

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ПОВЕРХНОСТИ В АРХИТЕКТУРЕ МОСКВЫ

И.А. МАМИЕВА, ассистент

Российский университет дружбы народов, Москва

117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; i_mamieva@mail.ru

В связи с ростом интереса к проектированию, расчету и применению архитектурно-строительных конструкций и сооружений в форме разнообразных гладких и составных поверхностей было бы интересно проиллюстрировать применение аналитических поверхностей в архитектуре Москвы. В статье приводятся фотографии и анализируются сооружения и конструкции в Москве, очерченные по аналитическим поверхностям. Оказалось, что в Москве нашли применение только 14 поверхностей из 550 описанных в научной литературе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: аналитические поверхности, архитектура, гражданские сооружения, промышленные сооружения, архитектура малых форм

В последние 2-3 года появилось несколько монографий, например, [1, 2], сборников научных трудов [3-5] и научных статей, например, [6-9], в которых анализируются возможности применения канонических и неканонических аналитических поверхностей в архитектуре зданий, конструкций, изделий. Это говорит о возросшем интересе к рассматриваемой проблеме.

Расширенное применение аналитических поверхностей неканонических форм для моделирования новых зданий и конструкций предсказывали Ф. Кандела и А.М. Хаас. Первый писал: «Было бы трагично, если в умах молодой генерации архитекторов победило производство кубических структур на прямоугольном плане, которое воспринималось бы как синоним всей архитектуры», а проф. А.М. Хаас, президент Международной ассоциации по оболочкам (1966 г.), подчеркивал, что «Люди, строящие оболочки, - передовые люди; их объединяет стремление к новым формам, к новым путям решения проблем».



Рис. 1. Стилизованный глобус на Новом Арбате



Рис. 2. Дом К.С. Мельникова (круговой цилиндр)

Известно, что существует 38 классов аналитических поверхностей, которые, в свою очередь, подразделяются на большое число подклассов и групп. В энциклопедии [10] представлено более 500 аналитических поверхностей, которые можно задать в явной, неявной, параметрической или векторной форме. Ее авторы утверждают, что до настоящего времени нашли применение в реальных

конструкциях и сооружениях только 5% аналитических поверхностей. Было бы интересно узнать, а сколько классов и подклассов поверхностей присутствуют в архитектуре зданий, конструкций и изделий такого большого региона, как город Москва.



Рис. 3. Основание
Останкинской телебашни



Рис. 4. Градирни в форме однополостного гиперboloида вращения

Исследование поставленной проблемы начнем с наиболее широко применяемых поверхностей в архитектуре – *поверхностей вращения*, которых в энциклопедии [10] насчитывается 54 вида. Яркими представителями сооружений, очерченных по поверхностям этого класса, являются московский планетарий (*параболоид вращения*), стилизованный *сферический* глобус на Новом Арбате (рис. 1), дом К.С. Мельникова (*цилиндрическая круговая поверхность*), рис. 2; нижняя часть Останкинской телебашни (*коническая круговая поверхность вращения*), рис. 3; градирни (рис. 4) и шаболовская радио-телебашня (*однополостный гиперboloид вращения*), купола церквей (*нодоид*), рис. 5; «Дом-яйцо» (поверхность «Яйцо»), рис. 6. Надстройка на крыше здания Бизнес-центра по 1-му Автозаводскому проезду, д. 4 очень похожа на половину поверхности «Ли-



Рис. 5. Купола церкви в Донском монастыре
(нодоидная поверхность)



Рис. 6. «Дом-Яйцо», ул. Машкова, Москва, арх. С. Ткаченко и О. Дубровский, 2002



Рис. 7. Бизнес-центр, Автозаводской проезд (поверхность «Лимон»)

мон» (рис. 7). Есть пример использования поверхности *эллипсоида вращения* – это ресторан, подвешенный к арочной конструкции Живописного моста (Звенигородский проспект), рис. 8.



Рис. 8. Живописный мост
(эллипсоид вращения)

Естественно предположить, что класс «*Поверхности второго порядка*» в архитектуре Москвы должен быть представлен наиболее полно, как наиболее известный класс. На рис. 9-11 показаны сооружения Москвы, поверхность которых очерчена по невырожденным поверхностям 2-го порядка. Всего имеется 17 поверхностей 2-го порядка, из которых для архитекторов могут представлять интерес 9

поверхностей. Часть из них нашла применение в архитектуре Москвы (рис. 1-4, 8-11). Из вырожденных поверхностей 2-го порядка применяются поверхности вращения параболы, окружности (рис. 1), гиперболы (рис. 4), эллипса (рис. 8),



Рис. 9. Павильон «Механизация»
на ВСХВ в Москве, 1939 г.
(параболический свод)

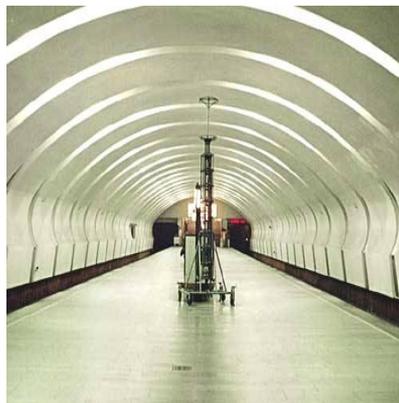


Рис. 10. Станция метро
«Коньково»
(эллиптический свод)

круговые цилиндры (рис. 2) и конусы (рис. 3). Как ни странно, в Москве не обнаружены сооружения, форма которых напоминала бы эллиптический параболоид, трехосный эллипсоид, двуполостный гиперболоид, гиперболический цилиндр, эллиптический конус или однополостный гиперболоид общего вида, хотя такие сооружения имеются во многих странах мира или в других городах России [1].

Класс «Кинематические поверхности» содержит в себе подклассы «Поверхности прямого переноса», «Ротативные поверхности» и «Спироидальные поверхности».

Поверхности прямого переноса использовались для покрытия нескольких крытых рын-



Рис. 11. Спортзал МГМСУ
(гиперболический параболоид)

ков в Москве, например, Черемушкинский рынок (рис. 12). Все они представляют собой пологие оболочки. Ротативные и спироидальные поверхности в архитектуре Москвы не найдены.

Перейдем к рассмотрению линейчатых поверхностей, которые содержат два подкласса: «Поверхности нулевой гауссовой кривизны» и «Поверхности отрицательной гауссовой кривизны». Поверхности нулевой гауссовой кривизны включают в себя цилиндрические, конические и торсовые поверхности. Этот подкласс поверхностей, если не считать цилиндрических (рис. 2, 9, 10) и конических поверхностей (рис. 3), в представлен в Москве только *торсом-геликоидом*, который можно видеть в разнообразных шнеках, винтах (рис.13).



Рис. 12. Черемушкинский рынок
(круговая поверхность прямого переноса)



Рис. 13. Якокопатель
(торс-геликоид)



Рис. 14. Винтовая лестница
в ТЦ «Калужский»

Линейчатые поверхности отрицательной гауссовой кривизны представлены 54 названиями поверхностей. Большинство из нашедших применение линейчатых поверхностей отрицательной гауссовой кривизны нашли применение в машиностроении, это – прямой, косой и конволютный геликоиды, линейчатый роторный цилиндриод; коноиды Плюккера, Циндлера; цилиндриоды Фрезера, Болла и дважды косой трохоидный цилиндриод [7]. В архитектуре Москвы есть *прямой геликоид* (винтовые лестницы, рис. 14, фрагмент наружного винтового подъема Ледового Дворца, рис. 15); однополостный гиперболоид вращения (рис. 4), гипар (рис. 11).



Рис. 15. Ледовый Дворец, Москва

Поверхностями зонтичного типа называются циклически симметричные поверхности, состоящие из нескольких тождественных элементов. Эту поверхность полностью можно задать параметрическими уравнениями. Зонтичным куполом называется циклически симметричная пространственная конструкция, образованная из нескольких тождественных элементов, в результате пересечения срединных поверхностей которых получаются кривые, являющиеся образующими некоторой куполообразной поверхности вращения. В этом случае каждый сегмент поверхности задается своими параметрическими уравнениями. На данный момент класс



Рис. 16. Московский цирк на пр. Вернадского

поверхностей зонтичного типа включает в себя 18 наименований поверхностей, но в Москве они не нашли применения. Зонтичные оболочки получили более широкое распространение в мировой практике строительства общественных сооружений, особенно после того, как ими занялись известные архитекторы и инженеры П. Нерви и Ф. Кандела. Ярким примером зонтичных оболочек является здание Большого Московского государственного цирка. Цирк был

построен по проекту архитектора Я. Белопольского в 1971 году и является самым крупным стационарным цирком во всем мире (рис. 16). Зрительский зал рассчитан на 3310 мест, а высота амфитеатра составляет тридцать шесть метров. Московский цирк на Вернадского обладает особыми техническими возможностями, которые позволяют творить в нем новаторские, оригинальные спектакли, музыкально-цирковые



Рис. 17. Покрытие Даниловского рынка в наши дни (5.06.2013)

ревью, зрелищные шоу.

Зонтичную поверхность можно видеть в очертаниях Даниловского рынка около м. Тульская (рис. 17).

Еще один класс поверхностей «Винтовые поверхности», помимо уже рассмотренных линейчатых винтовых поверхностей (рис. 13, 14), представлен в Москве цилиндрической (линейчатой) винтовой полосой (рис. 18) и нормальной винтовой циклической поверхностью одинакового ската (желоба дворовых детских площадок, рис. 19).



Рис. 18. Борт винтового подъема в форме цилиндрической винтовой полосы постоянного шага, ТЦ «Калужский»

Заключение

В настоящей статье автор не пыталась показать все пространственные структуры и оболочки г. Москвы, очерченные по аналитическим поверхностям. Здесь каждая аналитическая поверхность иллюстрируется только одним сооружением. В результате оказалось, что в Москве были использованы только 14 наименований аналитических поверхностей из 550 существующих на настоящее время. Для форм большого числа пространственных сооружений в Москве трудно подобрать аналог в виде аналитических поверхностей, т.к. они представляют собой аналитически неопределяемые поверхности (например, «Дом-утиуг», дом «Парус» на Ходынском поле, торгово-офисный центр "Китеж" у Киевского вокзала и др.).

Невероятные задумки великих архитекторов в сотрудничестве с не менее великими инженерами находили свое отражение в реальных сооружениях. Воплощая свои самые смелые идеи, создатели применяли необыкновенные формы и элементы. Одной из особенностей архитектуры в данном смысле является положение в основу формы здания какой-либо аналитической поверхности, что не могло не найти отражение в архитектуре Москвы. Прочность сооружения напрямую связана с той геометрической формой, которая является для него базовой. Математик бы сказал, что здесь очень важна геометрическая форма, в которую вписывается сооружение. Однако сейчас практически нет исследований, которые бы изучали влияние формы на прочность оболочки. Можно указать только на работы [11, 12]. Архитекторы до сих пор спорят о месте оболочечных сооружений в современной архитектуре, например, Р.Б. Фуллер так отзывался о своих архитектурных творениях: «Пусть архитекторы заливают об эстетику, заставляющей толпы богачей падать к их ногам. Я предпочту Купол, где стрессы и напряжения уходят прочь», но с другой стороны Г. Колонетти утверждал: «Мыслимые в конструкциях формы практически неисчерпаемы в своем многообразии».



Рис. 19. Детская горка

с той геометрической формой, которая является для него базовой. Математик бы сказал, что здесь очень важна геометрическая форма, в которую вписывается сооружение. Однако сейчас практически нет исследований, которые бы изучали влияние формы на прочность оболочки. Можно указать только на работы [11, 12]. Архитекторы до сих пор спорят о месте оболочечных сооружений в современной архитектуре, например, Р.Б. Фуллер так отзывался о своих архитектурных творениях: «Пусть архитекторы заливают об эстетику, заставляющей толпы богачей падать к их ногам. Я предпочту Купол, где стрессы и напряжения уходят прочь», но с другой стороны Г. Колонетти утверждал: «Мыслимые в конструкциях формы практически неисчерпаемы в своем многообразии».

Л и т е р а т у р а

1. *Кривошапко С.Н., Мамиева И.А.* Аналитические поверхности в архитектуре зданий, конструкций и изделий: Монография. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 328 с.
2. *Krasić Sonja.* Geometrijske površi u arhitekturi. – Građevinsko- arhitektonski fakultet Univerzitet u Nišu. – Štampa Galaksija, Niš, 2012 – 238 с.
3. Twelfth International Conference of Optimum Design of Structures and Materials in Engineering. – WITpress, editors W.P. De Wilde, C.A. Brebbia, S. Hernandez. –2012. –271 p.
4. *Иванов В.Н., Тхома Анамария.* Новые формы пространственных конструкций// О строительных конструкциях типа оболочек: Материалы Международной студенческой конференции, 23.11.2012. – М.: ГАКХиС, 2013. – С. 101-106.
5. *Иванов В.Н., Рынковская М.И.* К расчету пологого прямого геликоида// Тезисы докладов научной сессии «Прошлое и современное состояние исследований, проектирования и строительства тонкостенных пространственных конструкций». – Москва: МОО «Пространственные конструкции», 2013. – С. 23-24.
6. *Гринько Е.А.* Обзорные работы по геометрии, прочности, устойчивости, динамике и применению оболочек со срединными поверхностями различных классов// Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2012. – № 2. – С. 15-21.

7. Hyeng Christian A. Bock, Yamb E.B. Application of cyclic shells in architecture, machine design, and bionics// International Journal of Modern Engineering Researches. – 2012. – Vol. 2. – Iss. 3. – P. 799-806.
8. Soldatos K.P. Mechanics of cylindrical shells with non-circular cross-section: A survey// Applied Mechanics Reviews. – Vol. 52 (8), Aug. 1999. – P. 237-274.
9. Dušan Randelović. Surface geometry as an impression of contemporary architectonic forms// 3rd International Scientific Conference “moNGeometrija 2012”: Proceedings. – Serbia, Novi Sad, June 21-24, 2012. – P. 213-221.
10. Кривошапко С.Н., Иванов В.Н. Энциклопедия аналитических поверхностей. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 560 с.
11. Иванов В.Н., Кривошапко С.Н. Аналитические методы расчета оболочек неканонической формы: Монография. – М.: Изд-во РУДН, 2010. – 542 с.
12. Vuk Milošević, Vojislav Nikolić. The form – force relation in membrane structures// 3rd International Scientific Conference “moNGeometrija 2012”: Proceedings. – Serbia, Novi Sad, June 21-24, 2012. – P. 271-278.

References

1. Krivoshapko, S.N., Mamieva, I.A. (2012). Analytical surfaces in the Architecture of Buildings, Structures, and Details: Monograph, Moscow: «LIBROCOM», 328 p.
2. Krsić, Sonja. (2012). *Geometrijske površi u arhitekturi*, Građevinsko- arhitektonski fakultet Univerzitet u Nišu, Štampa Galaksija, Niš, 238 p.
3. Twelfth International Conference of Optimum Design of Structures and Materials in Engineering (2012), WITpress, editors W.P. De Wilde, C.A. Brebbia, S. Hernandez, 271 p.
4. Ivanov, V.N. and Thoma Anamariya (2013). New forms of spatial structures, *On Building Shell Structures*: Proc. of Intern. Student Conf., November 23, 2012, Moscow: GAKHiS, 104-106.
5. Ivanov, V.N., Rynkovskaya, M.I. (2013). On the analysis of a right shallow helicoid, *Proc. of Scientific Session “Past and Present Status of Investigations, Design, and Erection of Thin-Walled Spatial Structures”*, Moscow, Interregional Public Organization “Spatial Structures”, 23-24.
6. Grinko, E.A. (2012). The review works on geometry, strength, stability, dynamics, and the application of shells with middle surfaces of different classis, *Montazhnie i Spetsialnie Raboty v Stroitelstve*, № 2, 15-21.
7. Hyeng, Christian A. Bock; Yamb, E.B. (2012). Application of cyclic shells in architecture, machine design, and bionics, *Int. Journal of Modern Engineering Researches*, Vol. 2, Iss. 3, 799-806.
8. Soldatos, K.P. (1999). Mechanics of cylindrical shells with non-circular cross-section: A survey, *Applied Mechanics Reviews*, Vol. 52 (8), 237-274.
9. Dušan Randelović (2012). Surface geometry as an impression of contemporary architectonic forms, *3rd International Scientific Conference “moNGeometrija 2012”*: Proceedings, Serbia, Novi Sad, June 21-24, 2012, 213-221.
10. Krivoshapko, S.N., Ivanov, V.N. (2010). *Encyclopedia of Analytical Surfaces*, Moscow: «LIBROCOM», 560 p.
11. Ivanov, V.N., Krivoshapko, S.N. (2010). *Analytical Methods of Analysis of Shells of Non-canonical Forms*: Monograph, Moscow: Izd-vo RUDN, 542 p.
12. Vuk, Milošević, Vojislav, Nikolić (2012). The form – force relation in membrane structures, *3rd International Scientific Conference “moNGeometrija 2012”*: Proceedings, Serbia, Novi Sad, June 21-24, 2012, 271-278.

ANALYTICAL SURFACES IN THE ARCHITECTURE OF MOSCOW

I.A. Mamieva

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

In the view of increasing interest to design, calculation and the application of architectural structures in the form of various smooth and compound surfaces, it would be interesting to illustrate the application of analytical surfaces in architecture of Moscow. In this paper, photos are presented and structures and buildings in Moscow in the form of analytical surfaces are analyzed. It appeared that in Moscow, only 13 surfaces from 550 described in scientific works were used.

KEY WORDS: analytical surfaces, architecture, civil buildings, industrial structures, architecture of small forms.