

Параметрическая архитектура

Г.М. Кравченко, А.Ю. Манойленко, В.В. Литовка

Донской государственный технический университет

Аннотация: В статье рассмотрены аспекты параметрического моделирования, его ключевых особенностей, а также исследован вопрос актуальности данного направления в проектировании уникальных зданий и сооружений. Представлены поверхности, которые еще не приобрели массовый характер проектирования и возведения, либо не строились нигде ранее, но имеют высокий потенциал для того, чтобы в будущем стать большим украшением городской застройки.

Ключевые слова: параметрическая архитектура, параметрическое моделирование и проектирование, поверхность, оболочка, форма, кривизна.

Параметрическое моделирование – проектирование, в основе которого лежит использование параметров элементов, являющихся составной частью общей модели, а также соотношения между этими параметрами, определяющие геометрическую форму модели [1].

Параметрические модели различных поверхностей в архитектуре становятся все более востребованными, их количество при проектировании уникальных зданий с каждым годом увеличивается, поскольку у людей всё больше возникает творческая потребность создать что-то неповторимое [2].

Основное достоинство параметрического моделирования состоит в том, что за короткое время, изменив какой-либо параметр, можно существенно изменить геометрию модели [3]. При проектировании зданий и сооружений варьирование геометрических параметров может позволить снизить внутренние усилия в конечных элементах общей модели, а также принять наиболее рациональную конструктивную схему здания с минимальными затратами на возведение объекта [4].

Существенное отличие параметрического моделирования от обычного двумерного или трехмерного прежде всего в том, что модель задается математическими уравнениями в виде изменяющихся функций [5].

Такое моделирование стало доступно совсем недавно, поскольку для математических операций требовались мощные вычислительные комплексы. Лишь в 1989 году фирмам “Parametric Technology Corporation” и “Топ системы” удалось реализовать программные комплексы “Pro/Engineer” и “T-FLEX CAD” для трехмерного и двумерного параметрического моделирования соответственно [6].

Программное обеспечение для двумерного моделирования практически нигде не используются. Однако, современные программные комплексы трехмерного моделирования содержат в себе функцию работы с двумерными моделями.

Объектами параметрической архитектуры являются внешние геометрические формы модели, в частности, тонкостенные оболочки.

В строительстве используется весьма ограниченное количество тонкостенных конструкций: цилиндрические, сферические, пологие оболочки переноса, конические, оболочки вращения. Это лишь небольшая доля от существующего многообразия геометрических форм, разработанных геометрами, поэтому параметрическая архитектура имеет большой потенциал применения [7].

С точки зрения математики оболочки удобно исследовать как поверхности, поскольку форма оболочки характеризуется её срединной поверхностью.

На рис. 1 приведены срединные поверхности оболочек положительной и отрицательной гауссовой кривизны.

Уравнения поверхностей описываются дифференциальной геометрией.

Поверхность задается тремя параметрическими уравнениями:

$$x = x(u, v), y = y(u, v), z = z(u, v)$$

которые, в свою очередь, могут быть заданы в явной $z = z(x,y)$ и в неявной форме $f(x,y,z) = 0$. Геометрию поверхности определяют первая и вторая её квадратичная форма [8].

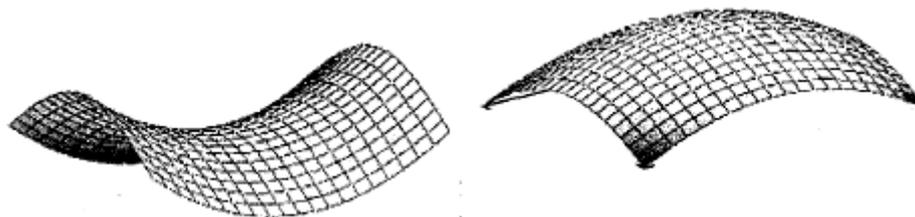


Рис. 1. – Срединные поверхности оболочек: а) отрицательной гауссовой кривизны; б) положительной гауссовой кривизны

Пекинский оперный театр в Китае, построенный в 2007 году, имеет форму, представляющую собой фрагмент эллипсоида – поверхности второго порядка (рис. 2).



Рис. 2. – Пекинский оперный театр в Китае

Его параметрическая форма задания выглядит следующим образом:

$$X=x(u,v) = a\sin(u)\cos(v);$$

$$Y=y(u,v) = b\sin(u)\sin(v);$$

$$Z=z(u,v) = c\cos(u);$$

где a,b,c – полуоси эллипсоида, u,v – кривизны поверхности в двух направлениях

Норман Фостер разработал проект реконструкции покрытия в Британском музее, представляющее собой оболочку сетчатой формы.

Получившаяся оболочка имеет тороподобную форму с радиусом кривизны около 50 метров (рис. 3).



Рис. 3. – Британский музей в Лондоне

Главная сложность для проектировщика заключалась в том, что одновременно с выпуклым и криволинейным очертанием самой оболочки нужно было обеспечить плавный переход от круглого опирания в центре конструкции к прямоугольному внешнему периметру [9].

Модель сетчатого покрытия музея из треугольных ферм, образующих фрагмент тора, который ограничен периметром прямоугольной формы, представлена на рис. 4.

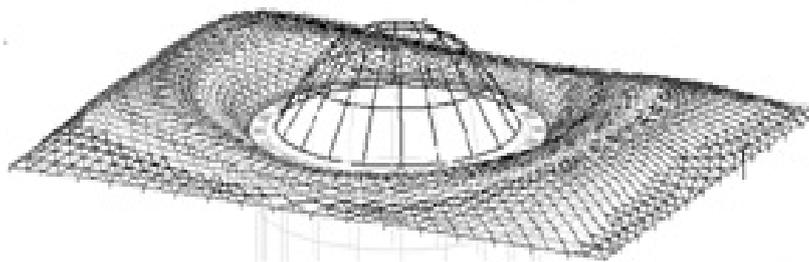


Рис. 4. – Аксонометрия поверхности покрытия Британского музея

Такая сложная расчетная схема была получена в программно-вычислительных комплексах. На основе конечно-элементной модели

исследовано напряженно-деформированное состояние сетчатого покрытия [10].

Метод конечных элементов позволяет моделировать объекты параметрической архитектуры, аппроксимируя здания и сооружения стержневыми, пластинчатыми и оболочечными элементами.

Параметрическая архитектура расширяет область применения метода конечных элементов и позволяет создавать уникальные высотные и большепролетные здания и сооружения. Однако, библиотека конечных элементов программного комплекса требует модернизации и расширения для проектирования уникальных поверхностей параметрической архитектуры [11].

Литература

1. Кравченко Г.М., Подолько К.П., Литовченко Т.А. Дигитальная архитектура // Инженерный вестник Дона, 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4517
2. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Ладная Е.В. Рациональное проектирование элементов пространственного каркаса здания // Инженерный вестник Дона, 2017, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3989
3. Исаева В.В., Н.В. Касьянов Фрактальность природных и архитектурных форм // Вестник ДВО РАН. 2006. № 5. с. 5-8
4. Бабич В.Н., А.Г. Кремлев О фрактальных моделях в архитектуре // Архитектон: известия вузов. 2010. № 30. с. 3-7
5. Jencks, Ch. Non-linear architecture. Architectural Design. 1997. V. 67. №9/10. pp. 98–106.
6. Лихобабин К.А., Шевнина А.П., Поморов С.Б. Параметрическая методология в работе архитектора // Вестник АлтГТУ им. И.И. Ползунова. 2015. №1-2. С. 223-226.



7. Надыршин Н.М. Параметризм как стиль в архитектурном дизайне // Вестник ОГУ. 2013. №1. С. 53-57.
8. Кривошапко С.Н., Иванов В.Н., Халаби С.М. Аналитические поверхности: материалы по геометрии 500 поверхностей и информация к расчету на прочность тонких оболочек. М.: Наука, 2006. 544 с.
9. Schumacher P. Parametricism A New Global Style for Architecture and Urban Design. AD Architectural Design. Digital Cities. London: John Wiley & Sons Ltd., 2009. V. 79. № 4. pp. 14-45.
10. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. Москва, 2002. С. 16–24, 46–126, 196–210.
11. Васильков Г.В. Теория адаптивной эволюции механических систем. Ростов-на-Дону: Терра-Принт, 2007. 248 с.

References

1. Kravchenko G.M., Podolko K.P., Litovchenko T.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4517.
 2. Kravchenko G.M., Truphanova E.V., Ladnaya E.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3989.
 3. Isaeva V.V. Vestnik DVO RAN. 2006. №5. pp. 5-8.
 4. Babich V.N., A.G. Kremlev Architeton: izvestia vysov. 2010. № 30. pp. 3-7.
 5. Jencks, Ch. Architectural Design. 1997. V. 67. № 9-10. pp. 98–106.
 6. Lihobabin K.A., Shevnina A.P., Pomorov S.B. Vestnik AltGTU im. I.I. Polzunova. 2015. №1-2. pp. 223-226.
 7. Nadyrshin N.M. Vestnik OGU. 2013. №1. pp. 53-57.
 8. Krivoshapko S.N., Ivanov V.N., Halabi S.M. Analiticheskie poverhnosti: materialy po geometrii 500 poverhnostej i informacija k raschetu na prochnost' tonkih obolochek [Analytical surfaces: materials of geometry of 500 surfaces and information for durability calculation of thin covers]. М.: Nauka, 2006. 544 p.
-



9. Schumacher P. AD Architectural Design. Digital Cities. London: John Wiley & Sons Ltd., 2009. V. 79. № 4. pp. 14-45.

10. Mandelbrot B. Fractal'naya geometria prirodi [The fractal geometry of nature]. Moskva, 2002. С. 16–24, 46–126, 196–210.

11. Vasil'kov G.V. Teoriya adaptivnoj jevoljucii mehanicheskikh system [The theory of adaptive evolution of mechanical systems]. Rostov-na-Donu: Terra-Print, 2007. 248 p.