

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2019, №1, Том 11 / 2019, No 1, Vol 11 <https://esj.today/issue-1-2019.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/18SAVN119.pdf>

Статья поступила в редакцию 30.01.2019; опубликована 21.03.2019

Ссылка для цитирования этой статьи:

Супрун Л.И., Супрун Е.Г., Игошева Е.Д. Геометрия и архитектура // Вестник Евразийской науки, 2019 №1, <https://esj.today/PDF/18SAVN119.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Suprun L.I., Suprun E.G., Igosheva E.D. (2019). Geometry and architecture. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 1(11). Available at: <https://esj.today/PDF/18SAVN119.pdf> (in Russian)

УДК 7.013

Супрун Лилия Ивановна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: suprun-lily@yandex.ru

Супрун Елена Геннадьевна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия
Доцент
E-mail: helen_su@mail.ru

Игошева Елизавета Дмитриевна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия
Студент
E-mail: lizka-iriska@mail.ru

Геометрия и архитектура

Аннотация. Статья посвящена связи между открытием геометрических законов Вселенной и созданием рукотворных архитектурных объектов. Наблюдая за растениями, насекомыми, людьми, животными, планетами, люди обратили внимание на то, что их гармония и устойчивость обеспечивается симметрией и постоянством отношения между размерами различных частей объекта. На основании этих наблюдений в VI в. до н.э. Пифагор выводит математическую закономерность такого совершенства в виде «божественной пропорции». В архитектуре она известна как «золотое сечение». С его помощью вычисляют размеры фрагментов сооружаемого объекта. В III в. до н.э. появляется геометрия Эвклида, открывшая возможность определять необходимые размеры не вычислением, а построением при помощи линейки и циркуля. Это приносит в архитектуру геометрический способ мышления, ставший альтернативой пифагорейской «науке о числе». В XVII веке интерес к пифагорейскому направлению падает и происходит разделение архитектуры на культовую и светскую. Геометрия, используемая для создания культовых объектов, получила название «сакральная». Она объединила пифагорейскую и неоплатоновскую геометрию правильных многогранников, и геометрию вогнутых пространств. Сакральная геометрия «представляет собой геометрическую интерпретацию Космоса как форму упорядоченности Вселенной». Базовыми фигурами её остаются круг, треугольник, квадрат, прямоугольник и их комбинации. Объекты светской архитектуры отличаются оригинальностью и нестандартностью решений. Их форма зависит от фантазии архитектора. С внедрением компьютерных технологий появилась цифровая архитектура, тесно связанная с программированием. Возникла возможность выполнять формообразование поверхности с помощью математических алгоритмов и формул.

Поскольку кривая линия это тоже геометрическая форма, то можно констатировать, что появилась компьютерная геометрия. В статье приведены некоторые оригинальные объекты светской архитектуры, созданные по проектам одной из самых титулованных и знаменитых архитекторов современности Заха Мохаммад Хадид.

Ключевые слова: Пифагор; «золотое сечение»; «наука о числе»; Эвклид; линейка и циркуль; культовая архитектура; светская архитектура; сакральная геометрия; цифровая архитектура; компьютерная геометрия

Архитектура формирует облик города. Наше настроение и мироощущение зависит от того, какие здания нас окружают. Непосредственное участие в залоге прочности, пользы и красоты архитектурных сооружений принимает математика. Красота зданий и сооружений – это внешнее выражение математических законов в архитектуре. Это разнообразные геометрические формы, пропорции и законы симметрии, которые задают красоту архитектурной формы.

Актуальность исследования состоит в том, что архитектурные объекты являются неотъемлемой частью нашей жизни. Нас окружает огромное количество зданий и с каждым днём они становятся более сложной геометрической формы, что позволяет разнообразить архитектурный облик городов.

Цель работы – исследование взаимосвязи геометрии и архитектуры.

Гипотеза: рукотворные сооружения, созданные человеком, передают геометрические свойства окружающего нас пространства Вселенной.

Объект исследования: взаимосвязь видов архитектуры и реализующих их разделов геометрии.

Предмет исследования: архитектурные сооружения разных эпох.

Задачи исследования:

1. Изучить литературу об открытии геометрических закономерностей, применённых при создании архитектурных объектов в разные периоды жизни человечества.
2. Рассмотреть геометрические формы в архитектурных сооружениях.
3. Анализ наиболее оригинальных объектов современности: архитектор Захи Хадид.

Выдающийся французский архитектор Ле Корбюзье утверждал, что «всё вокруг геометрия», и она является «грамматикой архитектора».

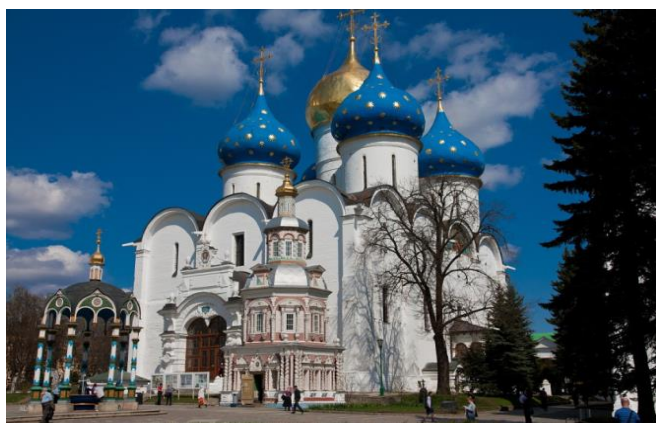
С глубокой древности зодчие создавали свои сооружения по образу и подобию окружающего пространства. Наблюдая гармонию окружающего мира, как земную, так и космическую, люди находили в строении растений и животных, в небесных формах образцы геометрического совершенства. Математическая закономерность такого совершенства впервые была выведена в VI в. до н.э. в работах Пифагора. Исходя из пропорциональной закономерности частей тела человека, отношения музыкальных интервалов и интервалов между небесными телами, им было введено понятие божественной пропорции, получившей в дальнейшем название «золотое сечение» [1; 2]. Оно нашло своё отражение в древнегреческой архитектуре, а затем и в архитектуре других цивилизаций. В основу архитектуры были положены каноны, «определяющие соразмерность и уравновешенность частей здания» [1]. При возведении архитектурных объектов использовались правильные многогранники («платоновы тела»): куб, тетраэдр, октаэдр, икосаэдр, додекаэдр. Числовая традиция, сложившаяся в архитектурной среде, «опиралась на пифагорейско-платоновскую идею, по которой пропорции и числовые соотношения обуславливают гармонию мира» [3].

В III в. до н.э. в Александрии выходит в свет труд Эвклида «Начала». Работа посвящена плоскостной геометрии [2]. Это приносит в архитектуру геометрический способ мышления, ставший альтернативой пифагорейской «науке о числе». Возникают две системы, различия между которыми состоят в том, что «умножения и деления чисел упорядочивают архитектурные формы и размеры, а по Эвклиду архитектура и её элементы проводятся линиями с помощью циркуля и линейки» [4]. Начиная с XVII века интерес к пифагорейской «науке о числе» падает, а Эвклидово влияние на архитектурную мысль остаётся несокрушимой. В этот период происходит разделение архитектуры на *культурную и светскую* [2].

Геометрия, используемая для создания культовых объектов (храмов, пирамид, изображения божеств, иероглифов и др.), получила название «*сакральная*». Сакральная геометрия включает в себя пифагорейскую и неоплатоновскую геометрию правильных многогранников и геометрию вогнутых пространств. Она «представляет собой геометрическую интерпретацию Космоса как форму упорядоченности Вселенной» [5]. Базовыми геометрическими элементами её являются: «золотое сечение» («*божественная пропорция*») и «платоновы тела» (куб, тетраэдр, октаэдр, икосаэдр, додекаэдр). Древние египтяне использовали божественную пропорцию при строительстве больших пирамид, жители Мексики – при возведении пирамиды Солнца. При возведении Парфенона в Афинах использовали правило золотого прямоугольника.

«Формы геометрической сакрализации Вселенной», которые древние использовали для возведения городов и храмов, остались прежними. Это «круг, треугольник, квадрат, прямоугольник и их комбинации» [5]. «По всему миру можно найти не только изображения в виде мандалы – «*священного круга*», символа Вселенной – но и сами храмы, соборы, культовые сооружения, да и целые города и поселения разных культур и эпох, построенные по принципам сакральной геометрии». На протяжении тысячелетий сакральная геометрия применялась «в качестве способа установления на Земле универсального порядка». Одним из ранних сооружений сакральной архитектуры, дошедшим до нас, являются обсерватории [5].

На рис. 1 представлены объекты культовой архитектуры, построенные по принципам сакральной геометрии: Свято-Троицкая Сергиева лавра в России (рис. 1а), её многочисленные архитектурные сооружения выстроены лучшими зодчими страны в XV–XIX вв.; и Шартрский собор во Франции (рис. 1б), построенный в начале XIII века.



а



б

Рисунок 1. Объекты культовой архитектуры, построенные по принципам сакральной геометрии: а) Свято-Троицкая Сергиева лавра, 1337 г, Россия; б) Шартрский собор, Франция. Готический католический храм, построенный в начале XIII века

В светской архитектуре происходит смешение геометрий, принципов, стилей. Формообразование объекта во многом зависит от фантазии архитектора. Благодаря возможностям современных материалов и строительных технологий можно создать самые причудливые формы. Появляются разные архитектурные стили. Некоторые из них представлены на рис. 2.

Рис. 2а. Дом культуры им. И.В. Русакова. Построен в стиле конструктивизма в 1929 году по проекту выдающегося архитектора Константина Мельникова [6].

Для стиля типичны массивные опоры, плоские крыши, удлиненные оконные проемы. Параллелепипеды переходят в цилиндры и кубы, большие окружности окон разбавляют плоскость квадратного фасада, сложные выступающие объемы перемежаются гладкими простенками

Рис. 2б. Огурец. Лондон, Великобритания, архитектор Норман Фостер. 1993 г.

Стиль Хай-тек [7]. Представляет собой стремление к комфорту и продуманности во всем. Линии и фигуры простые, четкие. Легко читается геометричность и монументальность. Окна и двери по контуру – прямоугольные, по исполнению – простые, лаконичные. Размер оконных проемов максимально большой. Преобладающий цвет архитектуры в стиле хай-тек – серебристо-металлический.

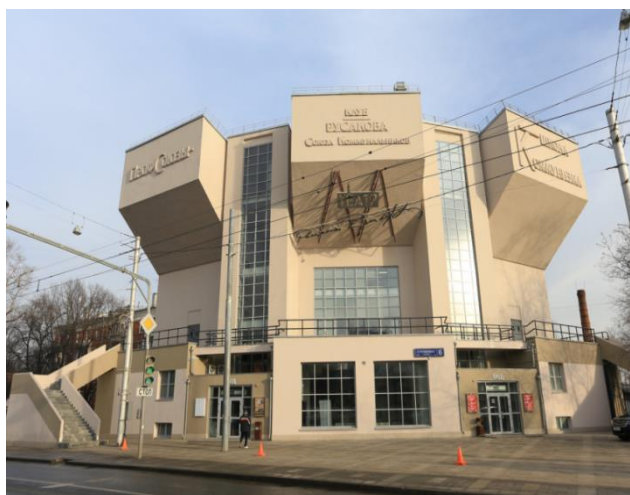
Рис. 2в. Капелла в Роншане, Франция, 1955. Архитектор Ле Корбюзье. Стиль модернизм [8].

Сооружения лишены украшательства. Снаружи видны, лаконично слитые воедино, разнообразные геометрические формы конструкций, отражающие богатую фантазию архитектора.

Рис. 2г. Институт искусств Стерлинга и Франсин Кларк. Городок Уильямстаун штата Массачусетс, США, 1950 г. Стиль минимализм.

Этому стилю присущи простота и элегантность, лаконичность структур и форм. Геометрические формы: круги, прямоугольники и прямые линии. Для этого направления типична высокая функциональность. Отсутствуют декор и украшения.

Из анализа приведённых стилей видно, что светская архитектура отличается оригинальностью и нестандартностью решений.



а



б



в



г

Рисунок 2. Стили объектов светской архитектуры: а) конструктивизм (дом культуры им. И.В. Русакова, Москва, архитектор К. Мельников, 1929 г.); б) Хай-тек (огурец, Лондон, Великобритания, архитектор Норман Фостер, 2001–2004 гг.); в) модернизм (Капелла в Роншане, Франция, 1955. Архитектор Ле Корбюзье); г) минимализм (институт искусств Стерлинга и Франсин Кларк, США, 1950 г.)

Рассмотрим некоторые оригинальные объекты светской архитектуры, созданные по проектам одной из самых титулованных и знаменитых архитекторов современности Заха Мохаммад Хадид (31 октября 1950 – 31 марта 2016). Заха Хадид арабского происхождения, архитектурное образование получила в Лондоне, её работы можно встретить во многих городах земного шара, в том числе и в Москве. Она полностью отметала общепринятую геометрию, использовала искажённую перспективу, выявляющую острые углы и кривые линии.

На рис. 3 изображены здания, составляющие единое целое с окружающим пространством.

Рис. 3а. Центр современного искусства Розенталя в Цинциннати, Огайо, США (1997–2003).

Холл первого этажа расположен на уровне улицы. Его бетонный пол словно превращается в продолжение улицы. Создаётся впечатление, что строение гармонично вырастает из недр квартала и становится его органичной частью. Собранный из бетонных плит "ковёр" продолжает уличный тротуар, переходит в пол холла и поднимается выше, превращаясь «в вихрь марширующих вверх пандусов и лестниц. Трудно понять, где

заканчивается пол, начинаются стены и потолок». Эти элементы сливаются воедино, создав динамичное, цельное пространство.

Большие свесы крыши визуально расширяют объемы здания, врезаясь в зеленые массивы окружающей природы. Путём интеграции архитектуры и природного пейзажа достигается эффект расширения здания в пейзаж. Кроме того, свесы крыши выполняют ещё и функциональную роль. На северной стороне они защищают входные двери, а на южной стороне – обеспечивает защиту от солнца.



а

б

Рисунок 3. Здания, составляющие единое целое с окружающим пространством: а) Центр современного искусства Розенталя в Цинциннати; Огайо, США (1997–2003); б) Медицинский центр Мэгги Файф

Рис. 3б. Медицинский центр Мэгги Файф.

На рис. 4 представлен «Музей современного искусства для Мичиганского государственного университета».

Проект здания был создан Захой Хадид на основе изучения различных направлений движения, пересекающихся на выбранном участке. Это передано с помощью глубоких острых складок постройки. Все сооружение как будто наклоняется навстречу основному потоку машин и пешеходов. Самая высокая точка западной стороны достигает 12 м. На востоке, где к музею примыкает парк, высота сооружения снижается до 8 м.

Стремительные линии фасада здания свидетельствуют об активном разнонаправленном движении на дорожках кампуса Мичиганского государственного университета. Острые углы, глубокие стеклянno-металлические «складки» передают схему существующих пешеходно-транспортных потоков. Его внешняя оболочка повторяет эти различные направления и ориентации.

С внедрением компьютерных технологий появилась *цифровая архитектура*, тесно связанная с программированием. Возникла возможность выполнять формообразование поверхности с помощью математических алгоритмов и формул.

В 2000-х годах архитектура Хадид становится сложным математическим уравнением. Её здания получили плавные гибкие формы, дизайн которых просчитывался на компьютере. Одно из таких зданий представлено на рис. 5. Это «Центр Гейдара Алиева» в Баку, за создание которого она получила премию «Дизайн года» Британского Музея Дизайна.



Рисунок 4. Музей современного искусства для Мичиганского государственного университета



Рисунок 5. Центр Гейдара Алиева (Баку, 2012 г.)

В проекте здания практически не было использовано прямых линий. Само здание по форме представляет собой волнообразное устремление ввысь и плавное слияние с землёй. Подобная структура олицетворяет продолжительность и бесконечность. Линии же на здании символизируют связь прошлого с будущим.

За «свои яркие образы и конструкции Захи Хадид получила международное признание, и широко известна в качестве инновационного архитектора» [9].

The Guardian назвал Хадид «Королева кривой», которая «освободила архитектурную геометрию, придав ей совершенно новую выразительную идентичность». Поскольку кривая линия это тоже геометрическая форма, то можно констатировать, что появилась *компьютерная геометрия*.

Заключение

Если считать, что человек это одна из особей мира Вселенной, то архитектура – это творение Вселенной, созданное человеческими возможностями. Наблюдая за листьями травы, деревьев, бабочками, насекомыми, люди обнаружили, что их красота обусловлена симметрией. Наблюдения за людьми, животными, планетами, музыкальными интервалами показали, что их устойчивость обеспечивается постоянством отношения между размерами различных частей объекта. Так появилась *пифагорейско-платоновская геометрия*, способная передать гармонию окружающего мира через «божественные пропорции» и правильные многогранники. Эту геометрию назвали «наукой чисел», поскольку при строительстве объекта приходилось выполнять многочисленные вычисления. Альтернативу пифагорейско-платоновской геометрии составила *геометрия Эвклида*, доказавшая, что строить плоские геометрические фигуры можно при помощи линейки и циркуля, не производя никаких вычислений. Начиная с XVII века, эвклидово влияние на архитектурную мысль возрастает. В это время архитектура разделяется на два вида: *культовую и светскую*. Для создания объектов культовой архитектуры используется *сакральная геометрия*. Она включает в себя пифагорейскую и неоплатоновскую геометрию и геометрию вогнутых пространств. С развитием компьютерных технологий появилась возможность конструирования поверхности любой криволинейной формы. Участвующую в этом процессе геометрию можно назвать *компьютерной геометрией*, а архитектуру – *цифровой архитектурой*. Цифровая архитектура представляет собой более высокий уровень светской архитектуры.

Вывод

Исследования, проведённые путём анализа литературы, показали, что открывая геометрические законы Вселенной, человек использовал их при создании архитектурных сооружений. Чем совершеннее способы создания геометрических форм, тем причудливее становятся архитектурные объекты. Поэтому архитектуру вполне справедливо можно назвать «дочерью геометрии» [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Данченко Л В. Геометрический аспект обучения архитектора в контексте истории архитектуры // Вестник ТГГПУ. Психолого-педагогические науки: Педагогика. №4(26) – 2011. – С. 330–333.
2. Городова М.Н. Число и геометрия в теории архитектуры // ARCHITECTURE AND MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES Москва, Россия. 4(13). – 2010. – С. 1–9.
4. Муллер, Иан. Эвклидовы «Начала» и аксиоматический метод. Британский журнал философии науки XX: Лондон, 1984. С. 282–309.
5. Рикверт, Джозеф. Эвклидизм и теория архитектуры // Об устной передаче теории архитектуры. Документ Архитектурной ассоциации. Кембридж – 1988. – С. 36.
6. А.Дж. Кожалиев. Сакральная геометрия и архитектура // Вестник КГУСТА. Издательство: Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова (Бишкек) №2. – 2013. – С. 66–71. <https://docplayer.ru/58158762-Sakralnaya-geometriya-i-arhitektura.html>.
7. Лиховидова Ю. Конструктивизм: родом из СССР. Архитектура // <https://poruski.me/2016/10/30/064-vpervye-iz-sssr-konstruktivizm/>.
8. Новиков Д. Хай-тек (hi-tech) в архитектуре. <http://novikov-architect.ru/hi-tech.htm>.
9. Алексеев С. Архитектор: Ле Корбюзье, Роншан, Франция // Учебный курс, ч. 1 – 1955: archialexeev.ru капелла-роншан.
10. Наира Амагуни. На пересечении архитектуры и искусства. – designdeluxegroup, 2016. – [Электронный ресурс]. URL: <http://designdeluxegroup.com/> [http://designdeluxegroup.com/magazine/2015/06/18Amy Frearson. Eli and Edythe Broad Art Museum by Zaha Hadid Architects. – dezeen, 2012. URL: <https://archspeech.com/>.](http://designdeluxegroup.com/magazine/2015/06/18Amy%20Frearson.%20Eli%20and%20Edythe%20Broad%20Art%20Museum%20by%20Zaha%20Hadid%20Architects.%20-%20dezeen,%202012.%20URL:%20https://archspeech.com/)
11. Шишхова М.Б. Архитектура – дочь геометрии // Проект. Научно-исследовательская конференция школьников «Шаг в будущее». – 2015. – С. 26.

Suprun Lilia Ivanovna

Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: suprun-lily@yandex.ru

Suprun Elena Gennadievna

Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: helen_su@mail.ru

Igosheva Elizaveta Dmitrievna

Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: lizka-iriska@mail.ru

Geometry and architecture

Abstract. The article is devoted to the connection between the discovery of the geometric laws of the Universe and the creation of man-made architectural objects. Observing plants, insects, people, animals, planets, people paid attention to the fact that their harmony and stability is provided by symmetry and constancy of the relationship between the sizes of different parts of the object. On the basis of these observations in the VI century BC Pythagoras deduces mathematical regularity. In the III century BC Euclid geometry appeared, which opened the possibility to determine the necessary dimensions not by calculation, but by construction with the help of a ruler and a compass. of such perfection in the form of "divine proportion". In architecture, it is known as the "Golden ratio". It is used to calculate the size of fragments of the object under construction. In the XVII century, interest in the Pythagorean direction falls and there is a division of architecture into religious and secular. The geometry used to create cult objects was called "sacred". It combined Pythagorean and Neoplatonic geometry of regular polyhedra and geometry of concave spaces. Sacred geometry "is a geometric interpretation of the Cosmos as a form of ordering of the Universe". Basic figures of it remain round, triangle, square, rectangle, and combinations thereof. Objects of secular architecture are original and non-standard solutions. Their form depends on the imagination of the architect. With the introduction of computer technology appeared digital architecture, closely related to programming. It became possible to perform surface shaping using mathematical algorithms and formulas. Since the curve is also a geometric shape, we can say that there was a computer geometry. The article presents some of the original objects of secular architecture, created by one of the most titled and famous architects of our time Zaha Монаmmad Hadid.

Keywords: Pythagoras; "Golden section"; "number science"; Euclid; ruler and compass; cult architecture; secular architecture; sacred geometry; digital architecture; computer geometry