

УДК 53. 01/.09

МАТЕМАТИКА В АРХИТЕКТУРЕ

Радионова Инга Викторовна

Научный руководитель: **Шагаева Татьяна Николаевна**

преподаватель

ОГАПОУ «Губкинский горно-политехнический колледж»

Аннотация: конкурсная работа «Математика в архитектуре» направлена на интеграцию знаний, формирование общекультурной компетентности, создание представлений о математике как науке, возникшей из потребностей человеческой практики и развивающейся из них. Ведущий подход, который был использован при разработке проекта: показать на обширном материале от античных времен до наших дней пути взаимодействия и взаимообогащения двух великих сфер человеческой культуры - науки и искусства; расширить представления о сферах применения математики; показать, что фундаментальные закономерности математики являются формообразующими в архитектуре, 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. По сути, каждую из этих дисциплин можно рассматривать существенным и необходимым дополнением другой.

Ключевые слова: архитектура, сооружения, симметрия, строительство, геометрия.

MATHEMATICS IN THE ARCHITECTURE

Radionova Inga Viktorovna

Scientific supervisor: **Tatiana Nikolaevna Shagaeva**

Abstract: the competition work "Mathematics in Architecture" is aimed at the integration of knowledge, the formation of general cultural competence, the creation of ideas about mathematics as a science that arose from the needs of human practice and develops from them. The leading approach that was used in the development of the project: to show on extensive material from ancient times to the present day the ways of interaction and mutual enrichment of the two great spheres of human culture - science and art; to expand the understanding of the fields of application of

mathematics; to show that the fundamental laws of mathematics are formative in architecture, that architecture and mathematics, being the corresponding manifestations human cultures have been actively influencing each other for centuries. They gave each other new ideas and incentives, jointly set and solved tasks. In fact, each of these disciplines can be considered an essential and necessary complement to the other.

Keywords: architecture, structures, symmetry, construction, geometry.

Введение

Математика - это не только стройная система законов, теорем и задач, но и уникальное средство познания красоты. Многие математические теории нередко кажутся искусственными, оторванными от реальной жизни, просто непонятными. Если же подойти к этим проблемам с позиции исторического развития, то станет, **виден их глубокий жизненный смысл, их необходимость.** Поэтому, основополагающий вопрос проекта — «Математика способна решить всё!?»

Архитектура — древнейшая сфера человеческой деятельности и ее результат. Главный смысл понятия архитектура состоит в том, что это совокупность зданий и сооружений различного назначения, это пространство, созданное человеком и необходимое для его жизни и деятельности.

Тесная связь архитектуры и математики известна давно. Хороший архитектор должен знать аналитическую геометрию и математический анализ, основы высшей алгебры и теории матриц, владеть методами математического моделирования и оптимизации. Порой из-за недостаточного знания математики архитектору приходится делать немало лишней работы.

Проблемный вопрос проекта: можно ли считать математику и архитектуру, существенным и необходимым дополнением одна другой.

Цель данной работы — проследить влияние математики на архитектуру.

Задачи: найти общие черты математики и архитектуры, рассмотреть применение математики в архитектурных чертежах, геометрические формы в разных архитектурных стилях, показать влияние математики на прочность сооружений, рассмотреть применение принципа симметрии и золотого сечения в архитектуре, выявить эстетическое влияние математики на архитектуру, рассмотрев зодчество различных эпох, стилей, рассмотреть архитектуру нашего города.

Актуальность нашего исследования в том, что архитектурные объекты являются неотъемлемой частью нашей жизни. Наше настроение,

мироощущение зависят от того, какие здания нас окружают. Назрела необходимость исследования того многообразия объектов, которые появились в нашем городе. Если раньше архитектурные конструкции представляли собой однообразные сооружения, то в настоящее время геометрические формы позволили разнообразить архитектурный облик города. Работа актуальна не только на сегодняшний день. Упорядочению планировки и застройки городов служат регулярная планировка (прямоугольная, радиально-кольцевая, веерная и т.д.), в чём и не обойтись без математики. Математика играет далеко не последнюю роль, а точнее главную. Объектом исследования данной работы является архитектура и математика.

Объект: сбор информации, изучение литературы, анализ.

Новизна: актуальность выбранной темы - увидеть за формой стиль, за фигурой - формулу и доказать, что математика существует не только для математиков.

Архитектура – это искусство, это красота. Ведь как сказал Шеллинг «Архитектура – это застывшая музыка в пространстве». Но прежде чем построить такую красоту, мало иметь вдохновение, нужно точно знать где, как и сколько потребуется для строительства пусть даже обычного дома. В своих творениях архитекторы должны совместить функциональность, красоту, гармоничность, комфортность, экономичность и, конечно же, долговечность. В этом им и помогают знания математики. А в чём же всё-таки проявляется эта помощь? Например, для измерения площади земельного участка, архитектору необходимы знания формулы расчета площади и, конечно же, единиц измерения. При расчете размеров помещения архитектору необходимо учитывать средний рост человека, приблизительно равный 175 см. Значит, в данном случае он должен знать формулу вычисления среднего арифметического действия. Итак, прежде чем выстроить любое сооружение, нужно предварительно выполнить огромное количество расчетов, измерений.

В нашей стране нашло широкое распространение прогрессивный метод строительства по типовым проектам, который наряду с уменьшением объема проектных работ позволяет унифицировать строительные изделия и способствует индустриализации строительства. Примером выполнения и оформления строительных чертежей могут служить чертежи типовых проектов, разрабатываемые ведущими проектными организациями. Объекты, изображаемые на строительных чертежах – всевозможные здания и сооружения, состоят из отдельных частей – конструкций. Примерами конструкций здания могут служить его фундаменты, перекрытия, крыша.

При планировке здания руководствуются некоторыми правилами.

При перенесении размеров земельного участка и проецировании здания архитектор пользуется признаками подобия фигур, т.е. он не чертит объект в натуральную величину, а пользуется масштабом, стандартное отношение которого 1: 100. Вычерчивание планов начинают с изображения разбивочных или координационных осей, которые определяют расположение стен и колонн в здании. При планировке архитектор пользуется многими теоремами и аксиомами. Например, чтобы отложить несколько последовательно равных отрезков, используется знаменитая теорема Фалеса. Чтобы построить параллельные прямые, архитекторы пользуются рейсшиной. Также построение параллельных прямых выполняют с помощью чертежного угольника и линейки. Этот способ менее востребован, чем предыдущий, но им всё же пользуются, например, при построении малых элементов плана.

При проектировании вертикальной планировки используют графоаналитический метод. Графоаналитический метод проектирования вертикальной планировки имеет много разновидностей. Их смысл сводится к тому, что с помощью математики строится аналитическая модель существующего и проектируемого рельефов. Исходным условием является нулевой баланс земляных масс. После того, как все детали, элементы здания поострены, на план наносят все необходимые надписи и размеры.

Итак, математические расчеты, измерения, построения – это самые важные и незаменимые методы для архитектора.

Как математика помогает добиться прочности сооружений

Люди с древних времен, возводя свои жилища, думали, в первую очередь об их прочности. Прочность связана с долговечностью. На возведение зданий люди тратили огромные усилия, а значит были заинтересованы в том, чтобы они простояли как можно дольше. Прочность сооружения обеспечивается не только материалом, из которого оно создано, но и конструкцией, которая используется в качестве основы при его проектировании и строительстве. Прочность сооружения напрямую связана с той геометрической формой, которая является для него базовой. Математик бы сказал, что здесь очень важна геометрическая форма, в которое вписывается сооружение.

Самым прочным архитектурным сооружением с давних времен считаются египетские пирамиды. Как известно они имеют форму правильных четырехугольных пирамид. Именно эта геометрическая форма обеспечивает наибольшую устойчивость за счет большой площади основания. С другой стороны, форма пирамиды обеспечивает уменьшение массы по мере

увеличения высоты над землей. Именно эти два свойства делают пирамиду устойчивой, а значит и прочной в условиях земного тяготения.

На смену пирамидам пришла стоечно-балочная система. С точки зрения геометрии она представляет собой многогранник, который получится, если мысленно на два вертикально стоящих прямоугольных параллелепипеда поставить еще один прямоугольный параллелепипед. Это одна из первых конструкций, которая стала использоваться при возведении зданий и представляет собой сооружения, которые состоят из вертикальных стоек и покрывающих их горизонтальных балок. Первым таким сооружением было культовое сооружение — дольмен. Оно состояло из двух вертикально поставленных камней, на которые был поставлен третий вертикальный камень.

Нужно заметить, что до сих пор стоечно-балочная конструкция является наиболее распространенной в строительстве. Большинство современных жилых домов в своей основе имеют именно стоечно-балочную конструкцию.

Камень плохо работает на изгиб, но хорошо работает на сжатие. Это привело к использованию в архитектуре арок и сводов. Так возникла новая арочно-сводчатая конструкция. С появлением арочно-сводчатой конструкции в архитектуру прямых линий и плоскостей, вошли окружности, круги, сферы и круговые цилиндры. Этот вид конструкции был наиболее популярен в древнеримской архитектуре. Арочно-сводчатая конструкция позволяла древнеримским архитекторам возводить гигантские сооружения из камня. К ним относится знаменитый Колизей или амфитеатр Флавиев.

Следующим этапом развития архитектурных конструкций явилась каркасная система. Аркбутаны являлись каркасом, которые окружал сооружение и принимал на себя основные нагрузки. Арочная конструкция послужила прототипом каркасной конструкции, которая сегодня используется в качестве основной при возведении современных сооружений из металла, стекла и бетона. Достаточно вспомнить конструкции известных башен: Эйфелевой башни в Париже и телебашни на Шаболовке. Телебашня на Шаболовке состоит из нескольких поставленных друг на друга частей однополостных гиперболоидов. Причем каждая часть сделана из двух семейств прямолинейных балок. Эта башня построена по проекту замечательного инженера В.Г. Шухова.

Однополостный гиперболоид — это поверхность, образованная вращением в пространстве гиперболы, расположенной симметрично относительно одной из осей координат в прямоугольной системе координат, вокруг другой оси.

Обратите внимание, что любое осевое сечение однополостного гиперboloида будет ограничено двумя гиперболами.

Другой интересной для архитекторов геометрической поверхностью оказался гиперболический параболоид. Это поверхность, которая в сечении имеет параболу и гиперболу. Появление новых строительных материалов делает возможным создание тонкого железобетонного каркаса и стен из стекла. Достаточно вспомнить американские небоскребы или, например, здание Кремлевского дворца съездов созданных из стекла и бетона. Именно эти материалы и каркасные конструкции стали преобладающими в архитектурных сооружениях XX века. Они обеспечивают зданиям высокую степень прочности.

Геометрические формы в разных архитектурных стилях.

Ни один из видов искусств так тесно не связан с геометрией как архитектура. Архитектурные произведения живут в пространстве, являются его частью, вписываясь в определенные геометрические формы. Кроме того, они состоят из отдельных деталей, каждая из которых также строится на базе определенного геометрического тела. Часто геометрические формы являются комбинациями различных геометрических тел.

Рассмотрим еще один яркий архитектурный стиль — средневековая готика. Готические сооружения были устремлены ввысь, поражали величием, главным образом за счет высоты. И в их формах также широко использовались пирамиды и конусы, которые соответствовали общей идее — стремлению вверх. Характерными деталями для готических сооружений являются стрельчатые арки порталов, высокие стрельчатые окна, закрытые цветными витражами.

Обратимся к геометрическим формам в современной архитектуре.

Во-первых, в архитектурном стиле “Хай Тек”, где вся конструкция открыта для обозрения. Здесь мы можем видеть геометрию линий, которые идут параллельно или пересекаются, образуя ажурное пространство сооружения. Примером, своеобразной прародительницей этого стиля может служить Эйфелева башня.

Во-вторых, современный архитектурный стиль, благодаря возможностям современных материалов, использует причудливые формы, которые воспринимаются нами через их сложные, изогнутые (выпуклые и вогнутые) поверхности.

Симметрия — царица архитектурного совершенства.

Слово симметрия произошло от греч. слова *symmetria* — соразмерность.

Рассматривая симметрию в архитектуре, нас будет интересовать геометрическая симметрия - симметрия формы, как соразмерность частей целого. Замечено, что при выполнении определенных преобразований над геометрическими фигурами, их части, переместившись в новое положение, вновь будут образовывать первоначальную фигуру. При осевой симметрии части, которые, если можно так сказать, взаимно заменяют друг друга, образованы некоторой прямой. Эту прямую принято называть осью симметрии. В пространстве аналогом оси симметрии является плоскость симметрии. Таким образом, в пространстве обычно рассматривается симметрия относительно плоскости симметрии. Этот вид симметрии иногда называют зеркальной. Название это оправдано тем, что обе части фигуры, находящиеся по разные стороны от оси симметрии или плоскости симметрии, похожи на некоторый объект и его отражение в зеркале.

Кроме зеркальной симметрии рассматривается центральная или поворотная симметрия. В этом случае переход частей в новое положение и образование исходной фигуры происходит при повороте этой фигуры на определенный угол вокруг точки, которая обычно называется центром поворота. Отсюда и приведенные выше названия указанного вида симметрии. Поворотная симметрия может рассматриваться и в пространстве. Куб при повороте вокруг точки пересечения его диагоналей на угол 90° в плоскости, параллельной любой грани, перейдет в себя. Поэтому можно сказать, что куб является фигурой центрально симметричной или обладающей поворотной симметрией.

Еще одним видом симметрии, является переносная симметрия. Этот вид симметрии состоит в том, что части целой формы, организованы таким образом, что каждая следующая повторяет предыдущую и отстоит от нее на определенный интервал в определенном направлении. Этот интервал называют шагом симметрии. Переносная симметрия обычно используется при построении бордюров. В произведениях архитектурного искусства ее можно увидеть в орнаментах или решетках, которые используются для их украшения. Переносная симметрия используется и в интерьерах зданий.

Архитектурные сооружения, созданные человеком, в большей своей части симметричны. Они приятны для глаза, их люди считают красивыми.

Симметрия воспринимается человеком как проявление закономерности, а значит внутреннего порядка. Внешне этот внутренний порядок воспринимается как красота.

Симметричные объекты обладают высокой степенью целесообразности — ведь симметричные предметы обладают большей устойчивостью и равной функциональностью в разных направлениях. Все это привело человека к мысли, что чтобы сооружение было красивым оно должно быть симметричным. Наиболее ярко симметрия проявляется в античных сооружениях Древней Греции, предметах роскоши и орнаментов, украшавших их. С тех пор и до наших дней симметрия в сознании человека стала объективным признаком красоты.

Соблюдение симметрии является первым правилом архитектора при проектировании любого сооружения. Если мы мысленно проведем вертикальную линию через шпиль на куполе и вершину фронтона, то увидит, что с двух сторон от нее абсолютно одинаковые части сооружения. Но возможно, что вы не знаете, что в Казанском соборе есть еще одна, если можно так сказать симметрия.

Кроме симметрии в архитектуре можно рассматривать антисимметрию и диссимметрию.

Антисимметрия это противоположность симметрии, ее отсутствие. Примером антисимметрии в архитектуре является Собор Василия Блаженного в Москве, где симметрия отсутствует полностью в сооружении в целом. Однако, удивительно, что отдельные части этого собора симметричны и это создает его гармонию. Диссимметрия — это частичное отсутствие симметрии, расстройство симметрии, выраженное в наличии одних симметричных свойств и отсутствии других. Примером диссимметрии в архитектурном сооружении может служить Екатерининский дворец в Царском селе под Санкт-Петербургом. Практически в нем полностью выдержаны все свойства симметрии за исключением одной детали. Наличие дворцовой церкви расстраивает симметрию здания в целом. Если же не принимать во внимание эту церковь, то дворец становится симметричным.

Завершая, можно констатировать, что красота есть единство симметрии и диссимметрии.

В своей работе мы также рассмотрели и другие вопросы: золотое сечение в архитектуре, число Фидия, как математика может помочь в планировании помещений, геометрические формы в различных архитектурных стилях архитектура города Губкина.

Заключение

Таким образом, тема проекта актуальна, особенно на нынешнем этапе развития архитектуры. Сложно представить современное градостроительство

без математических моделей-прогнозов. Появляются все новые возможности моделирования, основанные на математических расчетах, компьютерные программы, позволяющие архитектору быстрее производить точные измерения, расчеты. 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. По сути, каждую из этих дисциплин можно рассматривать существенным и необходимым дополнением другой.

Вывод:

Математика предлагает архитектору ряд, если так можно назвать, общих правил организации частей в целое, которые помогают:

- Расположить эти части в пространстве, так, что в них проявлялся порядок;
- Установить определенное соотношение между размерами частей и задать для изменения размеров (уменьшения или увеличения) 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 выделить его из других сооружений и внести в их состав, создав новую композицию, новый архитектурный ансамбль.

Список литературы

1. <http://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2012/03/29/issledovatel'skaya-rabota-matematika-v-arkhitecture>
2. Детская энциклопедия. Для среднего и старшего возраста. Д 38 Изд. 2, т. 12. «Искусство». М., «Просвещение», 1968.
3. Савин А., Число Фидия - золотое сечение (Квант N 6,1997), с. 31-32

© И. В. Радионова, 2022