждый ярус представляет собой зонтичный/консольный отсек гладкой гиперболоидной поверхности с большим верхним основанием, а верхняя часть яруса имеет трёхкратное ритмическое повторение. Вся гирлянда соосных ярусов сооружения охвачена боковыми изогнутыми рёбрами, стабилизирующими статическую работу каркаса конструкции. Пластическую выразительность представленной составной композиции определяют: ориентация ярусов в гирлянде консольными раструбами вверх, где регулярный ритм последовательно «вырастающих» друг из друга элементов воплощает «динамику раскрытия» и придаёт структуре природообразный облик; общий динамичный силуэт составной структуры, определяемый очертанием боковых изогнутых рёбер, сомкнутых в центральной осевой вершине; трёхкратная ритмическая трансляция верхнего участка в структуре каждого гиперболоидного яруса; возможность различного фактурного оформления зонтичной оболочки ярусов

(витражные декоративные или солнцезащитные решётки с различным рисунком, ритмически чередующиеся кольцевые полосы и др.); возможность организации эффектного ночного светодизайна, где каждый из ярусов может быть выделен своим цветом.

Заключение

В работе обобщены и систематизированы известные и разработанные авторами способы моделирования актуальных архитектурных форм зданий и сооружений с использованием оболочек однополостного гиперболоида как выразительной композиционной основы современных произведений архитектуры. Представленные в статье конкретные авторские алгоритмы моделирования, результирующие оболочки и архитектурно-художественные концепты с их использованием являют собой новые инструменты, расширяющие палитру выразительных средств современной архитектуры, где эстетика формы и её техническая эффективность – главные исходные мотивы авторского формотворчества.

Пластическая выразительность – одно из ключевых понятий теории и практики формообразования в русле современной архитектуры, определяющее эстетическую состоятельность и, соответственно, эмоциональную окраску искусственной среды жизнедеятельности. Прошедшую сквозь века архитектурную форму однополостного гиперболоида, получившую самые различные объёмно-декоративные и конструктивные интерпретации, в том числе в творчестве всемирно известных зодчих и проектных бюро, можно считать актуальной альтернативой массовой унылой и заурядной прямоугольной «контейнерной» архитектуре категории «коммерческой недвижимости», задавшей новые эстетические стандарты пластического искусства в сфере мирового зодчества. В нашей стране исходной точкой развития гиперболоидной архитектуры в общем процессе её

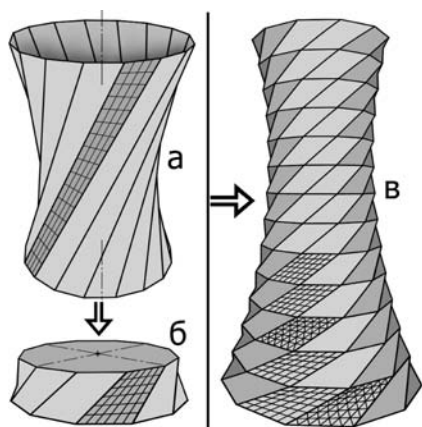


Рис. 25. Аппроксимация формы однополостного гиперболоида многоярусными/многозвенными составными структурами-гирляндами. Второй вариант способа. Разработки и рисунки А.В. Коротича

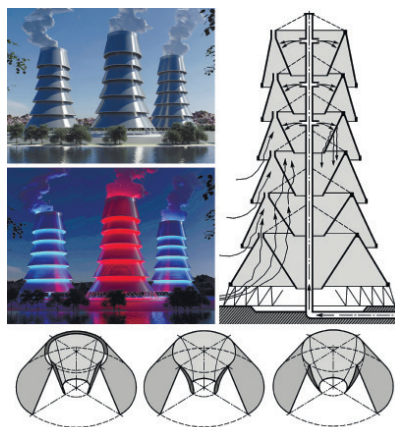


Рис. 26. Аппроксимация формы однополостного гиперболоида многоярусными/многозвенными составными структурами-гирляндами. Третий вариант способа. Разработки и рисунки А.В. Коротича



Рис. 27. Композиционное моделирование многоярусных/многозвенных составных структур-гирлянд произвольного очертания с использованием отсеков поверхности однополостного гиперболоида. Разработки и рисунки А. Коротича

эволюции явилось зодчество советского авангарда: мастерами конструктивизма (И.И. Леонидовым, В.Г. Шуховым) были созданы выдающиеся произведения, изображения и описания которых опубликованы в научных и популярных книгах, учебниках и туристических проспектах во многих странах мира.

Процессы формообразования в мировом зодчестве никогда не прерывались, и в дальнейшем откроются новые перспективные возможности повышения пластической выразительности градостроительной среды с использованием новых типов эстетически совершенных и технически эффективных гиперболоидных оболочек в зданиях и сооружениях широкой типологической номенклатуры.

Список источников / References

1. Хан-Магомедов, С.О. Иван Леонидов. М. : Фонд "Русский авангард", 2010. 368 с. (Кумиры авангарда)

Khan-Magomedov S.O. Ivan Leonidov. Moscow, "Russian Avant-Garde", 2010, 368 p. (Idols of the Avant-Garde) (In Russ.)

2. Gaudí. La busqueda de la forma: espacio, geometría, estructura y construcción / ред. Daniel Giralt-Miracle. Barcelona : Lunwerk, 2002. 166 s.

Daniel Giralt-Miracle (ed.). Gaudí. La busqueda de la forma: espacio, geometría, estructura y construcción. Barcelona, Lunwerk, 2002. 166 s. (In Spanish)

3. Фролова, Е.А. 100 самых удивительных достижений современной архитектуры / Е.А.Фролова. М. : Эксмо, 2011. 232 с.

Frolova E.A. 100 Most Amazing Achievements of Modern Architecture. Moscow, Eksmo Publ., 2011, 232 p.

4. Коротич, А.В. Небоскрёб как произведение пластического искусства : монография / А.В. Коротич. Екатеринбург : Архитектон, 2018. 404 с.

Korotich A.V. A Skyscraper as a Work of Plastic Art, a monograph. Ekaterinburg, Architecton Publ., 2018. 404 p. (In Russ.)

5. Коротич, А.В. Способ изготовления опалубки гиперболических оболочек : А.с. 1645418 СССР, МКИ E04G 11/04. № 4626794/33 Оpubл.30.04.91, бюл. № 16.

Korotich A.V. Method of Manufacturing the Formwork of Hyperbolic Shells, Copyright Certificate № 1645418 USSR, MCI E04G 11/04. Publ. 30.04.91, Byul. no. 16.

6. Коротич, А.В. Оболочка сборная : патент РФ № 92069, МПК E04H 5/12; E04B 7/10. Оpubл. 10.03.10; бюл. № 7.

Korotich A.V. Shell Combined, Patent RF 92069 RUS, IPC E04H 5/12; E04B 7/10. Publ. 10.03.10, Byul. no. 7.

7. Коротич А.В., Коротич М.А. Оболочка высотного здания или сооружения : патент РФ № 105321, МПК E04B 1/24; E04H 5/12. Оpubл. 10.06.11, бюл. № 16.

Korotich A.V., Korotich M.A. The Shell of a High-Rise Building or Structure, Patent RF №105321 RUS, IPC E04B 1/24; E04H 5/12, Publ.10.06.11, Byul. no. 16.

8. Коротич А.В. Сооружение : патент РФ № 116543, МПК E04H 5/12. Оpubл. 27.05.12, бюл. № 15.

Korotich A.V. Construction. Patent RF №116543 RUS, IPC E04H 5/12. Publ.05/27/12, Byul. no. 15.