

Иванов Алексей Юрьевич

*старший преподаватель, Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
Россия, г. Владимир*

Горбанева Елизавета Владимировна

*студент, Владимирский государственный университет имени Алек-
сандра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Россия,
г. Владимир*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОПОЛОСТНЫХ ГИПЕРБОЛОИДОВ ВРАЩЕНИЯ В АРХИТЕКТУРЕ

Аннотация: В данной статье рассказывается о том, история и современные тенденции использования однополостных гиперboloидов вращения в архитектуре и строительстве. Проанализированы уникальные геометрические и конструктивные свойства двояколинейчатых поверхностей, позволяющие возводить сложные криволинейные оболочки из прямолинейных элементов. Прослежена эволюция формы от исторического наследия В. Г. Шухова и модернистских экспериментов О. Нимейера до современных параметрических проектов и высотных зданий с диагональными сетчатыми структурами (diagrid).

Ключевые слова: однополостный гиперboloид, линейчатая поверхность, Владимир Шухов, сетчатые конструкции, параметрическая архитектура, пространственные системы, конструктивная эффективность, диагональная сетка (diagrid), устойчивая архитектура, алгоритмическое проектирование.

Abstract: This article discusses the history and current trends in the use of single-hull hyperboloids of revolution in architecture and construction. It analyzes the unique geometric and structural properties of biconvex surfaces, which allow for the construction of complex curved shells using straight elements. The article traces the evolution of form from the historical legacy of Vladimir Shukhov and the modernist experiments of Oscar Niemeyer to contemporary parametric designs and high-rise buildings with diagonal grid structures (diagrid).

Keywords: single-hull hyperboloid, linear surface, Vladimir Shukhov, mesh structures, parametric architecture, spatial systems, structural efficiency, diagonal grid (diagrid), sustainable architecture, and algorithmic design.

Архитектура всегда находилась на пересечении искусства и инженерной мысли, а геометрия служила универсальным языком, объединяющим эстетическое и конструктивное начала. Среди множества математических форм, применяемых в зодчестве, однополостный гиперboloид вращения занимает особое место. Эта поверхность, обладающая уникальными механическими и геометрическими свойствами, на протяжении более чем ста лет вдохновляет инженеров и архитекторов на создание сооружений, которые одновременно отличаются структурной эффективностью, материальной экономичностью и выразительной динамичной эстетикой [1]. В эпоху устойчивого развития и параметрического проектирования интерес к гиперboloиду переживает новый виток, трансформируясь из исторического наследия в актуальный инструмент цифрового формообразования.

Однако для архитектуры и строительной механики важнейшим свойством этой фигуры является то, что она относится к классу двояко-линейчатых поверхностей. Это означает, что через любую точку гиперboloида можно провести две прямые линии, которые целиком будут лежать на этой поверхности [2].

Это позволяет конструировать сложные криволинейные оболочки, используя исключительно прямолинейные элементы (балки, стержни, колонны). Гиперboloидная сетчатая конструкция может быть собрана из прямых стержней постоянного или переменного сечения.

История внедрения гиперboloидов в архитектуру неразрывно связана с именем выдающегося русского инженера и архитектора Владимира Григорьевича Шухова. В 1896 году он получил патент на «Сетчатую башню», предложив использовать гиперboloидную геометрию для создания высотных конструкций [3].

До Шухова высотные башни строились на основе тяжелых криволинейных арок и сложных систем раскосов, требующих огромных затрат металла. Шухов же предложил принципиально иное решение: он сконструировал башню в виде вращающегося гиперboloида, состоящего из прямых стержней, образующих диагональную сетку (рис. 1). Эта конструкция была в разы легче аналогов, обладала высокой жесткостью и требовала минимальных затрат металла.



Рисунок 1. Башня Шухова в Москве

С появлением мощных вычислительных комплексов и алгоритмического проектирования, интерес к гиперboloидам вспыхнул с новой силой. Современные архитекторы больше не ограничиваются классическими поверхностями вращения. Используя методы параметрического моделирования (например, в среде Rhino/Grasshopper), проектировщики могут деформировать, скручивать и комбинировать гиперboloидные сетки, создавая сверхсложные пространственные структуры [4].

Ярким примером современной интерпретации является Телебашня в Гуанчжоу (Canton Tower, архитекторы Марк Хемел и Барбара Куит, 2010) (рис. 2). В основе ее облика лежит «супергиперboloид» — структура, образованная двумя эллипсами в основании и на вершине, которые смещены и повернуты друг относительно друга. Прямые стержни, соединяющие эти эллипсы,

образуют гиперболоидную сетку, которая обеспечивает зданию невероятную жесткость на кручение и изгиб.



Рисунок 2. Телебашня в Гуанчжоу

Современные небоскребы с диагональными сетчатыми фасадами, такие как Hearst Tower в Нью-Йорке (Norman Foster) или небоскребы компании SOM, также опираются на принципы, заложенные Шуховым. Диагональная сетка, работающая по принципу гиперболоидной оболочки, позволяет отказаться от традиционных вертикальных колонн по периметру, освобождая пространство и снижая расход стали, по сравнению с рамными конструкциями.

Особое внимание современные исследователи уделяют использованию гиперболоидных форм в сочетании с новыми материалами. Расчет позволяет оптимизировать сечение каждого прямолинейного стержня в гиперболоидной сетке индивидуально, добиваясь идеального баланса между формой, нагрузкой и расходом материала [5]. В контексте современной парадигмы устойчивого развития, использование однополостных гиперболоидов приобретает особое значение. Принцип «делать больше с меньшими затратами», заложенный В. Г. Шуховым, является основой зеленой архитектуры.

Библиографический список:

1. Аддис Б. Building: 3000 years of design, engineering and construction / Bill Addis. — London : Phaidon Press, 2015. — 672 p. — ISBN 978-0-7148-6863-9.
2. Глазырин А. В. Архитектурная геометрия : учебное пособие / А. В. Глазырин ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Уральский федеральный ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург : Изд-во УрФУ, 2015. — 160 с. — ISBN 978-5-321-02673-3.
3. Кудрявцев Е. М. Владимир Григорьевич Шухов. Первое в мире сетчатое покрытие и другие изобретения / Е. М. Кудрявцев. — Москва : УМЦ ПК, 2014. — 288 с. — ISBN 978-5-905448-18-8.
4. Солдатов А. П. Архитектурная геометрия : учебное пособие / А. П. Солдатов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Московский архитектурный ин-т (Гос. акад.). — Москва : Архитектура-С, 2018. — 176 с. — ISBN 978-5-9647-0243-1.
5. Чинг Ф. Д. К. Архитектура. Форма, пространство, композиция / Фрэнсис Д. К. Чинг ; пер. с англ. — Москва : Астрель, 2012. — 304 с. — ISBN 978-5-271-38716-6.