электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

 # 11, ноябрь 2015

УДК 624.971

Геометрия в архитектуре

***Уланова Е.С.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Технологии ракетно-космического машиностроения»

Научный руководитель: Гузненков В.Н., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Инженерная графика»
vn@bmstu.ru

Одним из первых известных фундаментальных трудов по геометрии и графике является трактат «Десять книг по архитектуре» римского военного инженера Витрувия, жившего в конце I века до нашей эры [1]. Витрувию принадлежит формула инженерного творчества: «Польза, прочность и красота».

Архитектура (лат. *architectura*, – от греч. *architekthon* – строитель) – искусство проектировать и строить здания и другие сооружения (также их комплексы), создающие материально организованную среду, необходимую людям для их жизни и деятельности, в соответствии с назначением, современными техническими возможностями и эстетическими воззрениями общества. Как вид искусства архитектура входит в сферу духовной культуры, эстетически формирует окружение человека, выражает общественные идеи в художественных образах. Человек стремится воплотить в формах архитектуры свое стремление к прекрасному, свои идеи и надежды. Всякое произведение архитектуры является конструкцией, но не всякая конструкция становится произведением архитектуры.

Геометрия (от греч. *geometria*, *geo* – земля, *metreo* – измерять) – раздел математики, изучающий пространственные структуры, отношения и их обобщения [2]. Геометрию можно классифицировать на следующие разделы: Евклидова геометрия (в ней предполагается, что размеры отрезков и углов при перемещении фигур на плоскости не меняются), планиметрия (изучает фигуры на плоскости), стереометрия (изучает фигуры в трехмерном пространстве), проективная геометрия (изучает проективные свойства фигур), начертательная геометрия (изучает методы построения чертежей различных объектов и

способы решения на чертеже различных инженерных геометрических задач: метрических и позиционных).

У архитектуры есть три фундаментальных признака. Во-первых, сооружение должно отвечать своему назначению. Если под функциональностью понимать соответствие здания своему назначению, то, согласно формулировке теоретика функционализма Луиса Салливана, лучшие постройки всех времен были функциональны. Во-вторых, помимо утилитарных нужд, архитектура выражает духовные потребности человека, состоящие в создании и созерцании красивых, гармоничных образов. Третий критерий оценки архитектурного сооружения – его надежность. Проекты зданий определяются, прежде всего, вкусами людей и духом времени. Архитектура требует визуального единства, художественной целостности, сколько бы функций ни имело сооружение. Различные элементы должны соответствовать друг другу, а каждый элемент – целому. Облик сооружения зависит и от строительного материала. В древних каменных постройках из-за непрочности камня приходилось ставить опоры очень близко одна к другой, поэтому при значительных размерах здания требовалось множество опор. Дерево и сталь, напротив, позволяют поместить опоры на достаточно большом расстоянии друг от друга. В сооружении, сделанном из этих материалов, ширина проемов может даже превышать высоту. Важны также такие свойства материалов, как легкость и податливость при обработке, текстура и цвет. На архитектуру здания оказывают влияние особенности участка и климат местности. Открывающиеся виды, яркость солнечного света и преобладающее направление ветра – все эти факторы могут подчеркнуть достоинства постройки. Но архитектура не может существовать без геометрии. Эти два понятия являются единым целым, потому что всё проектирование архитектурных сооружений основывается на геометрии, без неё не получилось бы надежных и в то же время гармоничных сооружений.

Рассмотрим поподробнее геометрию поверхностей второго порядка, а именно гиперболоид, взятый за основу в большинстве конструкций В.Г. Шухова.

Гиперболоид (от греч. *hyperbole* – гипербола и *eidos* – вид) – поверхность второго порядка, получаемая при вращении гиперболы вокруг оси. Гиперболоид также относится к линейчатым поверхностям – вращение прямой вокруг оси, при этом прямая не пересекает ось вращения.

Гиперболоидная конструкция в архитектуре играет немалую роль. Во-первых, линейчатая конструкция, имеющая форму однополостного гиперболоида, является жёсткой: если балки соединить шарнирно, то гиперболоидная конструкция всё равно будет сохранять свою форму под действием внешних сил. Во-вторых, её решетчатая

конструкция делает гиперболоидные конструкции более устойчивыми к внешним природным факторам, например, к ветру. И, наконец, это просто красиво, что тоже очень важно в архитектуре, и может вписаться в современный ландшафт крупных городов.

Владимир Григорьевич Шухов (28 августа 1853 г. – 2 февраля 1939 г.) является изобретателем первых в мире гиперболоидных конструкций и металлических сетчатых оболочек строительных конструкций (патенты Российской Империи № 1894, № 1895, № 1896 от 12 марта 1899 года, заявленные В. Г. Шуховым 27.03.1895 − 11.01.1896). Для Всероссийской промышленной и художественной выставки 1896 года в Нижнем Новгороде В.Г. Шухов построил восемь гигантских павильонов с перекрытиями в виде висячих и сводообразных стальных сетчатых оболочек общей площадью 25070 квадратных метров и первую в мире гиперболоидную башню удивительной красоты (перенесена в Полибино Липецкой области, сохранилась до настоящего времени). Оболочка гиперболоида вращения явилась совершенно новой, никогда раньше не применявшейся в строительстве формой. После Нижегородской выставки 1896 года В.Г. Шухов разработал многочисленные конструкции разнообразных сетчатых стальных оболочек и использовал их в сотнях сооружений: перекрытиях общественных зданий и промышленных объектов, водонапорных башнях, морских маяках, мачтах военных кораблей, и опорах линий электропередач. Семидесятиметровый Аджигольский сетчатый стальной маяк под Херсоном – самая высокая односекционная гиперболоидная конструкция Шухова. Радиобашня на Шаболовке в Москве стала самой высокой из многосекционных Шуховских башен (160 метров). Шухов изобрёл также арочные конструкции покрытий с тросовыми затяжками. До нашего времени сохранились арочные стеклянные своды покрытий В.Г. Шухова над крупнейшими московскими магазинами: Верхними торговыми рядами (ГУМ) и Фирсановским (Петровским) пассажем. В 1897 году Шухов построил для металлургического завода в Выксе цех с уникальными пространственно изогнутыми сетчатыми парусообразными стальными оболочками перекрытий двоякой кривизны. Этот цех сохранился на Выксунском металлургическом заводе до наших дней. Его перекрытия напоминают современные сетчатые оболочки Нормана Фостера.

В.Г. Шухов изобрел новые конструкции пространственных плоских ферм и использовал их при проектировании покрытий Музея изящных искусств (ГМИИ им. Пушкина), Московского главного почтамта, Бахметьевского гаража и других многочисленных построек. В 1912 – 1917 гг. В. Г. Шухов спроектировал перекрытия залов и дебаркадер Киевского вокзала (бывшего Брянского) в Москве и руководил его возведением (ширина пролета – 48 м, высота – 30 м, длина – 230 м).

Работая над созданием несущих конструкций, Шухов вносил существенный вклад в окончательный проект зданий и невольно выступал в роли архитектора. В архитектурном облике павильонов Всероссийской промышленной и художественной выставки 1896 года, ГУМа и Киевского вокзала авторство В.Г. Шухова определило наиболее впечатляющие черты сооружений. На этих примерах совершенно ясно и отчетливо видно, что форма и дизайн зданий подчинялись конструктивным решениям, применяемым в проектировании зданий.

Пример Шуховской башни рассмотрим отдельно, потому что это изобретение, как мы увидим в дальнейшем, оказало решающее влияние на развитие современной архитектуры и продиктовало дизайн, облик современных зданий. Шуховская башня (Шаболовская радио-башня) – уникальная гиперболоидная конструкция, выполненная в виде несущей стальной сетчатой оболочки. Первый проект башни на Шаболовке был разработан В.Г. Шуховым в 1919 г. с расчетной высотой 350 м. Из-за дефицита металла в период гражданской войны башню построили по второму проекту высотой 148,3 м. 14 марта 1920 г. началось строительство Шуховской башни. Строительство радиобашни неоднократно прерывалось из-за отсутствия материалов, но при этом контролировалось Лениным, и поэтому работали на строительстве под страхом расстрела практически непрерывно. А после аварии при подъеме четвертой секции башни, Шухов был приговорен к условному расстрелу с отсрочкой исполнения приговора до завершения строительства. В начале марта 1922 г. монтаж несущих конструкций завершился, а 19 марта 1922 г. началась трансляция радиопередач с Шаболовской радиобашни.

Строительство красивой и самой большой в России в то время башни вызвало всеобщий восторг. Образ Шуховской башни в виде уходящих в высоту секций-гиперболоидов вдохновил А.Н. Толстого на создание фантастического романа «Гиперболоид инженера Гарина».

Шуховская башня имеет оригинальную изящную сетчатую конструкцию, благодаря чему достигается минимальная ветровая нагрузка, представляющая главную опасность для высотных сооружений. Секции башни по форме – однополостные гиперболоиды вращения, сделанные из прямых балок, упирающихся концами в кольцевые основания. Ажурная стальная конструкция сочетает в себе прочность и легкость: на единицу высоты Шуховской башни израсходовано в три раза меньше металла, чем на Эйфелевой башне в Париже. Кроме того проект Шуховской башни высотой 350 м имел расчетную массу всего лишь 2200 тонн, а Эйфелева башня при высоте 300 м весит около 7300 тонн.

Круглый конусный корпус башни состоит из 6 секций высотой 25 м каждая. Нижняя секция установлена на бетонном фундаменте диаметром 40 м и глубиной 3 м. Элементы башни скреплены на заклепках. Строительство Шаболовской башни велось без лесов и подъемных кранов. Верхние секции по очереди собирались внутри нижней и поднимались друг на друга.

Важно отметить, что именно Шухов изобрел способ устройства сетчатых гиперболоидных башен (патент Российской империи № 1896 от 12 марта 1899 г., заявлен 11 января 1896 г.). Первая в мире гиперболоидная башня была построена Шуховым на Всероссийской художественно-промышленной выставке в Нижнем Новгороде в 1896 г. Принцип гиперболоидных башен В.Г. Шухов использовал во множестве сооружений: водонапорных башнях, опорах линий электропередачи, мачтах военных кораблей.

Мировое значение радиобашни Шухова подтверждают экспозиции её макетов на престижных архитектурных выставках Европы последних лет. На выставке «Инженерное искусство» в центре Помпиду в Париже изображение радиобашни Шухова использовалось как логотип. На выставке «Лучшие конструкции и сооружения в архитектуре XX века» в Мюнхене в 2003 году был установлен позолоченный шестиметровый макет радиобашни Шухова. Конструкции Владимира Григорьевича Шухова подробно описываются во многих европейских книгах по истории архитектуры.

Радиобашня Шухова отнесена к объектам культурного наследия регионального значения. Сейчас радиобашня Шухова признана международными экспертами одним из высших достижений инженерного искусства. На международной научной конференции «*Heritage at Risk*. Сохранение архитектуры XX века и Всемирное наследие», прошедшей в апреле 2006 года в Москве с участием более 160 специалистов из 30 стран мира, радиобашня Шухова названа в числе семи архитектурных шедевров русского авангарда, рекомендованных на включение в список Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Гиперболоидные башни востребованы и в настоящее время. В 1963 году в порту города Кобе в Японии по проекту компании *Nikken Sekkei* была построена 108-метровая гиперболоидная шуховская башня (*Kobe Port Tower*).

В 1968 году в Чехословакии по проекту архитектора Карела Хубачека была построена гиперболоидная башня *Jested* высотой 100 метров.

В 2003 году была построена гиперболоидная башня в Цюрихе. Авторы башни – архитекторы Даниэль Рот и Александр Ком (*Daniel Roth, Alexander Kohm*). Известный архитектор Михаил Посохин предложил использовать шуховские идеи гиперболоидных конструкций при проектировании новых небоскрёбов в деловом центре «Москва-Сити».

Норман Фостер – британский архитектор, лауреат Императорской и самой престижной премии в области архитектуры – Притцкеровской премии. Он является одним из самых востребованных архитекторов – его проекты реализуются по всему миру. Сам Фостер называет своим кумиром архитектора и инженера Владимира Шухова. В своих проектах Фостер широко использует шуховские сетчатые оболочки. Норман Фостер утверждает, что стиль это не совокупность визуальных характеристик, а проявление метода – метода Шухова.

Особенно следует отметить, что во всех проектах Фостер использует формообразующие возможности качественно новых конструкций. В создаваемой Фостером жилой среде возрастает внешняя роль металла: объемы формируются сочетанием и наслоением нескольких металлических и металлостеклянных оболочек. Несущая конструкция – легкий каркас – заполняется слоистыми панелями и также облицовывается металлом. Пространство внутренних объемов четко структурируется с помощью железобетонных конструкций. Часто постройки Фостера отмечены присутствием гигантской кровли, образуемой параллельными стальными сводами, венчающими визуально легкий каркас, или сферическим гигантским куполом. Яркий пример – Берлинский рейхстаг.

Самой известной постройкой Фостера является небоскреб Мэри-Экс в центре Лондона, построенный в форме огурца. В нём размещается главный офис швейцарской страховой компании *Swiss Re*. У Фостера есть реализованные проекты в Астане – монумент Байтерек (2002 г.), Дворец Мира и Согласия (2006 г.) и торгово-развлекательный центр Хан-Шатыр (2011 г.). Для Санкт-Петербурга бюро Фостера разработало проект реконструкции острова Новая Голландия и торгового комплекса Апраксин двор. А для московского Пушкинского музея архитектурное бюро британца разработало концепцию развития.

В современной архитектуре XXI века под воздействием интернета и компьютерных технологий в проектировании происходит процесс изменений [3]. В нём появляется новое направление, отличное от традиционного реального проектирования и строительства. Это так называемая виртуальная цифровая архитектура, шагнувшая к нам как будто с экранов фантастического кинематографа. Дело в том, что цифровые технологии со временем будут позволять пользователям компьютеров проникать все глубже в виртуальное архитектурное пространство всемирной паутины, так же как в реальном многоуровневом мире. Эта архитектура будет подчиняться совершенно другим законам моделирования и восприятия. Творческие поиски цифровых архитекторов будут затрагивать морфологию строения и особое функциональное назначение архитектурных объектов

спроектированных для новой среды. Каждый архитектор вправе будет выбирать и выстраивать свою авторскую концепцию, невзирая на строительные возможности только сегодняшнего дня.

Ярким примером такого архитектурного творчества могут служить материалы международного конкурса проведенного в 2008 году среди профессионалов компьютерной графики *NVIDIA* и *CGSociety*.

Но, несмотря на развитие архитектурного дизайна, новых функциональных возможностей, следует помнить и понимать, что они опираются на конструктивные решения, заложенные В.Г. Шуховым, и что именно конструктивные решения несущих конструкций вносят существенный вклад в окончательный проект зданий.

Список литературы

1. Покровская М.В. Инженерная графика: панорамный взгляд (научно-педагогическое исследование). М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1999. 138 с.
2. Иванов Г.С. Начертательная геометрия: учебник. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. 340 с.
3. Гузненков В.Н. Применение информационных технологий в графических дисциплинах технического университета // Интеграция образования. 2013. №1. С. 86-89.