

Министерство образования Российской Федерации

Томский государственный
архитектурно-строительный университет

**РАСПОРНЫЕ СИСТЕМЫ В ПАМЯТНИКАХ
АРХИТЕКТУРЫ**

Методическое пособие

Томск-2005

Болтовская И.Ю. Распорные системы в памятниках архитектуры. Методическое пособие. Томск: Изд-во Томского архитектурно-строительного университета, 2005.- с.

Рецензент доцент Е.Н.Колокольцева

Редактор Т.С.Володина

Методическое пособие для студентов архитектурного факультета, обучающихся по специальности 2912 – «Реставрация архитектурного наследия».

Печатается по решению методического семинара кафедры реконструкции и реставрации архитектурного наследия № от

Утверждены и введены в действие проректором по учебной работе О.Г. Кумпяком

с
до

Литература

1. Кутуков В.Н. Реконструкция зданий. - М.,1981.
2. Уайт Э., Робертсон Б. Архитектура. Формы, конструкции, детали. Иллюстрированный справочник.- М.,2004.
3. Первичная учетная документация на памятники градостроительства и архитектуры. Словарь архитектурных терминов. - М.,1989.
4. Подъяпольский С.С., Бессонов Г.Б. Реставрация памятников архитектуры. - М.Стройиздат,1988.
5. Исследование деформаций, расчет несущей способности и конструктивное укрепление древних распорных систем. Раздел IV.Методические рекомендации. - М.,1989.
6. Пашкин Е.М., Бессонов Г.Б.Диагностика деформации памятников архитектуры.-М.,Стройиздат,1984.
7. Словарь архитектурно-реставрационных терминов. - Киев,1990.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	4
2. СВОДЫ	5
3. АРКИ	6
4. КУПОЛА	7
5. ВОЗДУШНЫЕ СВЯЗИ	8
6. ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Старые русские меры длины и веса.	11
7. ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Основные формы арок.	12
8. ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Основные формы сводов.	14
9. ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Арки – элементы распорных систем.	15
10. ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Типы куполов.	16
11. ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Конструкции перемычек проемов.	17
12. ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Воздушные связи арочных конструкций.	18
13. ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Элементы арки.	19
14. ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Краткий словарь архитектурно-реставрационных терминов	21
15. ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Фотоиллюстрации	23
16. ЛИТЕРАТУРА	30

1. ВВЕДЕНИЕ

До первой половины XIX века в зданиях выполнялись сводчатые либо плоские балочные деревянные перекрытия. С конца XIX века широкое распространение получили конструкции из небольших кирпичных или бетонных сводиков по балкам из металлического проката. Своды главным образом использовались в культовом строительстве, и выполнялись как в кирпичном, так и в деревянном исполнении, имитирующем каменные. В гражданском строительстве своды применялись преимущественно для перекрытия подвалов, цокольных и первых этажей (т.е. в тех местах, где меньшее значение имеет распор конструкций).

СВОД – арочная распорная конструкция сплошного сечения, протяженность которой в направлении, перпендикулярном оси, соизмерима с пролетом.

Многие виды современных оболочек, являясь распорными системами, не являются арочными формами и сводами не считаются.

АРКА (лат.) – криволинейное перекрытие проема в стене или пространства между двумя опорами (столбами, колоннами, пилонами), у которого поперечная толщина кладки меньше, чем протяженность перекрываемого пространства. Представляет собой частный случай свода, его плоскую модель. Каждый тип свода может быть представлен как система элементарных арок и полуарок, образующих форму свода и несущих свою часть нагрузки.

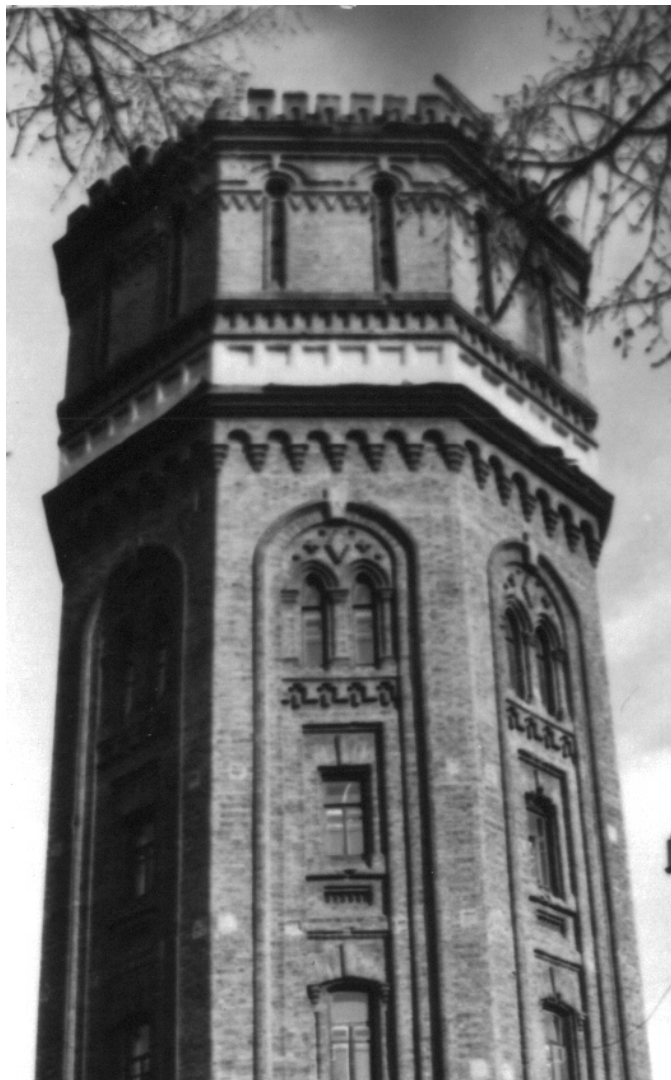
КУПОЛ (ит.) – свод в виде полусферы, образованный вращением кривой (дуги, окружности и пр.) вокруг вертикальной оси.

По типу работы конструкции своды, арки и купола относятся к арочным распорным системам.



Рис. 6 Белая мечеть на Московском тракте в г.Томске.
Зонтичный купол.

Рис.5 Водонапорная башня на пересечении ул. Яковлева и ул. Пушкина.
На пятом этаже – тимпан над сдвоенными арочными оконными проемами.



2. СВОДЫ

Кирпичными сводами перекрывали пролеты около 4-7 м между несущими стенами.

Своды применялись разных видов, но наиболее распространенными были:

1. **Цилиндрический свод – свод, опирающийся на параллельные горизонталы и имеющий в сечении половину окружности.** Им перекрывали помещения с любым соотношением сторон, тогда как другие формы сводов наиболее пригодны для перекрытия помещений, близких по форме к квадрату, в особенности крестовый и сомкнутый. Для цилиндрических сводов конца XVIII-начала XIX века характерна замена сплошной забутовки пазух отдельными распорными стенками, перпендикулярными к стене помещения.
2. **Крестовый свод – свод, образованный пересечением под прямым углом двух цилиндрических сводов.** Часто встречается в перекрытии галерей. Различают два типа крестового свода: простой и впа­ру­шен­ный (подъемистый). У впа­ру­шен­ного свода – длина дуги **щековой арки** существенно превышает ее проекцию.
3. **Сомкнутый свод – свод над четырехугольным помещением, образованный лотками.** Большинство сомкнутых сводов выполняется с забуткой пазух, которая может быть полной или частичной. Полная забутка применяется в тех случаях, когда свод является междуэтажным перекрытием и конструкция пола устраивается непосредственно по засыпке. Полная забутка имеет высоту приблизительно равную подъему свода.

Толщину сводов в верхнем участке – **шелыге** назначали от 1/2 до 1 кирпича при пролете около 6 м и очертании по шестой части окружности. К пятам толщина сводов увеличивалась до 1,5 -2

Над оконными и дверными проемами в сводах устраивали распалубки. **Распалубка** – сводик с треугольной, стрельчатой, параболической проекцией, нависающий над проемом и врезанный в основной свод помещения.

В конце XIX века в качестве перекрытий жилых, общественных и промышленных зданий стали широко применять кирпичные, железобетонные и бетонные сводики по металлическим балкам. Расстояние между балками составляло при кирпичных сводах 1,1-1,4 м, бетонных 1,1-1,2 м и железобетонных 1,1-2,9 м. Толщина кирпичных сводиков была 1/2 кирпича, бетонных 100-140 мм, железобетонных 45-150 мм.

3.АРКИ

В памятниках архитектуры арки применялись как самостоятельные конструкции и элементы сложных распорных систем. По назначению различают: подпружные арки, перемычки, разгрузочные арки, распорки и ползучие арки.

1. **Подпружные арки** - основные элементы перекрытий, несущие большую сосредоточенную или распределенную нагрузку вдоль арки. Пролеты подпружных арок увеличились с 2,1-7,5 м в XVII веке до 22,0 м в XIX веке. Толщина в замке составляла 1/4-1/12 пролета в зависимости от года постройки. Форма арки могла быть очень разнообразной: полуциркулярной, параболической и др. Данный тип арок встречается, как правило, в культовых сооружениях.

2. **Перемычки** - использовались для перекрытия оконных, дверных и проемов в стенах. Перекрываемый пролет был небольшим и составлял 0,9-3,5 м. Арочные криволинейные перекрытия проемов весьма разнообразны по форме.



Рис. 4 Троицкая единоверческая церковь по ул. Октябрьская,43.
Купол на барабане.



Рис.3 Богоявленский собор в г. Томске.
Придел Богоявления Господня.
1-ый ярус. Перекрытие – цилиндрический свод.
Справа – распалубка над окном. На первом плане
металлические затяжки выше уровня пят свода.

Наиболее распространенные из них: циркулярная арка, полная (поднятая), лучковая, коробовая и различные типы стрельчатых арок.

3. Разгрузочные арки – в отличие от перемычек не имеют открытой нижней поверхности (так называемые скрытые конструкции). Их устраивали в стеновой кладке для разгрузки участка стены или фундамента под аркой и переноса давления на соседние участки. Форма разгрузочных арок может быть различной: цилиндрическая, треугольная и т.д. пролет 3,0-9,0 м.

4. Арки-распорки - применялись для исключения встречной горизонтальной подвижки стен, фундаментов и других конструкций. Бывают обычными и перевернутыми. Обычные пригруженные арки создают значительный распор и активно противодействуют подвижке.

5. Ползучие арки – использовались, главным образом, в качестве лестничных конструкций, несущих вес забутки, ступеней и ограждающих стенок. Разновидность ползучих арок – **аркбутаны**, выполняющие функции наклонных арочных распорок, применялись в русской архитектуре редко.

Аркбутан (фр.) – наружная каменная арка с пятами на разных уровнях, передающая распор свода на внешнюю сторону.

Непосредственному значению (перекрытие) соответствует только арка – перемычка.

4. КУПОЛА

Перекрытия типа куполов более характерны для культовых построек. Однако и в гражданском строительстве вплоть до начала XX века встречаются данные конструкции.

Наиболее распространенные из них:

1. **Купол** (см. ранее указанное значение)

2. **Парусный купол** – купол, образованный при отсечении вертикальными плоскостями частей поверхности купола.

3. Купол на барабане – купольное покрытие, опирающееся на цилиндрическую конструкцию.

Сводчатые деревянные потолки помимо культовых зданий применялись в домовых церквях жилых домов. Данный тип потолка имеет особенность: доски, зажатые между двумя стенами, при вспучивании поднимаются и щели остаются плотно закрытыми.

Кессонные потолки – также широко встречаются в зданиях старой постройки. **Кессон** (фр.) – в архитектуре небольшие симметрично расположенные углубления на поверхности потолка, свода, арки. При устройстве кессонных потолков вся площадь разбивается поперечными балками на ряд квадратных полей, которые заполняются панелями плоского или выпуклого сечения. Сами балки часто украшаются орнаментами, резьбой, лепниной с позолотой, живописью и мозаикой. Данные потолки на верхних этажах зданий в залах с большими пролетами подвешивались к фермам на металлических хомутах.

5. ВОЗДУШНЫЕ СВЯЗИ

Воздушные связи – конструкции, формирующие внутренние усилия в арках. Особенно часто использовались в культовых сооружениях, где применение сводов требовало погашения возникающего распора. Размещались в уровне пят арок и сводов, выше уровня пят сводов, в редких случаях поверх сводов.

Затяжки в уровне пят арок и сводов воспринимают:

1. полный распор, если опорные конструкции способны нести лишь вертикальную нагрузку (стойки открытых павильонов и галерей, перекрытых цилиндрическими сводами на распалубках и подпружных арках или крестовыми сводами);
2. излишек распора, не воспринимаемый опорными конструкциями вследствие их недостаточной устойчивости (крестово-купольные и другие арочно-стоечные системы при значительных пролетах сводов и умеренных толщинах несущих

Рис.2 Богоявленский собор в г. Томске.
Восьмигранный купол на восьмерике.





Рис.1 Собор Петра и Павла по ул. Алтайская, 47 в г. Томске.
Купол на восьмерике.

стен и столбов). Затяжки в уровне пят могут быть поставлены конструктивно как элементы связевого каркаса в сооружениях, где распор гасится совместной работой вертикальных и горизонтальных элементов жесткости.

В перечисленных случаях воздушные связи служат либо основными, либо вспомогательными элементами, обеспечивающими несмещаемость опор арок и сводов по горизонтали при просадках и других деформациях вертикальных опорных конструкций.

Затяжки выше уровня пят арок и сводов воспринимают лишь часть теоретического полного распора, т.е. самостоятельно не гарантируют неподвижность пят сводов. В качестве внутренних (дополнительных) связей затяжки препятствуют деформации наружу боковых участков сводов и провису замковой части, что имеет место при симметричной центральной нагрузке. В некоторых случаях затяжка ставится в двух уровнях для погашения моментов от больших сосредоточенных сил в очень подъемистых сводах. Затяжки выше пят характерны для цилиндрических, сомкнутых и крещатых сводов средних и больших пролетов.

Металлические связи XII-XIX вв. выполнялись из брусьев кованого железа прямоугольного профиля или полос сечением от 10 до 50 см². Короткие отдельные элементы воздушных связей соединялись так называемым свариванием, т.е. расковкой в горячем состоянии наложенных концов двух стержней, а звенья стеновых блоков – аналогично или с помощью поперечных штырей, заводимых в кольцевые проушины. Концы воздушных связей заделывались в кладке несущих конструкций, причем анкеровка могла быть наружной (шплинт выведен на фасаде) или внутренней. Большие усилия в связях приводили к местному смятию, продавливанию кладки под анкерными частями, поэтому под шплинты анкером нередко подкладывались блоки белого камня или песчаника, распределяющие реакцию заделки связей на большую площадь. Шарнирный тип соединения и малая жесткость металлических

связей исключали возможность их работы в качестве распорок или изгибаемых распределительных элементов распорных систем, однако как строительный каркас металлические связи использовались; причем в XVIII-XIX в.в. стены зданий часто имели двухветвевой каркас с симметрично расположением поясов вблизи внутренней и наружной поверхности на глубине 14-15 см. Стеновые связи закладывались в расширенные вертикальные швы, образуемые сколом или раздвижкой кирпичей.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ФОТОИЛЛЮСТРАЦИИ.

Рис.1 Собор Петра и Павла по ул. Алтайская, 47 в г. Томске.
Купол на восьмерике.

Рис.2 Богоявленский собор в г. Томске.
Восьмигранный купол на восьмерике.

Рис.3 Богоявленский собор в г. Томске.
Придел Богоявления Господня.
1-ый ярус. Перекрытие – цилиндрический свод. Справа – распалубка над окном. На первом плане металлические затяжки выше уровня пят сводов.

Рис. 4 Троицкая единоверческая церковь по ул. Октябрьская, 43.
Купол на барабане.

Рис.5 Водонапорная башня на пересечении ул. Яковлева и ул. Пушкина.
На пятом этаже – тимпан над сдвоенными арочными оконными проемами.

Рис.6 Белая мечеть на Московском тракте в г.Томске.
Зонтичный купол.

Тимпан (гр.) – а) внутреннее поле фронтона;
б) углубленная часть стены (ниша) полуциркульного, треугольного или стрельчатого очертания над окном или дверью.

Шелыга – линия, соединяющая верхние точки арки, свода.

Щековая арка – арка, ограничивающая свод по направляющей и перпендикулярная его образующей.

Экстрада – внешняя (верхняя выпуклая) поверхность между пятами арки.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1

СТАРЫЕ РУССКИЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

1 верста = 500 сажений = 1500 аршин = 3500 футов = 1066,8 м

1 сажень = 3 аршина = 48 вершков = 84 дюйма = 2,1336 м

1 аршин = 16 вершков = 71,12 см

1 вершок = 4,450 см

1 фут = 12 дюймов = 0,3048 м

1 дюйм = 2,540 см

1 морская миля = 1852,2 м

СТАРЫЕ РУССКИЕ МЕРЫ ВЕСА

1 пуд = 40 фунтов = 16,380 кг

1 фунт = 0,40951 кг

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2

ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ АРОК

- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| 1.Полная (циркульная) | 29.Двухскатная |
| 2.Полная (поднятая) | 30,31. Портьерные |
| 3.Сжатая пониженная, лучковая | 32.Килевая, каблучковая |
| 4.Подковообразная, мавританская | 33.Трехлопастная, килевая |
| 5.Стрельчатая | 34.Кокошниковая |
| 6.Стрельчатая – подковообразная | 35.Луковичная |
| 7.Двухцентровая сжатая | 36.Косая |
| 8.Арка Тюдора | 37.Разорванная |
| 9.Сжатая | 38.Обратная (ползучая) |
| 10.Трехцентровая, коробовая | |
| 11.Эллиптическая | |
| 12.Параболическая | |
| 13.Двухлопастная | |
| 14.Двухплечевая | |
| 15.Трехлопастная | |
| 16.Трехлопастная стрельчатая | |
| 17.Трехлопастная крестовая | |
| 18.Четырехлопастная | |
| 19.Пятилопастная | |
| 20.Многолопастная | |
| 21.Веерная | |
| 22.Зигзагообразная | |
| 23.Ступенчатая | |
| 24.Вогнуто-выпуклая | |
| 25.Вогнуто-выпуклая с уступом | |
| 26.Колокообразная | |
| 27.Вогнуто-выпуклая стрельчатая | |
| 28.Наугольная, митровая | |

ПРИЛОЖЕНИЕ № 9

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ АРХИТЕКТУРНО-РЕСТАВРАЦИОННЫХ ТЕРМИНОВ

Аксис – осевая линия, определяющая кривизну арки.

Аркбутан (фр.) – наружная каменная арка с пятами на разных уровнях, передающая распор свода на внешнюю сторону

Воздушные связи – конструкции, формирующие внутренние усилия в арках.

Вспарушенный свод – крестовый свод, у которого центральная часть значительно поднята над боковыми.

Гирька – декоративная подвеска к общей пяте соседних арок.

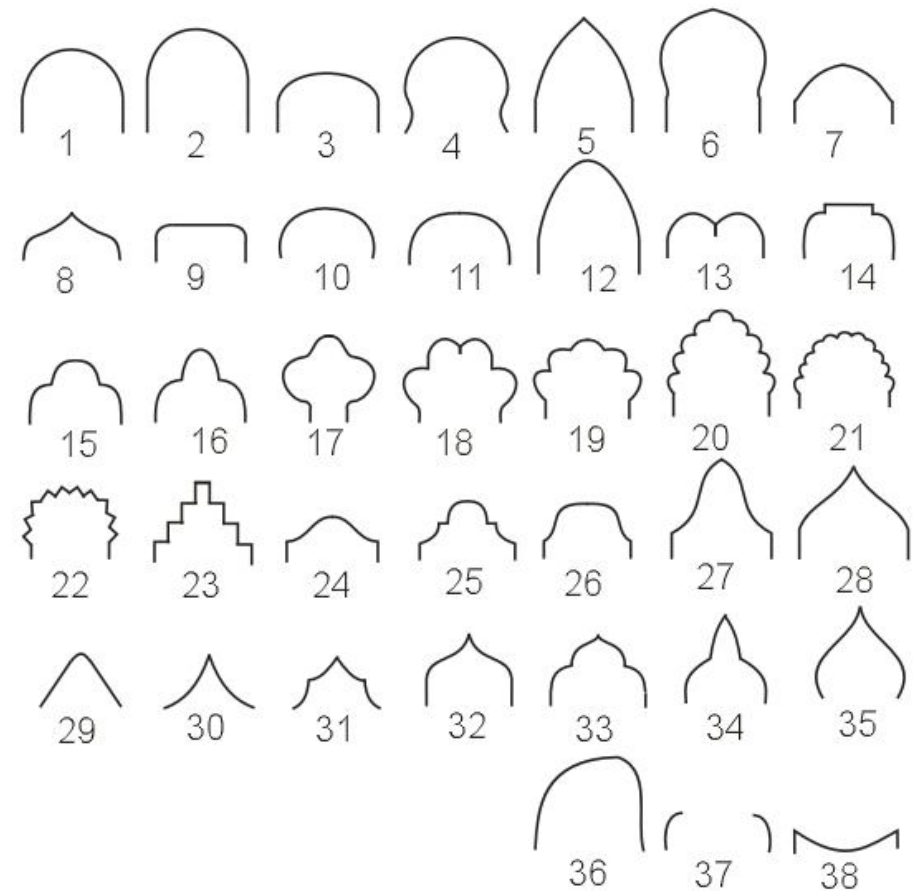
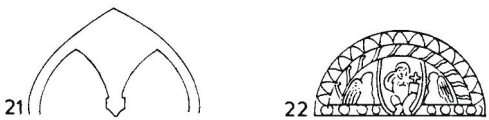
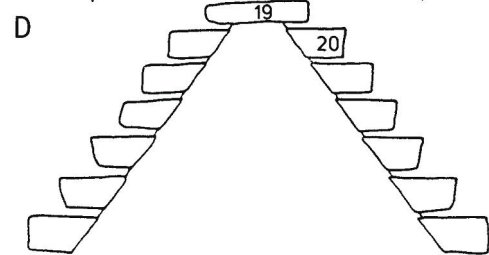
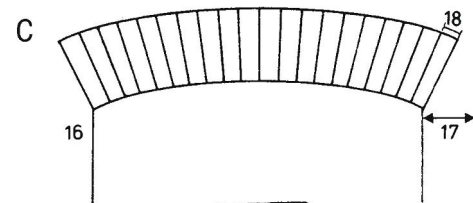
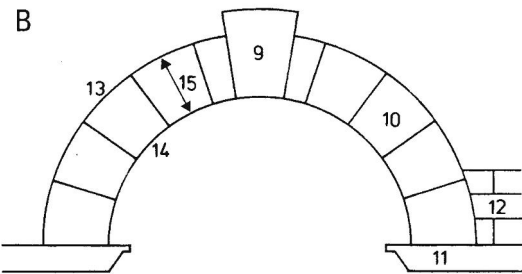
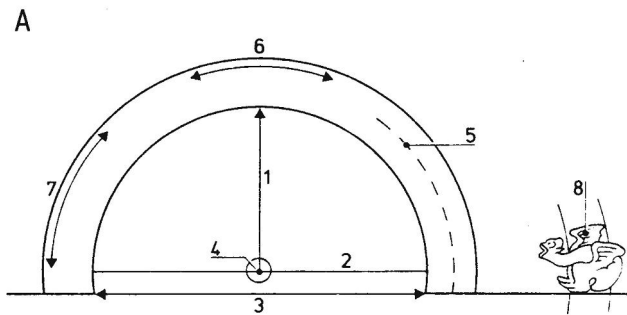
Замковый камень – центральный заклинивающий элемент арки.

Импост – горизонтальная тяга в виде карниза, отделяющего арку от поддерживающей ее опоры или стены.

Интрадос (софит) – нижняя вогнутая поверхность арки от пят до замка.

Кессон (фр.) - в архитектуре небольшие симметрично расположенные углубления на поверхности потолка, свода, арки.

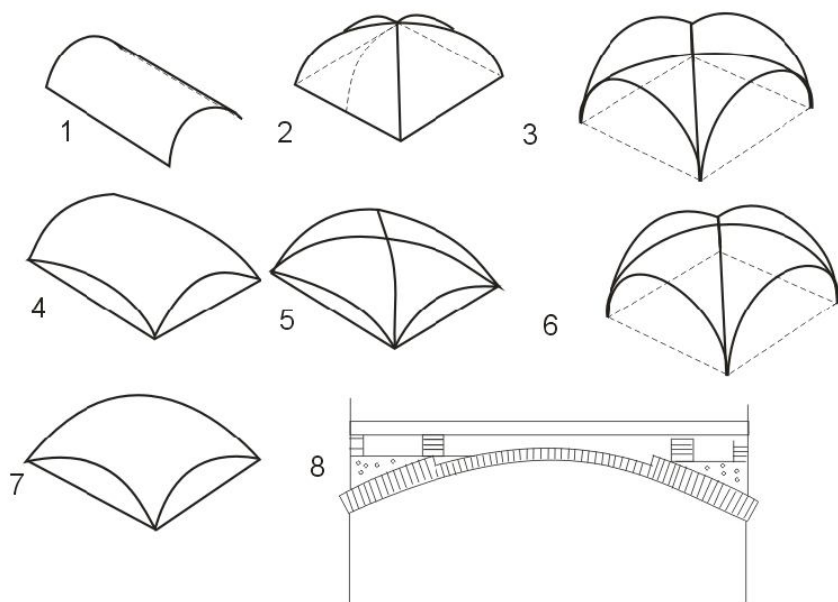
Распалубка – сводик с треугольной, стрельчатой, параболической проекцией, нависающий над проемом и врезанный в основной свод помещения.



ПРИЛОЖЕНИЕ № 3

ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ СВОДОВ

1. Цилиндрический
2. Сомкнутый
3. Крестовый
4. Бочарный
5. Вспарушенный сомкнутый
6. Вспарушенный крестовый
7. Парусный
8. Устройство основания для пола по сводам



ПРИЛОЖЕНИЕ № 8

ЭЛЕМЕНТЫ АРКИ

А. Геометрия

1. Стрела подъема (противовес)
2. Линия пят
3. Пролет
4. Центр
5. Аксис
6. Шельга
7. Полудужье
8. Завершающее украшение

В. Детали

9. Замковый камень
10. Клинчатый кирпич (сводчатый камень)
11. Импост
12. Опорная стена
13. Экстрада
14. Софит (интрадос)
15. Толщина

С. Сегментная (лучковая) арка

16. Заплечник
17. Пята (пятовый камень)
18. Выпуклость арка

Д. Сводчатая арка

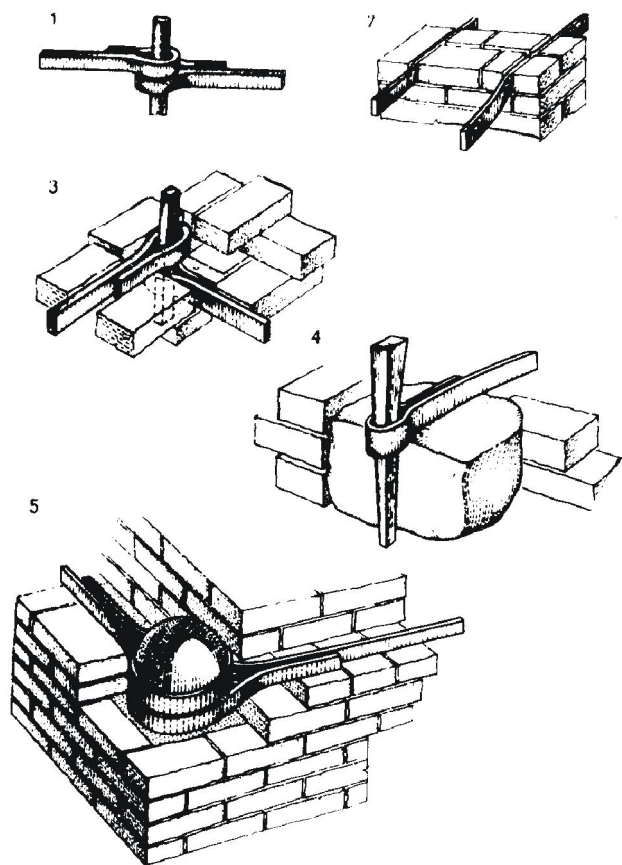
19. Замковый камень
20. Сводчатый камень
21. Гирька
22. Тимпан

ПРИЛОЖЕНИЕ № 7

ВОЗДУШНЫЕ СВЯЗИ АРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Конструктивные узлы воздушных связей:

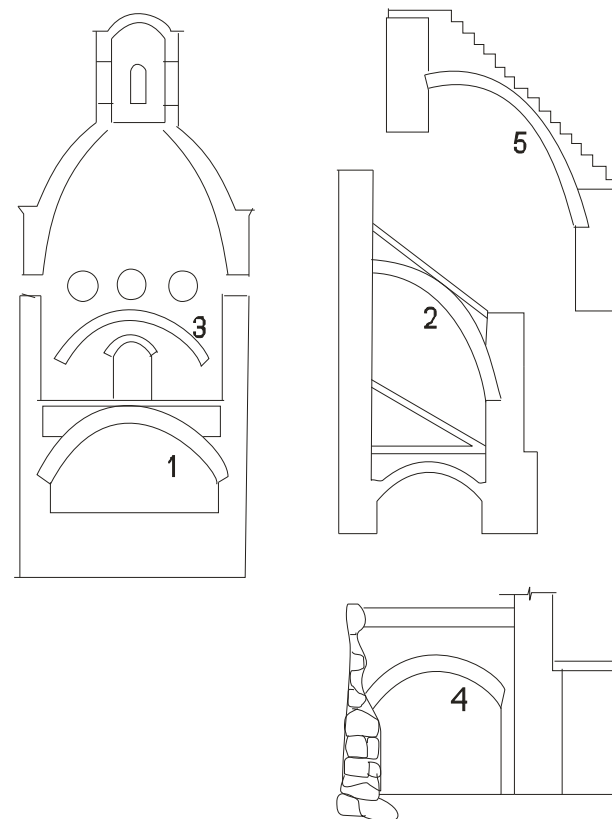
1. Соединение стеновых связей
2. Двухветвевая стеновая связь
3. Угловое соединение связей
4. Анкер воздушных связей
5. Угловое соединение стеновых связей



ПРИЛОЖЕНИЕ № 4

АРКИ – ЭЛЕМЕНТЫ РАСПОРНЫХ СИСТЕМ

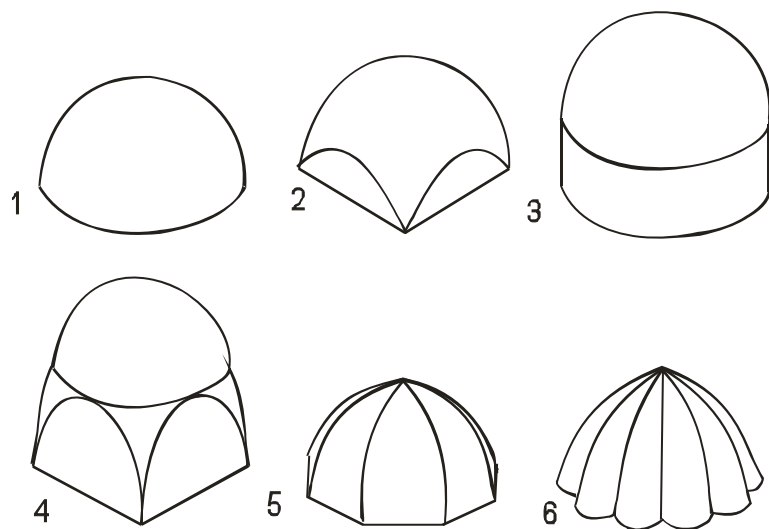
1. Подпружные арки
2. Перемычки
3. Разгрузочные арки
4. Арки-распорки
5. Ползучие арки



ПРИЛОЖЕНИЕ № 5

ТИПЫ КУПОЛОВ

1. Купол
2. Парусный купол
3. Купол на барабане
4. Вспарушенный купол
5. Восьмигранный купол
6. Зонтичный купол



ПРИЛОЖЕНИЕ № 6

КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕМЫЧЕК ПРОЕМОВ

1. Арочная двух видов
2. Клинчатая

