

Краевой конкурс учебно-исследовательских и проектных работ учащихся  
«Прикладные вопросы математики»

Геометрия

**Застывшая музыка города**  
**(Геометрические особенности построения арок зданий г. Перми)**

Суворов Николай,  
МАОУ СОШ №115, г. Пермь, 6 кл.  
Арапова Т.А.,  
учитель математики  
МАОУ СОШ №115.

## Содержание

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                                  | 3  |
| Глава 1. Арки как архитектурный элемент .....                                   | 4  |
| 1.1. Круглые арки .....                                                         | 5  |
| 1.2. Стрельчатые арки .....                                                     | 6  |
| 1.3. Плоские арки .....                                                         | 7  |
| Глава 2. Особенности арочной архитектуры города Перми .....                     | 8  |
| Заключение .....                                                                | 15 |
| Источники .....                                                                 | 16 |
| Приложение 1. Арки (основные виды), построенные циркулем, линейкой и угольником |    |
| Приложение 2. Арки (свой вариант), построенные циркулем, линейкой и угольником  |    |

## **Введение**

Город Пермь - красивый город. Его красота – это вековой труд многих людей: архитекторов, художников, скульпторов и даже простых рабочих и инженеров, притворявших в жизнь сотни замыслов. В качестве архитектурных шедевров города Перми можно отнести старые купеческие дома, здания храмов, театров, музеев. Большинство этих зданий объединяет наличие такого архитектурного элемента, как арки. Возникают вопросы: «А в чём секрет очень красивых и часто встречающихся арок? Какие геометрические знания могли использовать архитекторы для построения арок?» Желание ответить на эти вопросы подтолкнуло к написанию данной работы.

Цель работы: иметь представление о геометрических особенностях построения арок на примерах зданий города Перми.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- рассмотреть особенности становления и развития арочного искусства;
- определить способы построения основных видов арок (геометрические приемы);
- соотнести виды арок с элементами архитектуры зданий города Перми.

Сейчас, когда у людей появилась возможность проектировать свою квартиру самому, каждый ознакомившийся с данной работой, может самостоятельно выбрать тот тип арки, который соответствует его замыслу. Знакомство с настоящей работой позволит улучшить навыки работы с чертежными инструментами. А также увидеть красоту архитектурных сооружений города с точки зрения математики.

## Глава 1. Арки как архитектурный элемент

Арка (см рис.1) — архитектурный элемент, используемый для перекрытия сквозного или глухого проёма в стене или пролёта между двумя опорами (колоннами, устоями моста), представляющий собой брус, создающий боковой распор. Как правило этот брус в проекции на вертикальную плоскость имеет криволинейную конфигурацию произвольной, но симметричной относительно вертикальной линии, проходящей через его центр, формы.



Рис.1 Арка

В большинстве случаев арки предназначаются для создания проёма в стене для окон, дверей и т.п. Однако встречаются и слепые арки, заполненные материалом. Одной из целей этого является увеличение прочности стены, что позволяет разгрузить ниже лежащие слои материала от тяжести выше лежащих. Такой конструктивный приём был известен ещё в древности, когда архитекторы не владели методами расчёта строительной конструкции с учётом прочности материала. Это имело место, например, когда перекрытие проёма в стене было выполнено в виде плоской арки, для разгрузки которой над нею делалась слепая арка. [1,9]

Арка впервые встречается в архитектуре древнейшей Месопотамии.

По форме различают арки трёх основных типов:

- Круглые
- Стрельчатые
- Плоские

В каждом типе различают несколько видов (см рис.2):

### А. Круглые арки

- 1 - полукруглая (полуциркульная)
- 2 - полукруглая возвышенная

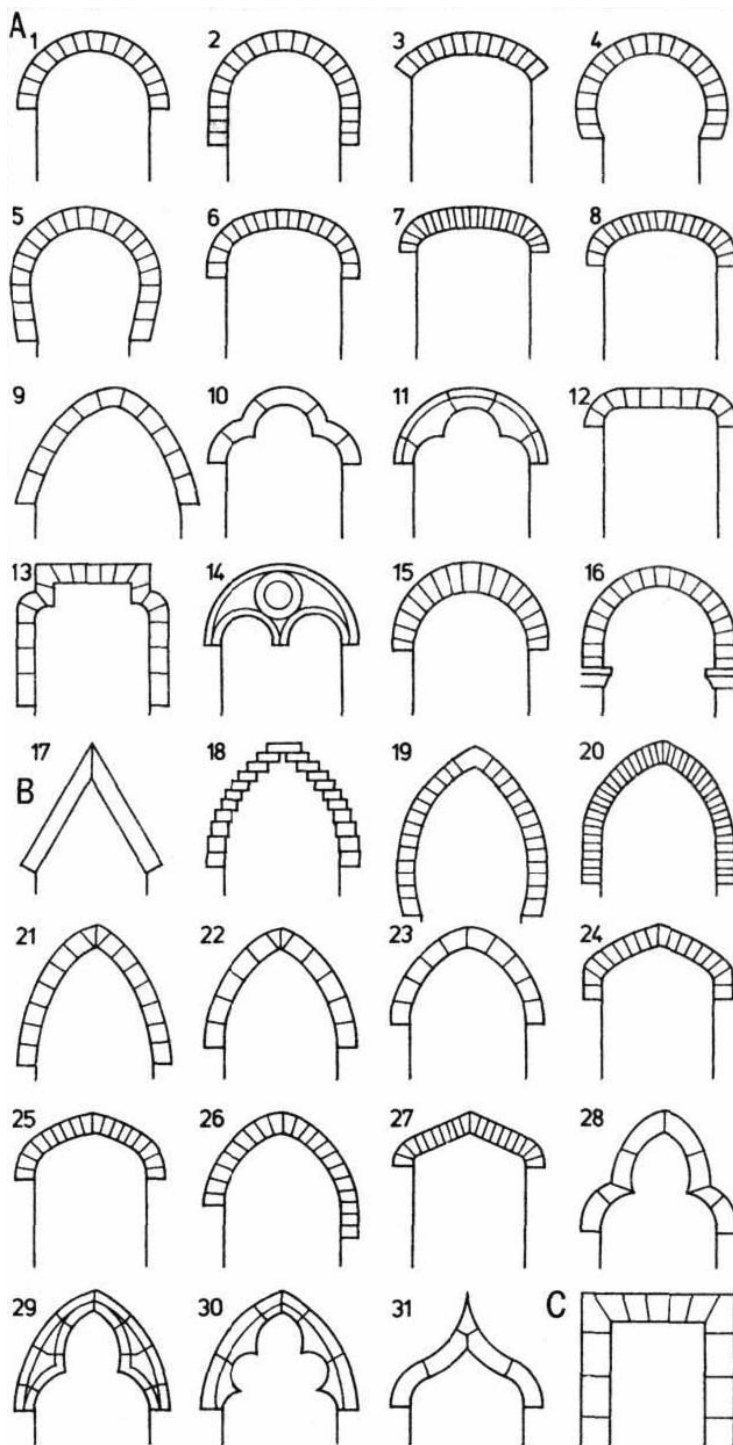


Рис.2 Основные виды арок

- 3 - сегментная (лучковая)
- 4 - круглая подковообразная
- 5 - подковообразная
- 6 – трехцентровая (коробовая)
- 7 - трехцентровая пониженная
- 8 - эллиптическая
- 9 - параболическая
- 10 - круглая в виде трилистника
- 11 - круглая, украшенная трилистником
- 12 - псевдотрехцентровая
- 13 - арка с заплечиками (консольная)
- 14 - венецианская
- 15 - флорентийская
- 16 - возвышенная

#### **В. Стрельчатые арки**

- 17 - треугольная
- 18 - ступенчатая
- 19 - стрельчатая подковообразная
- 20 - стрельчатая сарацинская
- 21 - ланцетообразная
- 22 - равносторонняя
- 23 - стрельчатая сжатая
- 24 - стрельчатая сегментная
- 25 - четырехцентровая ("тюдор")
- 26 - ползучая
- 27 - псевдочетырёхцентровая
- 28 - стрельчатая в виде трилистника
- 29 - стрельчатая украшенная трилистником
- 30 – пятилистная (многолистная)
- 31 - килевидная

#### **С. Плоская арка**

Прежде чем арка возникнет в камне, дереве, металле, естественно, арка появляется на листе бумаги. Рассмотрим основные приемы построения арок разных видов. [9]

#### **1.1. Круглые арки**

Для построения круглых арок используется одна или несколько окружностей или их дуг.

Самым простым и распространенным видом круглых арок является полуциркулярная (полукруглая, римская) арка — арка, имеющая форму полуокружности, центр которой расположен на уровне пят арки. Этот вид арок присутствует в зодчестве разных

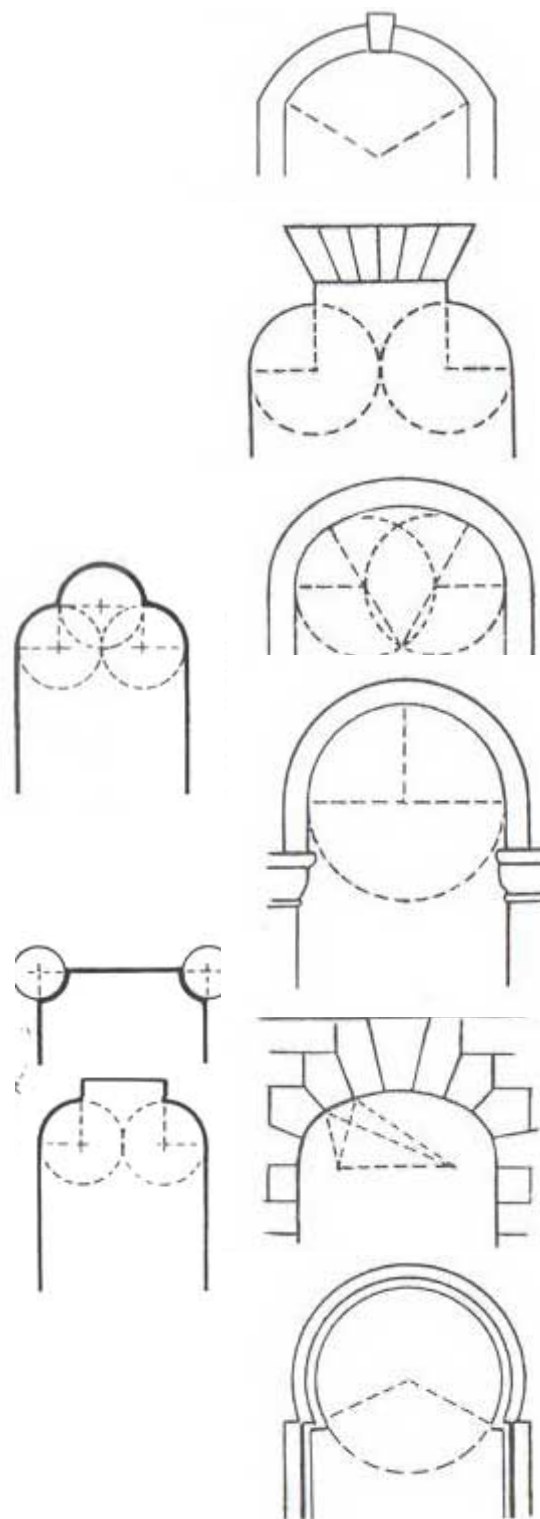


Рис.3 Построение некоторых круглых арок

эпох, стран и стилей. Наиболее характерна для классической архитектуры, где она чаще всего бывает обрамлена архивольтом (от лат. *arcus volutus* — «обрамляющая дуга») или выделена рядом клинчатых камней с замковым камнем посередине.

Лучковая арка - арка, имеющая форму дуги примерно в четверть окружности. В Древнем Риме арки такой формы служили перемычкой оконных проемов в жилых зданиях.

Классические круглые арки (например, полуциркульные) вычерчивают из одного центра. Сначала проводят горизонтальную и вертикальную оси, определяют центр. Из центра радиусом необходимого размера описывают половину окружности, т. е. до уровня центра, с которого вытягивали, а затем идут вертикальные стороны арки.

Пологие арки вычерчивают из одного центра, который находится гораздо ниже самой верхней части арки. Все зависит от того, насколько должна быть поднята криволинейная часть.

Для работы над построением эллиптической арки необязательно пользоваться циркулем, можно обойтись и ниткой, рыболовной леской или шпагатом. Если в верхнюю горизонтальную ось вбить два гвоздя на одинаковом расстоянии от вертикальных боковых осей или линий арки, а внизу на необходимом расстоянии от верха арки — один гвоздь с закрепленной на нем ниткой, натянуть ее и вращать влево и вправо, то нитка, перегнувшись через данные точки, вычертит требуемую кривую. [3,8,9]

### **1.2. Стрельчатые арки**

На Востоке полукруглая арка претерпела наиболее сильную трансформацию, превратившись в так называемую стрельчатую, или ломаную арку, дуги которой пересекаются под углом. Стрельчатая форма арок подчеркивала безудержное стремление ввысь - излюбленному мотиву развитого готического стиля.

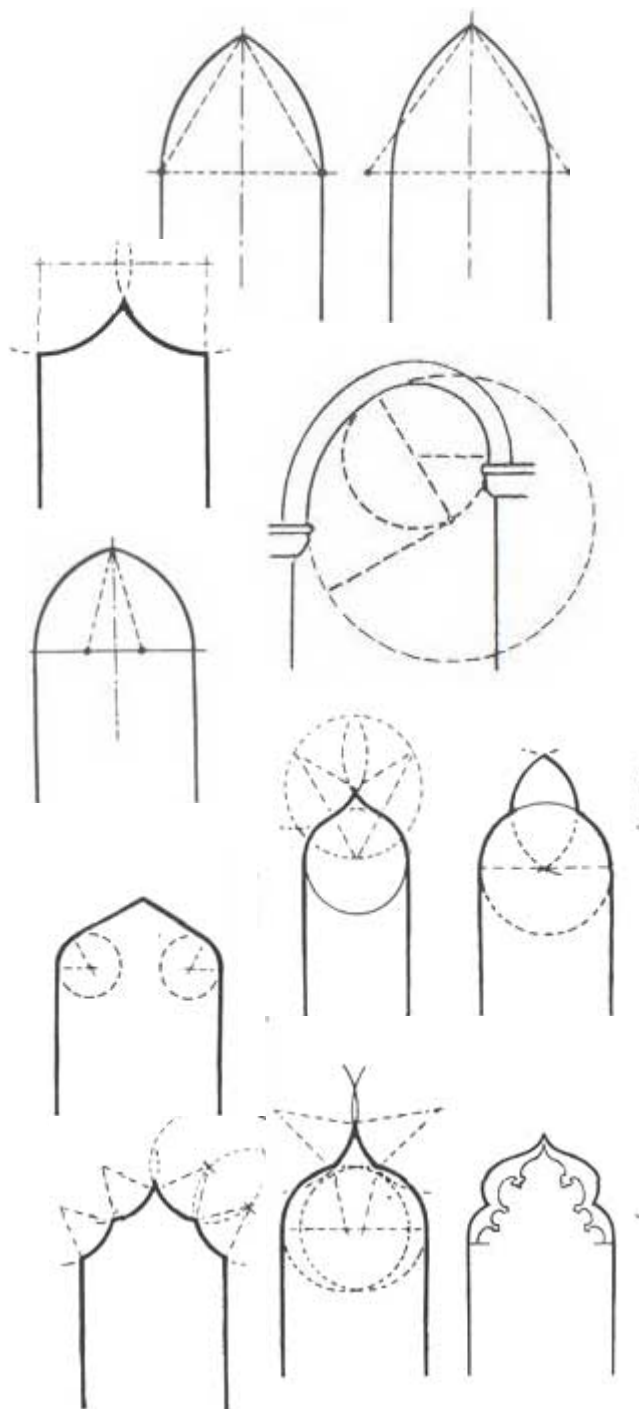


Рис. 4 Построение некоторых стрельчатых арок

Стрельчатая (готическая) арка - арка, образованная двумя выпуклыми полуарками, пересекающимися под углом в вершине и очерченными из двух и более центров дугами, радиусами более половины длины пролёта.

Стрельчатая арка имеет более сложную геометрическую форму по сравнению с полуциркульной, которая обычно строится одним движением циркуля.

Для построения классической стрельчатой арки необходимо выбрать определенный раствор циркуля и закрепить его. Затем провести горизонтальную прямую. В любую точку этой прямой поставить ножку циркуля и провести дугу (можно полуокружность). Затем ножку циркуля поставить на горизонтальную прямую так, чтобы она оказалась со стороны выпуклой части уже построенной дуги, и снова провести дугу тем же радиусом. Две дуги пересекутся. Над горизонтальной линией мы получили схематическое изображение стрельчатой арки.

Стрельчатые сложные арки вычерчивают из четырех или более центров, что зависит от формы арки, т. е. кривизны ее очертаний (см примеры на рис. 4)

Разной формы арки встречаются и в новом строительстве и в реставрационных работах. Их формы и размеры самые различные. [3,9]

### **1.3. Плоские арки**

Прямоугольная плоская арка, которая есть в большинстве домов, - так выглядит оформление стандартных дверей, оконных проемов. Прямоугольный портал лаконичен, прост и надежен. Он призван выделить вход и подходит для любых проемов, визуально немного уменьшая их размеры. [9]

Если смотреть с точки зрения строительства, бюджета, то плоская арка является самым простейшим, дешевым, примитивным архитектурным элементом. Не представляет она большого интереса и с точки зрения геометрии. Поэтому в данной работе об этом типе арки много рассказывать не имеет смысла.

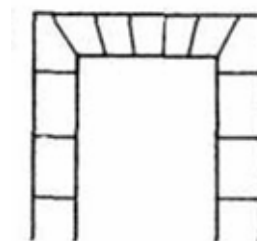


Рис. 5 Плоская арка

Таким образом, существует три основных типов арок: круглые, стрельчатые, плоские. Прежде чем арка возникнет в камне, дереве, металле, естественно, она появляется на листе бумаги. С помощью циркуля и линейки можно построить арки на бумаге.

## Глава 2. Особенности арочной архитектуры города Перми

В данной главе рассмотрим арочные конструкции города Перми. Архитектурный облик современной Перми окончательно сформировался к концу 19 – началу 20 века. Город предстает перед нами как типично капиталистический город с развитой фабрично – заводской промышленностью, отражающей острые противоречия между архитектурой центра и рабочих окраин. Его рамки определялись между женским Успенским монастырем, железной дорогой и деревней Новые Горюшки.

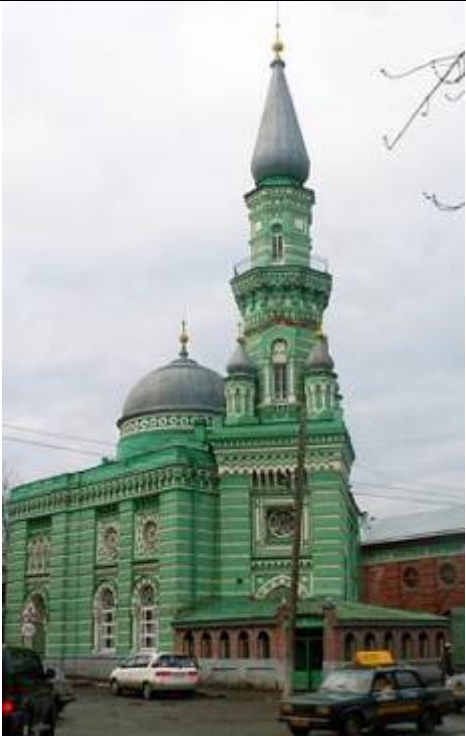
Позже город разрастается и приобретает свои неповторимые черты. Этому способствуют ассиметричность композиций, наличие кривых линий, широкое применение лепных украшений, скульптуры, цветных витражей, мозаики, арочных конструкций.

Архитектура Перми – это каменная летопись истории города, донесшая до людей уникальную информацию о прошедшей культурно-исторической эпохе. И, естественно, невозможно представить облик этих замечательных зданий без такого важного архитектурного элемента как арки. Какие же типы арок чаще встречаются в нашем городе? [2,6]

| Тип арки                          | Здания Перми                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Полуциркулярная арка              |  <p data-bbox="443 1458 1414 1485">Дом пароходчика Николая Мешкова, 1889 (ул. Орджоникидзе, 11), архитектор И. И. Свиязев</p>                  |
| Сегментная и полуциркулярная арки |  <p data-bbox="443 1944 1522 1995">Дом «чайного короля» – кунгурского купца С.М.Грибушина, 1907 г., (Ленина, 13а ) архитектор И.А. Быховец</p> |

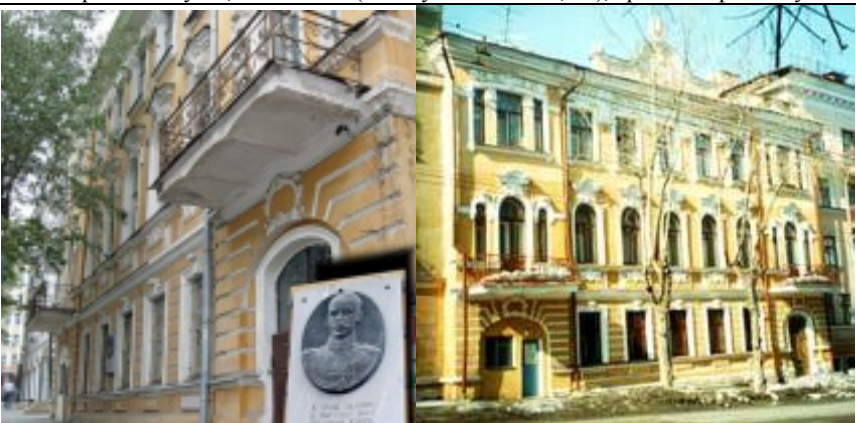


|                                                                                  |                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Сегментная и<br/>полуциркулярная арки</p>                                     |  <p>Церковь Марии Магдалины, 1910 (Ленина, 13), проект архитектора Турчевича.</p>                         |
| <p>Круглая, украшенная<br/>трилистником арка</p>                                 |  <p>Церковь в честь иконы Божией Матери, Гайва.</p>                                                      |
| <p>Полуциркулярная,<br/>Сегментная,<br/>трехцентровая<br/>пониженная арки</p>    |  <p>Вознесенско-Феодосиевская церковь, 1903 – 1910(ул. Борчанинова, д. 11), архитектор А. И. Ожегов</p> |
| <p>Килевидная,<br/>полуциркулярная и<br/>равносторонняя<br/>стрельчатая арки</p> |  <p>Католический костёл, 1873-75 гг. (Пушкина, 28), проект архитектора Р.О.Карвовского</p>              |

|                                                                                      |                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Полуциркульная арка</p>                                                           |  <p>Старообрядческая церковь (Новоиылнская улица, 43)</p>                    |
| <p>Подковообразная, полуциркульная украшенная трелистником и полуциркульная арки</p> |  <p>Мечеть, 1901-1903 (Орджоникидзе, 67) архитектор А.И.Ожегов.</p>         |
| <p>Полуциркульная и равнос торонняя стрельчатая арки</p>                             |  <p>Кирха, 1861-1864 (ул. Максима Горького, 38), архитектор Г.Э.Боссэ.</p> |

|                                   |                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Полуциркулярная арка              |  <p data-bbox="443 539 1326 568">Здание речного вокзала, 1940 (Орджоникидзе, 2), проект архитектора А.З. Гринберга</p>  |
| Полуциркулярная арка              |  <p data-bbox="443 999 1289 1025">Вокзал Пермь I, 1876-1878 (Орджоникидзе, 5) инженер-архитектор И.А. Быховец</p>       |
| Сегментная и подковообразная арки |  <p data-bbox="443 1406 1299 1429">Здание бывшего Инженерного общества (пересечении улиц Сибирской и Кирова).</p>     |
| Круглая в виде трилистника арка   |  <p data-bbox="443 1971 1318 1998">Храм святого великомученика и целителя Пантелеймона (ул. Братьев Игнатовых, 2)</p> |



|                                                                                                   |                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Сегментная<br/>трехцентровая<br/>пониженная арки</p>                                           |  <p>Здание бывших жандармских казарм (ул Сибирская)</p>                                      |
| <p>Сегментная,<br/>полукруглая,<br/>украшенная<br/>трелистником<br/>и<br/>полуциркульная арки</p> |  <p>Здание бывшей городской думы, 1882-1885 (Коммунистическая, 25), архитектор М. Шухман</p> |
| <p>Сегментная,<br/>эллиптическая<br/>и<br/>полуциркульная арки</p>                                |  <p>Королёвские номера, 1910 (ул. Сибирская, 5), архитектор Артемов</p>                     |
| <p>Полуциркульная арка</p>                                                                        |  <p>Бывшая губернская земская управа, 1913 (Пушкина, 46), архитектор В.А.Волошин.</p>      |

|                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Сегментная и<br/>полуциркулярная арки</p>                     |  <p>Здание бывшей Рождественско-Богороцкой школы, 1896 (ул.Кирова)</p>                                                                                   |
| <p>Сегментная и<br/>полуциркулярная арки</p>                     |  <p>Здания кафедрального собора Спасо-преображенского монастыря и архиерейского дома, 1793-1832 (Комсомольский проспект, 6), автор - Г.Х. Паульсен.</p> |
| <p>Равносторонняя<br/>стрельчатая и<br/>полуциркулярная арки</p> |  <p>Комплекс зданий бывшей пермской семинарии, 1831 (угол Комсомольский пр. и ул. Орджоникидзе), архитектор И.И.Связев.</p>                            |
| <p>Сегментная и<br/>полуциркулярная арки</p>                     |  <p>Здание управления , 1949 - 1953 гг.( Комсомольский пр-т, 74), проект архитектора Парелешина М.А.</p>                                               |



|                                                   |                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сегментная и<br>полуциркульная арки               |  <p>Пермский государственный театр юного зрителя, 1964 (ул. Большевикская, 68), архитектор А. Турчевич</p>   |
| Трехцентровая<br>пониженная арка                  |  <p>Дом-музей Николая Гавриловича Славянова, 1988 (Ул. 1905 г., 37)</p>                                     |
| Килевидная, подковообразная и полуциркульная арки |  <p>Свято-Троицкий Стефанов мужской монастырь, 1828. (ул. Висимская, 4), проект архитектора Васильева.</p> |

Можно заметить, что в представленных архитектурных сооружениях арки придают зданиям монументальность и легкость одновременно, величие, завершенность и красоту. Также можно заметить, что в архитектуре города преобладают в основном круглые типы арок (полуциркульные и сегментные). Во всех храмах города присутствует арочный элемент, и дело не только в прочности здания, но и в символизме – арки символизируют мосты между небесным и земным мирами [2,4,5,6,7]

## **Заключение**

Существует три основных типов арок: круглые, стрельчатые, плоские. Воплощение оригинальных архитектурных идей потребовало от зодчих решения целого ряда геометрических задач. Ведь прежде чем арка возникнет в камне, дереве, металле, естественно, она появляется на листе бумаги. С помощью циркуля и линейки можно построить арки на бумаге. В архитектуре строго уравновешены наука, техника, искусство. Гармоничное единство этих начал помогает создавать памятники архитектуры, совершенство которых не подвластно времени. Математика и архитектура неразделимы, в этом древнейшем союзе, изобретательности и таланте русских зодчих и заключается главный секрет красоты и гармонии архитектурных шедевров.

В работе было показано, как можно видоизменять арки, представлены способы построения некоторых видов арок, соотнесены виды арок с элементами архитектуры зданий города Перми. Было замечено, что в архитектуре нашего города преобладают в основном круглые типы арок (полуциркульные и сегментные). Во всех храмах города есть неизменный архитектурный элемент – арки как символ соединения неба и земли. Стрельчатые, подковообразные, полуциркульные и др. арки всегда гармонично дополняют любое сооружение, придадут загадочность и притягательность благодаря своей неповторимой форме, никого не оставят равнодушным.

## Источники

1. Арка <http://ru.wikipedia.org/wiki/Арка>
2. Архитектура города Перми <http://www.visitperm.ru/attractions/architectural/>
3. Волошинов А.В. Математика и искусство.-М.:Просвещение. 1992.-335с.
4. Гайсин О.Г. Прогулки по Перми <http://metrosphera.ru/history/arch/?pub=9>
5. Город Пермь. Достопримечательности Перми. Куда пойти и что посмотреть в Перми? <http://v-perm.ru/page/2/>
6. История, архитектура, достопримечательности города. [http://www.psu.ru/perm\\_r/history/index.html](http://www.psu.ru/perm_r/history/index.html)
7. Памятники архитектуры города Перми <http://www.komandirovka.ru/dostoprim/list.php?ID=1335&CAT=879>
8. Семенов Е.Е. За страницами учебника геометрии.-М.:Просвещение 1999.-286с.:ил.
9. Типы арок <http://www.pro-remont.com.ua/view.articles/mode.view/id.185/>