**Применение математики в архитектуре**

*Афанасьева Ольга Вадимовна – студентка 2 курса специальности «Социально-культурная деятельность» КОГПОАУ «Вятский колледж культуры»*

*Руководитель – Чернядьева Елена Николаевна, преподаватель КОГПОАУ «Вятский колледж культуры»*

Математика – это наука о количественных отношениях самих по себе, взятых в отвлечении от их действительных носителей, от качественной стороны объектов. Иногда математику определяют как науку «об абстрактных структурах». Понятие «абстрактной структуры» очень близко по содержанию понятию «форма» в ее теоретико-множественном определении, поэтому иногда математику определяют как науку «о формах». Для более однозначного понимания предмета математики важно четкое определение категорий «количество», «число», «форма», «абстрактная структура». В любом случае важно иметь в виду, что современная математика представляет собой очень сложную многоуровневую и многоаспектную конструкцию. В ней различают «чистую» и «прикладную» математики, формальные и содержательно-интерпретированные теории, конструктивную и неконструктивную математику, в которых используются существенно различные средства, методы и критерии приемлемости математических теорий и доказательств. Если при этом иметь в виду очень большое число различных математических дисциплин со своими частными предметами и проблемами, то становится понятной та огромная мощь и влияние, которые оказывает математика на развитие всей современной науки и культуры. И это влияние благодаря поразительной точности, доказательности и эффективности математического знания будет в дальнейшем только возрастать [2, с.334].

Не обойтись без математики и в архитектуре. В современном мире огромное количество архитектурных построек являются однотипными: они представляют собой строения в форме прямоугольного параллелепипеда. Но также встречаются такие постройки, в которых применяются разнообразные геометрические формы, математические отношения и симметрия. При этом если мы исследуем памятники древней архитектуры, то обязательно заметим, что в них вся структура здания построена на основе сложных математических расчетов, которые придают им не только величественную красоту, но и устойчивость, ведь не зря до нас дошли старинные архитектурные шедевры древних времён, которые так долго и упорно стоят не смотря на огромное воздействие на них окружающей среды [7].

Прочность сооружения зависит не столько от материала, как от геометрической формы конструкции, которая используется в качестве базовой основы. Самым прочным архитектурным сооружением с древних времен считаются египетские пирамиды, которые имеют форму правильных четырехугольных пирамид, что обеспечивает наибольшую устойчивость за счет большой площади основания и уменьшения массы по мере удаления высоты над землей. Не случайно говорят, что пирамиды – немой трактат по геометрии. В этих зданиях формы и размеры были выбраны не случайно. Каждая их деталь, каждый элемент формы выбирались тщательно и должны были продемонстрировать высокий уровень знаний создателей пирамид. Правильная четырехгранная пирамида является одной из хорошо изученных геометрических тел, символизирующих простоту и гармонию формы, олицетворяющую устойчивость, надежность, устремление вверх. Среди египетских пирамид самой большой и известной является пирамида Хеопса [5].

На смену пирамидам пришла стоечно-балочная система, сооружения, которые состоят из вертикальных стоек и покрывающих их горизонтальных балок. Первыми такими сооружениями были культовые сооружения – дольмен и кромлех. Большинство строений и в наше время имеют стоечно-балочную конструкцию. Камень плохо работает на изгиб, но хорошо работает на сжатие. Это привело к использованию в архитектуре арок и сводов. С появлением арочно-сводчатой конструкции в архитектуру прямых линий и плоскостей, вошли окружности, круги, сферы и круговые цилиндры. Полусферический купол имеет Пантеон – храм всех Богов в Риме. Диаметр купола составляет 43м. Арочно-сводчатая конструкция позволяла древнеримским архитекторам возводить гигантские сооружения из камня. К ним относится знаменитый Колизей или амфитеатр Флавиев и, конечно же, система арочных акведуков, общая протяженность которых составляла 60 км.

Следующим этапом развития архитектурных конструкций явилась каркасная система. Ярким примером таких сооружений являются известные башни: телебашня в Шаболовке и Эйфелева башня в Париже (прародительница современного архитектурного стиля «Хай Тек»). Телебашня на Шаболовке состоит из нескольких поставленных друг на друга частей однополостных гиперболоидов. Часто геометрические формы являются комбинациями различных геометрических тел.

Геометрическая форма сооружения иногда определяет и название здания. Так, здание военного ведомства США носит название Пентагон, так как сверху он имеет вид правильного пятиугольника. В Спасской башне Московского кремля в основании можно увидеть прямой параллелепипед, переходящий в средней части в фигуру, напоминающую цилиндр, а завершается башня пирамидой. И более мелкие детали: циферблаты курантов – круги; основание крепления рубиновой звезды – шар; арки бойниц – полукруги и т.д.

В готических формах широко использовались пирамиды и конусы, устремленные ввысь, поражавшие своей величественностью. Выдающийся французский архитектор Шарль Ле Корбюзье писал: «Нужно найти такое геометрическое описание конкретного произведения, которое имеет для него особое значение, которое внесет в него стройность и определенность». По его мнению, «геометрия есть средство, с помощью которого мы воспринимаем среду и выражаем себя». Современный архитектурный стиль, благодаря возможностям современных материалов, использует причудливые формы, которые воспринимаются нами через их сложные, изогнутые поверхности. Чтобы представить эти поверхности достаточно увидеть творчества Антонио Гауди, а так же культовый Сиднейский Оперный театр, который спроектировал датский архитектор Йорн Утэон. Целых шесть лет Утэон выводил реальную формулу геометрической модели изгибающихся треугольников на сфере, по которой была построена основа под крышу, которая выглядит сейчас как открытые паруса. Культовые здания (Небоскреб Мэри-Экс (The Gherkin) в Лондоне; Кубические дома (Kubuswoning) в Роттердаме; Собор Святого Семейства (Sagrada Familia) и Павильон Endesa в Барселоне), известные во всем мире, были спроектированы благодаря математике, которую можно считать гением архитектуры.

Таким образом, можно говорить о различных пространственных геометрических фигурах, которые служат основой сооружения в целом или отдельных его частей, а также плоских фигурах, которые обнаруживаются на фасадах зданий.

Нередко можно встретить в архитектуре симметрию.Это слово произошло от греческого слова *symmetria* – совершенство. Симметрия воспринимается человеком как проявление закономерности, а значит внутреннего порядка. Внешне этот внутренний порядок воспринимается как красота. Наиболее ярко симметрия проявляется в античных сооружениях Древней Греции, предметах роскоши и орнаментов, украшавших их.

Существует простейший вид симметрии – зеркальная симметрия, симметрия левого и правого. В этом случае одна половина формы является как бы зеркальным отражением другой. Зеркальной симметрии подчинены постройки Древнего Египта и храмы античной Греции, амфитеатры, термы, базилики и триумфальные арки римлян, дворцы и церкви Ренессанса, равно как и многочисленные сооружения современной архитектуры. Симметрия объединяет композицию. Расположение главного элемента на оси подчеркивает его значимость, усиливая соподчиненность частей. Каждая деталь в симметричной системе существует как двойник своей обязательной паре, расположенной по другую сторону оси, и благодаря этому она может рассматриваться лишь как часть целого. Значение общего здесь снижает действенность отдельных элементов. Главной оси, объединяющей всю композицию, могут сопутствовать подчиненные оси, определяющие симметрию частей. Характерный пример много осевой симметрии – здание Главного адмиралтейства в Санкт-Петербурге. Башня и арка главного въезда здесь отвечают оси всей композиции; оси второго порядка, объединяющие крылья, выделены большими портиками; осям крыльев подчинены оси малых портиков. Симметричны и части, связывающие крылья с центром, и ризалиты крыльев. Своей вертикальной оси подчинена, и форма наименьшей самостоятельной части композиции – фрагмента стены, включающего оконные проемы трех этажей. Равные элементы здесь или сливаются в единство ряда, или подчинены господству главного элемента. Благодаря этому равенство частей ни в чем не нарушает целостности. Заметим, что на осях симметрии располагаются именно проемы, а не колонны или простенки (т.е. количество колонн в портиках является четным, а количество проемов - нечетным). Нечетное число их делали только там, где хотели ослабить центральный акцент, создаваемый симметрией, например, в боковых колоннадах Пропилеи, обрамляющих проход на Акрополь в Афинах. Подчеркнутый центр этих колоннад нарушал бы плавкость непрерывного движения, которое они должны были обрамлять.

Центрально-осевая симметрия реже использовалась в истории архитектуры. Ей подчинены античные круглые храмы и построенные в подражание им парковые павильоны классицизма. Темпьетто во дворе церкви Сан-Пьетро в Риме отвечает законам центрально-осевой симметрии. Центрально-осевая симметрия определяет также форму некоторых архитектурных деталей - например, колонн и их капителей. Необычно использовал законы симметрии смог Мельников в конкурсном проекте Дворца Советов в Москве. Форма его плана – круг. Равные части симметричного чашеобразного объема рассечены по диаметру вертикальной плоскостью и повернуты в этой плоскости на 180° по отношению одна к другой. Подобными экспериментами К. Мельников опроверг представление о симметрии как элементарной закономерности, возможности которой общеизвестны. К редко используемым зодчеством видам симметрии относится и винтообразная. Она издавна применялась для элементов здания – винтовых лестниц и пандусов, витых стволов колонн. Попытку использовать ее для организации крупной части здания сделал американский архитектор Ф.Л. Райт. Экспозиционный корпус построенного по его проекту музея Гуггенхайма сформирован несколькими витками железобетонной пологой спирали, образующей своеобразную галерею - пандус. Винтообразная симметрия использована при создании освещения залов Государственной Думы. [8]

Центральная или поворотная симметрия – когда трансформация элементов в новое состояние и образование начальной фигуры происходит при повороте этой фигуры на определенный угол вокруг точки, которая обычно называется центром поворота. Еще одним видом симметрии является переносная симметрия, когда части целой формы организованы таким образом, что каждая следующая повторяет предыдущую и отстоит от нее на определенный интервал в определенном направлении. Данный интервал именую шагом симметрии. В произведениях архитектурного искусства ее можно увидеть в орнаментах и решетках, которые используются для их украшения. Соблюдение симметрии является первым правилом архитектора при проектировании любого сооружения. Например, Казанский собор в Санкт-Петербурге.

Кроме симметрии в архитектуре можно рассматривать диссиметрию и асимметрию. Диссимметрия – абсолютная симметрия в крупных и сложных сооружениях, строго говоря, невозможна. Трудность многофункциональных концепций пораждает частичные отклонения от основной, определяющей характер композиции симметричной схемы. Нарушенную, частично расстроенную симметрию мы называем диссимметрией. Обычно отклонения от точной симметрии в архитектуре вызываются практической необходимостью, тем, что многообразие функций не укладывается в пределы жестких закономерностей симметрии. Иногда такие отклонения дают основу острого эмоционального эффекта. Уничтожение даже мелкой детали в симметричной композиции немедленно нарушает равновесие и порождает напряжение во всей системе. Любое отклонение становится привлекающим внимание и беспокоящим акцентом. Такое воздействие нарушенной симметрии может быть использовано как художественное средство. Расположение восьмигранной часовни в одном из углов сооружения погубило строгую симметричность дворца Карла V в Гранаде, одного из первых сооружений архитектуры Возрождения в Испании. Рассудочная холодность композиции преодолена этой «вольностью» [8].

С точки зрения математических понятий асимметрия – лишь отсутствие симметрии. Асимметричные композиции в процессе развития архитектуры возникли как воплощение сложных сочетаний жизненных процессов и условий окружающей среды. Конкретные формы таких композиций вырастают как результат неповторимого сочетания факторов. Соподчиненность частей - основное средство объединения асимметричной композиции. Соподчинение выражается не только в соотношении размеров, расстановке силуэтных изящных и пластических акцентов, но в направленности системы пространств и объемов к главным частям здания или ансамбля, расположение которых не совпадает с геометрическим центром. Асимметричная композиция способна образовываться из симметричных частей, связи между которыми не подчиняются закономерностям симметрии. Эрехтейон на Акрополе в Афинах относятся к числу наиболее гармоничных зданий с асимметричной композицией. Особенности его объемно-пространственного построения были вызваны и сложностью назначения – храм посвящен сразу двум божествам – Афине н Посейдону, и необходимостью поставить сооружение на точно определенном месте со сложным рельефом. Основной объем здания вытянут с востока на запад и завершен с восточной стороны шестиколонным портиком. К этому объему по сторонам западного фасада примыкают обращенный на юг портик Кариатида – вертикальная опора, которой придана форма женской фигуры, и глубокий четырехколонный портик, обращенный к северу, вместе формирующие ось, перпендикулярную оси симметрии главного объема [4].

Достаточно популярно в архитектуре «золотое сечение», то есть деление непрерывной величины на две части в таком отношении, при котором меньшая часть так относится к большей, как большая ко всей величине. Оно выражается в виде иррационального числа 1, 618033…, которое называют золотым числом. Золотое сечение мы можем наблюдать в самой большой Египетской пирамиде - пирамиде Хеопса [3]. Золотые пропорции также лежат и основе древнегреческого храма Парфенома*.* Фасад Парфенома вписан в прямоугольник со сторонами 1:2, а план образует прямоугольник со сторонами 1 и корень из 5. Известно, что диагональ прямоугольника 1:2 имеет размер корень из 5, следовательно, прямоугольник фасада и является исходным в построении геометрии Парфенона. Ширина Парфенона оценена в 100 греческие футов (3089 см), а размер высоты несколько варьируется у различных авторов. Так, по данным Н. И. Бруно, высота Парфенона 61.8, высота трех ступеней основания и колонны 38.2, высота перекрытия и фронтона 23.6 футов. Указанные размеры образуют ряд золотой пропорции: 100:61.8 = 61.8:38.2 = 38.2:23.6 = Ф. Многие исследователи, стремившиеся раскрыть секрет гармонии Парфенона, искали и находили в соотношении его частей золотую пропорцию. В работе В. Смоляка, посвященной изучению пропорций Парфенома, установлен закономерный ряд золотых пропорций. Приняв за единицу ширину торцового фасада храма, Б. Смоляков поучил прогрессию состоящую из 8 членов ряда: 1:ф:ф2:ф3:ф4:ф5:ф6:ф7, где ф=0,618. Указанным членам ряда отвечают основные пропорции фасада Парфенона, приведенные Н. И. Бруно. Приведенная Б. Смоляком схема пропорций Парфенона подкупает своей простотой, цельностью, связью с золотой пропорцией. Но не менее интересен и подход И. Шевелева, который увидел реализацию в Парфеноне двух эталонов длинны 1 и корень из 5. Пропорции 1 и корень из 5 отвечают прямоугольнику со сторонами 1:2 и являются основным соотношением частей Парфенона. Следует отметить, что в пропорциях храма, указанных И. Шевелевым, также содержится золотая пропорция, например, в соотношение высоты фасада со ступенями (1557,4 см) и высоты колон (957,4 см): 1557,4/957,4=1,627. Не следует забывать, что величина корень из 5 лежит в основе золотой пропорции, является его сердцевиной, следовательно, связь пропорции ф и корень из 5 вполне естественна. [6]

Расчет размеров Успенской Елецкой церкви в Чернигове позволил выявить, что композиционный замысел целиком связан с золотым сечением. Длина храма относится к ширине, также как и ширина храма к длине ядра, в отношении золотого сечения. В данной пропорции находятся и многие другие конструктивные размеры элементов и частей церкви*.* [1] Знаменитый русский архитектор М.Ф. Казаков тоже широко использовал в своем творчестве золотое сечение. Например, его можно встретить в архитектуре здания бывшего сената в Кремле, Дворца в Петровском Алабине и Голицынской больницы в Москве, которая в настоящее время называется Первой Клинической больницей имени Н.И.Пирогова. Еще один архитектурный шедевр Москвы - дом Пашкова - является одним из наиболее совершенных произведений архитектора В. Баженова [3].

Математическое моделирование, в том числе и с использованием ПК, применяется для расчета поведения сложных архитектурных и градостроительных объектов и систем во времени. Сюда относится линейное и нелинейное программирование, динамическое программирование, приемы оптимизации, методы интерполяции и аппроксимации, вероятностные методы и многое другое. Применение этих методов в архитектуре позволяет избегать ошибок при строительстве, более рационально использовать ресурсы, при минимальных затратах добиваться более значительных результатов. Необходимо также помнить и главный принцип математики: «Нельзя объять бесконечное (время, пространство, информацию и т.д.), но можно досконально (на самом деле – с любой степенью точности) изучить строение материальных объектов и поведение процессов и явлений в малых областях». Математика предлагает архитектору ряд, так называемых, общих правил организации частей в целое, которые помогают: расположить эти части в пространстве, так, что в них появлялся порядок; установить определенное соотношение между размерами частей и задать для изменения размеров определенную единую закономерность, что обеспечивает восприятие целостности и представление о порядке; выделить определенное место в пространстве, где будет размещаться сооружение, описать его определенной математической формой, которая также позволит его выделить из других сооружений и внести в их состав, создав новую композицию, новый архитектурный ансамбль.

До определенного момента истории математика и архитектура развивались в тесной взаимосвязи. В 17 веке инженерные науки окончательно отделились от архитектуры. Изобретение компьютера в 50-х годах прошлого столетия послужило отправной точкой для замыкания цепи и обратного проникновения математики в архитектуру. Для того, чтобы ликвидировать разрыв, необходимо было вновь ввести математические методы в архитектурное проектирование. Увеличение в архитектуре доли точных наук есть показатель того. Что она переходит из ряда ремесел в разряд профессий. На языке архитектуры можно сказать, что математика – это грандиозное мысленное сооружение, которое в свернутом, понятийном, символьном виде моделирует окружающий нас мир и происходящие в нем явления. Фундамент этого сооружения образуют неопределяемые понятия, а «тектоника» определяется теми логическими связями, которые вводятся между этими понятиями. Все сказанное говорит о том, что архитектура и математика, являясь соответствующими проявлениями человеческой культуры, на протяжении веков активно влияли друг на друга. Они давали друг другу новые идеи и стимулы, совместно ставили и решали задачи. Архитекторы в своей профессиональной деятельности могут и должны использовать не только вычислительный аппарат математики, но и применять ее методологию, ее доказательную строгость и логику.

Таким образом, близкая взаимосвязь математики и архитектуры идёт с давних пор. В древней Греции геометрия считалась одним из разделов архитектуры, а шедевры создавались, только неотступно следуя законам геометрии. Архитектура триедина: она изначально сочетает в себе логику ученого, ремесло мастера и вдохновение художника. «Прочность – польза – красота» такова знаменитая формула единого архитектурного целого, выведенная два тысячелетия тому назад древнеримским теоретиком зодчества Витрувием (I век до н.э.).

# **Список используемой литературы**

1. Математическая школа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://math-school.narod.ru/quotes/from/great/men/of/mathematics/.

2. Словарь русского языка: Ок.53000слов/ С. И. Ожегов; под общ. ред. проф. Л. И. Скворцова. – 24 изд., испр., - М: ООО «Издательский дом», «ОНИКС 21век», ООО «Издательство «Мир и образование», 2004. – 896с.

3. Васютинский Н. Золотая пропорция / Н. Васюнский. – М.: Молодая Гвардия, 1990. – 232 с.

4. Застывшая музыка русских храмов [Электронный ресурс] <http://vptk.narod.ru/seminar6/musika.html>.

5. Геометрия в архитектуре древнерусского зодчества [Электронный ресурс] <http://t2012.ru/blog/geometrija_v_arkhitekture_drevnerusskogo_zodchestva/2010-05-26-3323>.

6. Золотое сечение [Электронный ресурс] http://pages.marsu.ru/iac/resurs/gorelysheva/8.html.

7. Геометрия в современной архитектуре [Электронный ресурс] <http://lib.znate.ru/docs/index-231089.html>.

8. Симметрия в архитектуре [Электронный ресурс] http://otherreferats.allbest.ru/construction/00098382\_0.html.