

## ПЛАН ЛЕКЦИИ:

### 1.1 Клееные арки

1.1.1 Основные показатели и классификация

1.1.2 Клееные арки кругового очертания

1.1.3 Клееные арки стрельчатого очертания

### 1.2 Распорные системы треугольного очертания

### 1.3 Примеры зданий и сооружений с применением клееных арок

## ЗАДАНИЕ НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ ПОДГОТОВКУ:

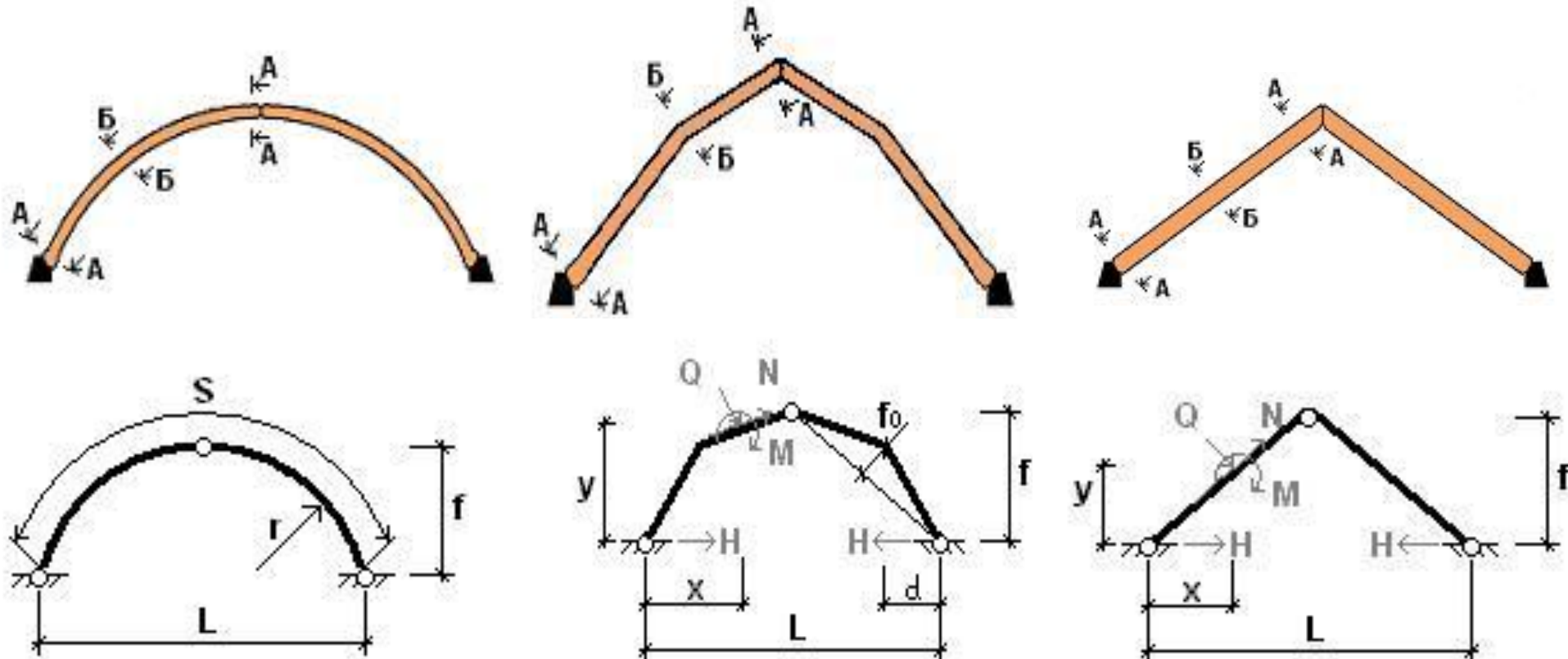
1. Принципы создания пространственных конструкций блочного типа. Способы реализации принципов.

# 1.1. Клееные арки

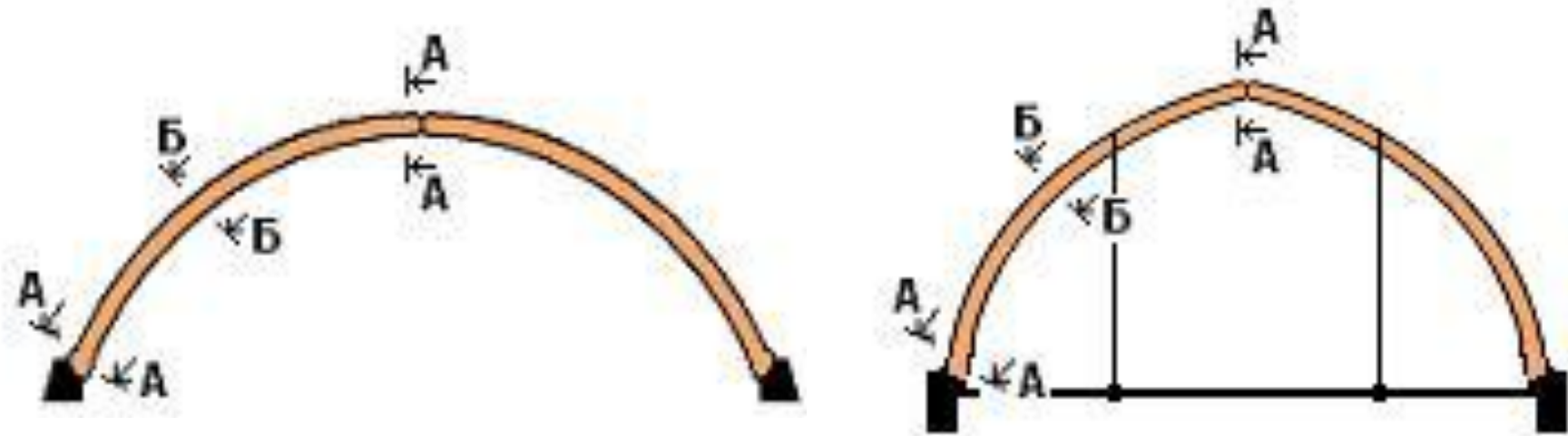
## 1.1.1 Основные показатели и классификация

По внешнему очертанию арки могут быть

- ✓ **пологими очерченными по окружности** с соотношением  $f/l = 1/4 \dots 1/6$  ;
- ✓ **высокими стрельчатыми** из элементов кругового или ломаного очертаний  $c f/l = 1/2 \dots 1/3$ ;
- ✓ **треугольными** из прямолинейных блоков с  $f/l = 1/2 \dots 1/5$ .

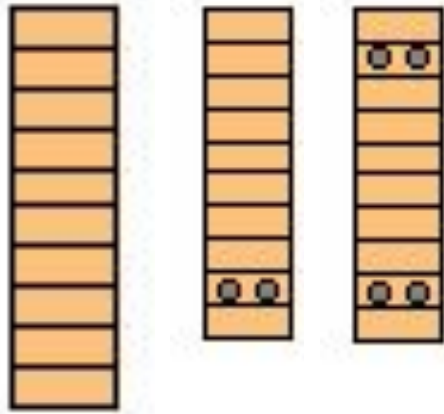


По статической схеме арки разделяют на **трех- и двухшарнирные**, а по схеме опирания – опирающиеся на фундаменты и с затяжками, воспринимающими распор.

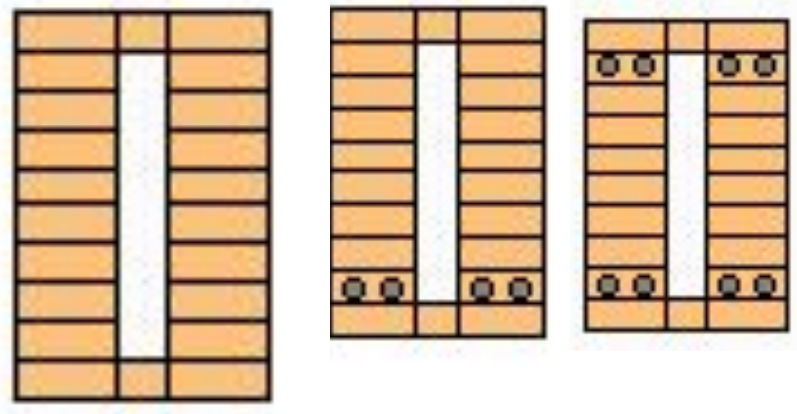


Двухшарнирные арки применяют при пролетах *до 30 м*, а трехшарнирные - при пролетах *60 м и более*. Ограничения вызваны только транспортными требованиями

По конструкции арки разделяют на **клееные многослойные прямоугольного или двутаврового сечения, фанерные коробчатого сечения, брусчатые, кружальные из досок на гвоздях и решетчатые.**



Прямоугольное сечение



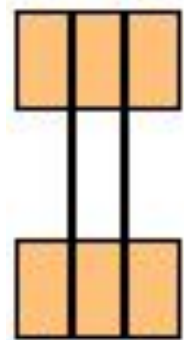
Коробчатое дощатоклееное сечение



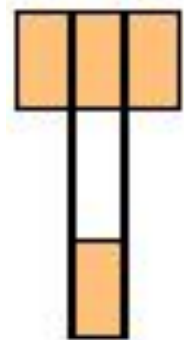
Коробчатое клефанерное сечение



Двутавровое клефанерное сечение



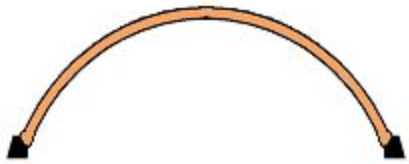
Двутавровое клефанерное сечение с двумя стенками



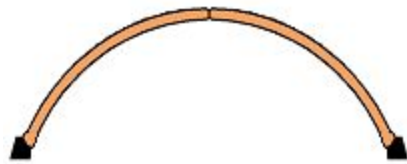
Тавровое клефанерное сечение с двумя стенками



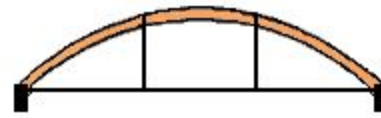
Килевидные арки



2-х шарнирная



3-х шарнирная

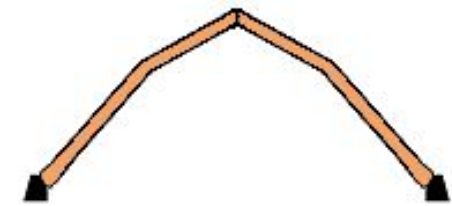


2-х шарнирная с  
затяжкой

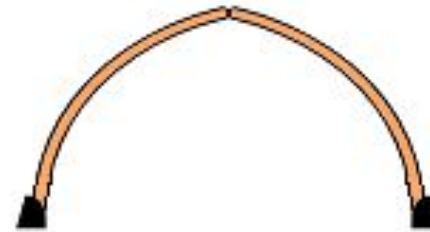
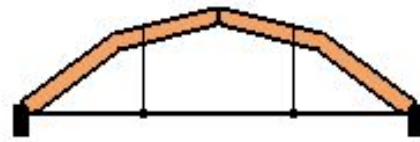


3-х шарнирная с  
затяжкой

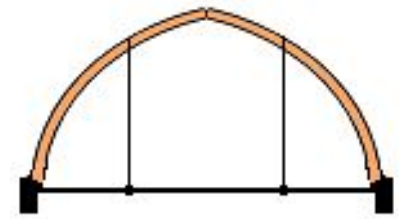
Арки кругового очертания



Арки ломаного очертания



Стрельчатые арки



## 1.1.2 КЛЕЕННЫЕ АРКИ КРУГОВОГО ОЧЕРТАНИЯ

Высота поперечного сечения назначается в пределах  $h=(1/30...1/50)l$ . Шаг арок принимается  $3...6 м$ , а для больших пролетов  $8...12 м$ .

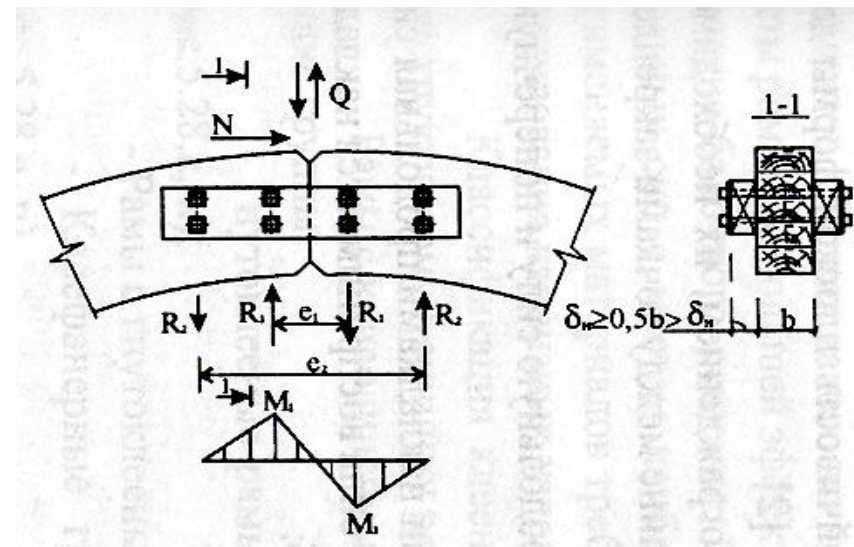
Арки сплошного сечения наиболее технологичны. Толщина досок для арок зависит от кривизны и принимается не более  $\delta \leq R/300$  для малых, *до 25 м*, радиусов кривизны. Для больших радиусов  $\delta \leq 33 мм$ .

Радиус арки кругового очертания вычисляют по формуле

$$R = \frac{l^2 + 4f_0^2}{8f_0}$$

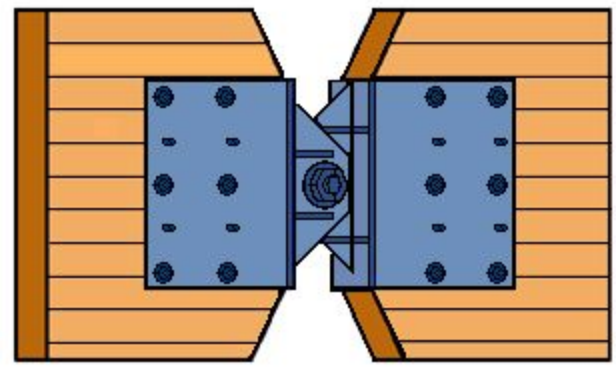
где  $f_0$  – стрела подъема арки

3-х шарнирные арки поставляют на строительную площадку полуарками. При малых пролетах (*до 24 м*) их соединяют в ключе с помощью деревянных накладок на нагельных болтах.

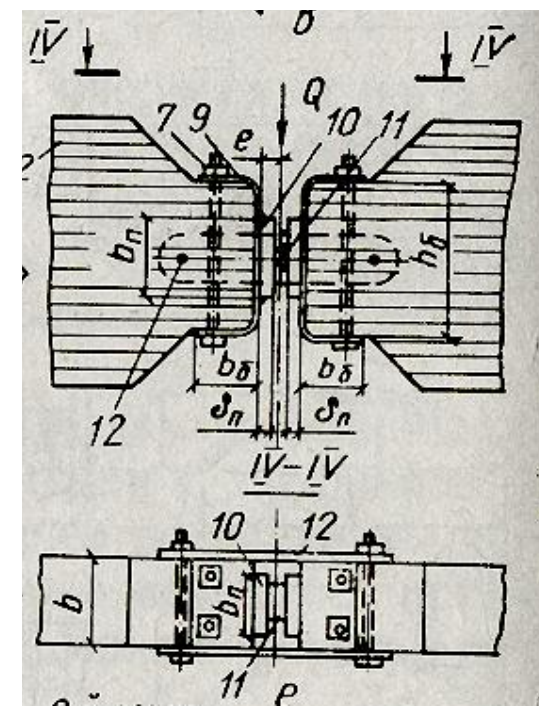
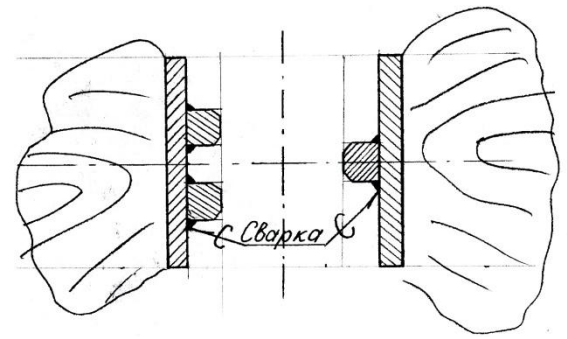
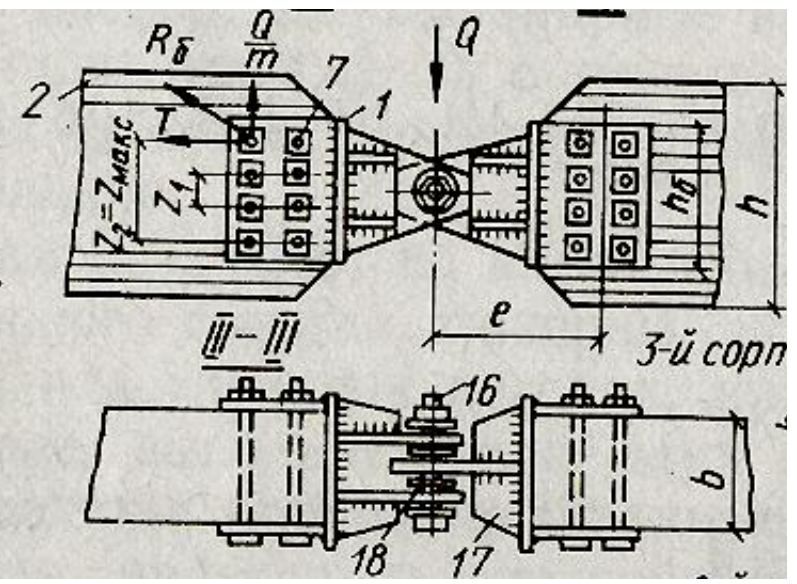
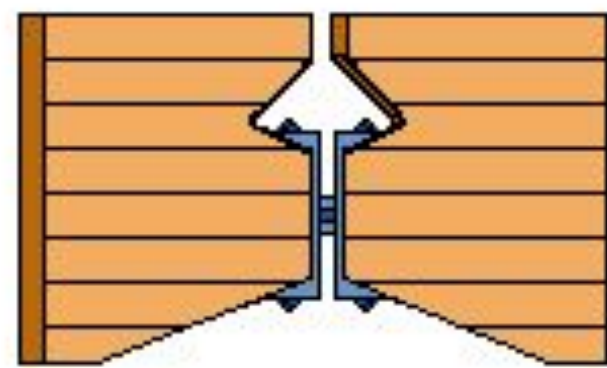
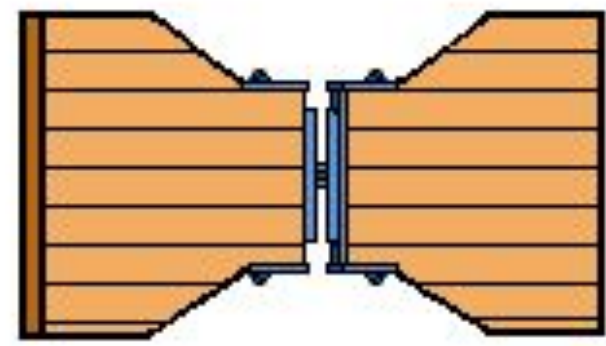


При пролетах *30 м и более* в ключевом узле устанавливают металлические башмаки.

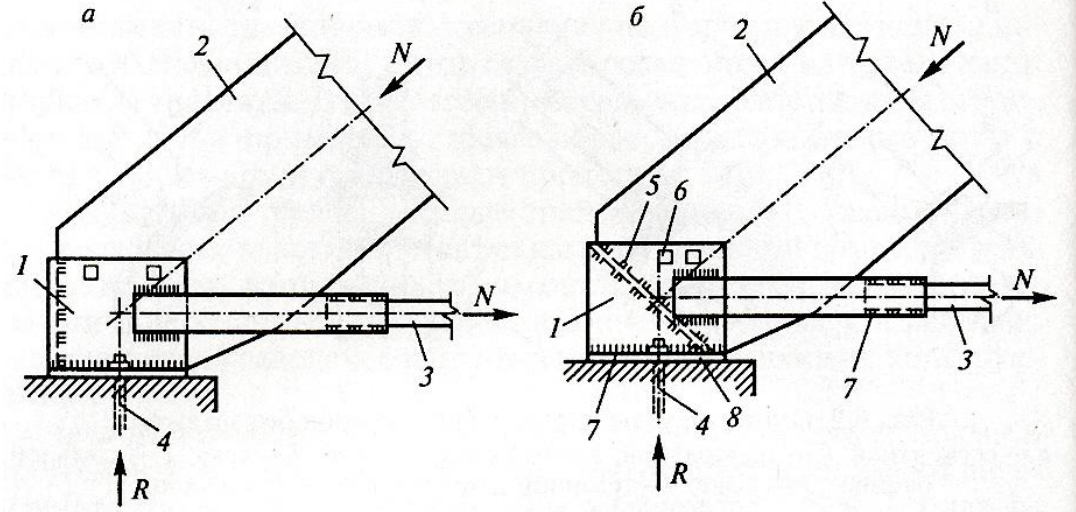
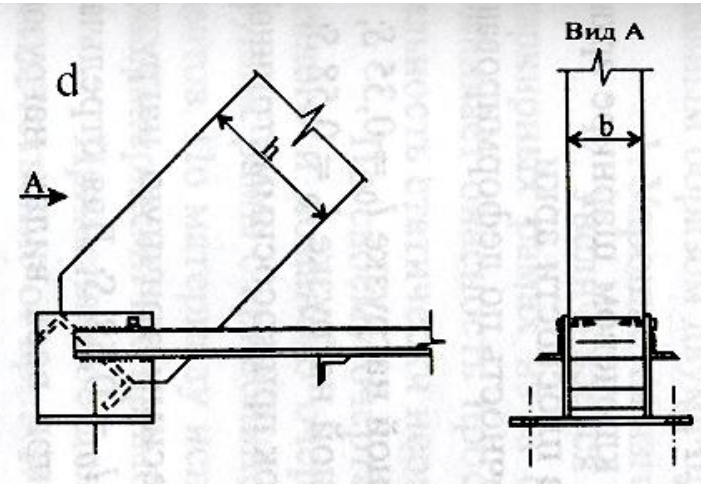
Валиковый шарнир



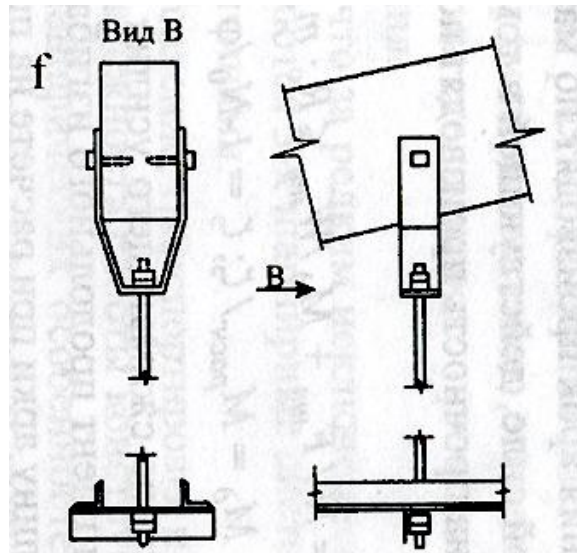
Плиточные шарниры



В пологих арках  $f=(1/5 \dots 1/7)l$  распор воспринимают стальные затяжки.



Гибкость затяжек в плоскости арки ограничивают с помощью подвесок.





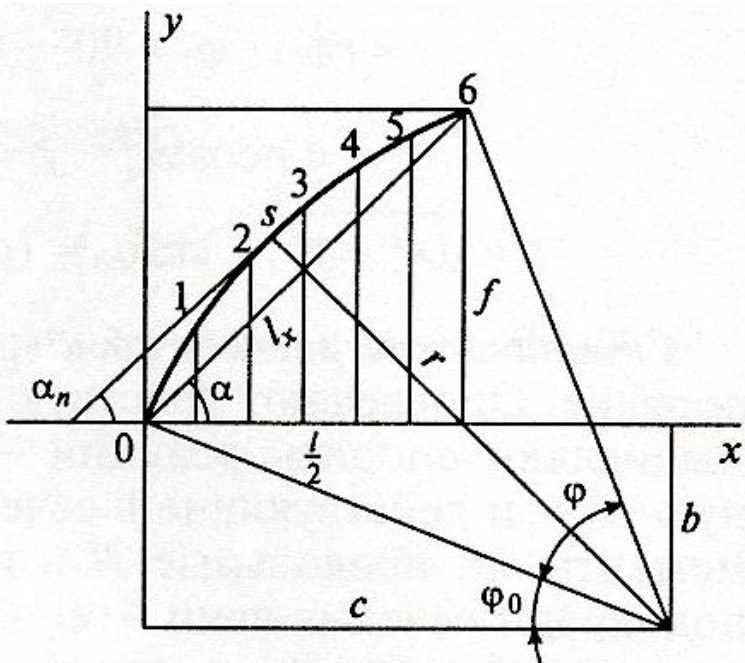
Лекция 16  
№16/9





### 1.1.3 КЛЕЕННЫЕ АРКИ СТРЕЛЬЧАТОГО ОЧЕРТАНИЯ

Геометрический расчет стрельчатой арки заключается в определении следующих величин:



$\alpha$  – угла наклона хорды;

$l_x$  – длины хорды;

$\varphi$  – центрального угла оси;

$s$  – длины оси;

$\varphi_0$  – угла наклона первого радиуса;

$x$  и  $y$  – координат сечений;

$b$  и  $c$  – координат центра;

$z$  – координат сечений по хорде;

$\alpha_n$  – угла наклона касательных к горизонтальной оси;

$e$  – расстояния от среднего радиуса до центра правой опоры.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2f}{l}$$

$$l_x = \frac{f}{\sin \alpha}$$

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{l_x}{2l}$$

$$s = r\varphi_0$$

$$\varphi_0 = 90^\circ - \alpha - \frac{\varphi}{2}$$

$$b = r \cdot \sin \varphi_0$$

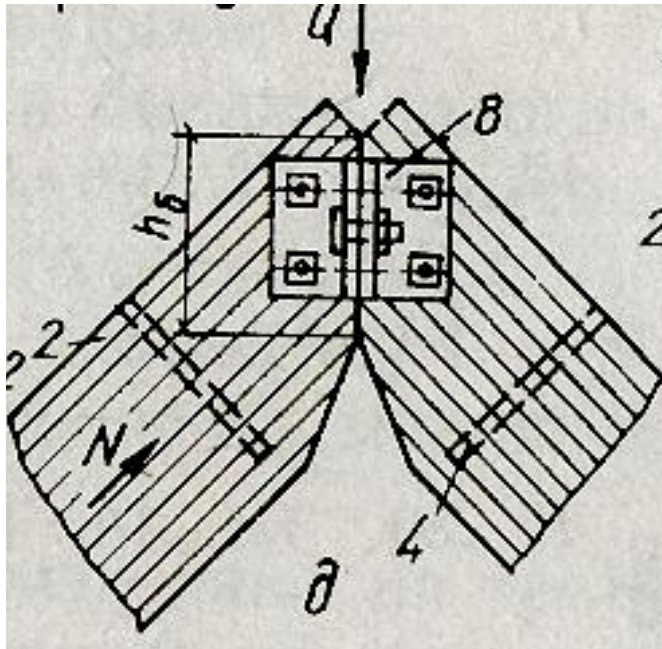
$$c = r \cdot \cos \varphi_0$$

$$y = \sqrt{r^2 - (c - x)^2} - b$$

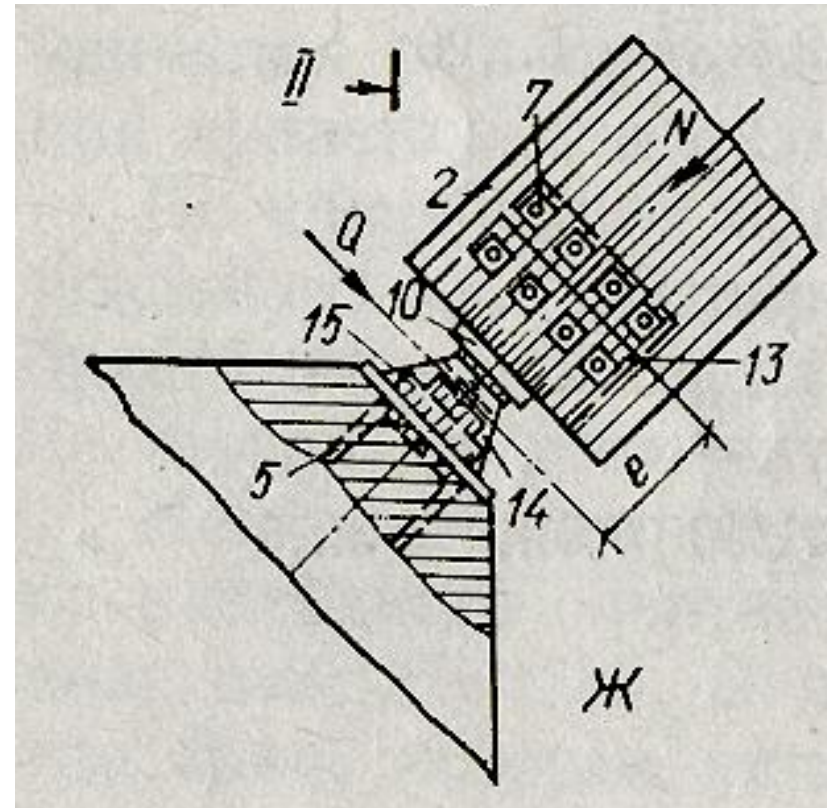
$$z = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\sin \alpha_n = \frac{c - x}{r}$$

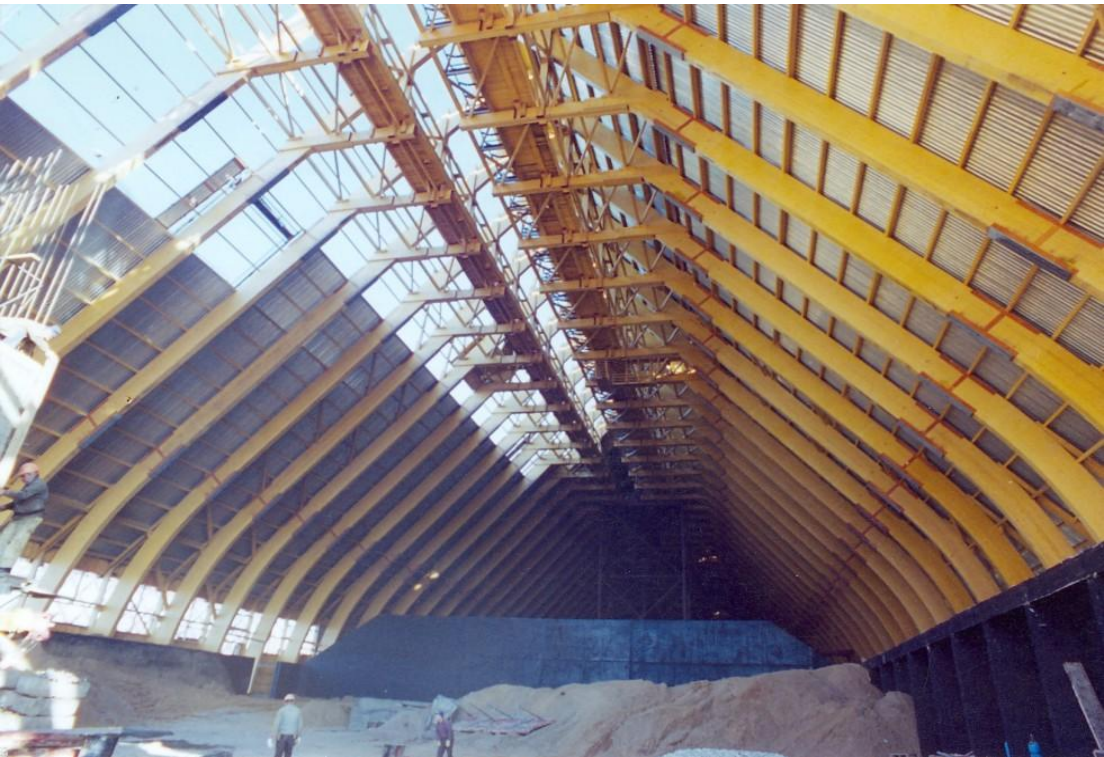
$$e = l \cos \alpha - \frac{l_x}{2}$$



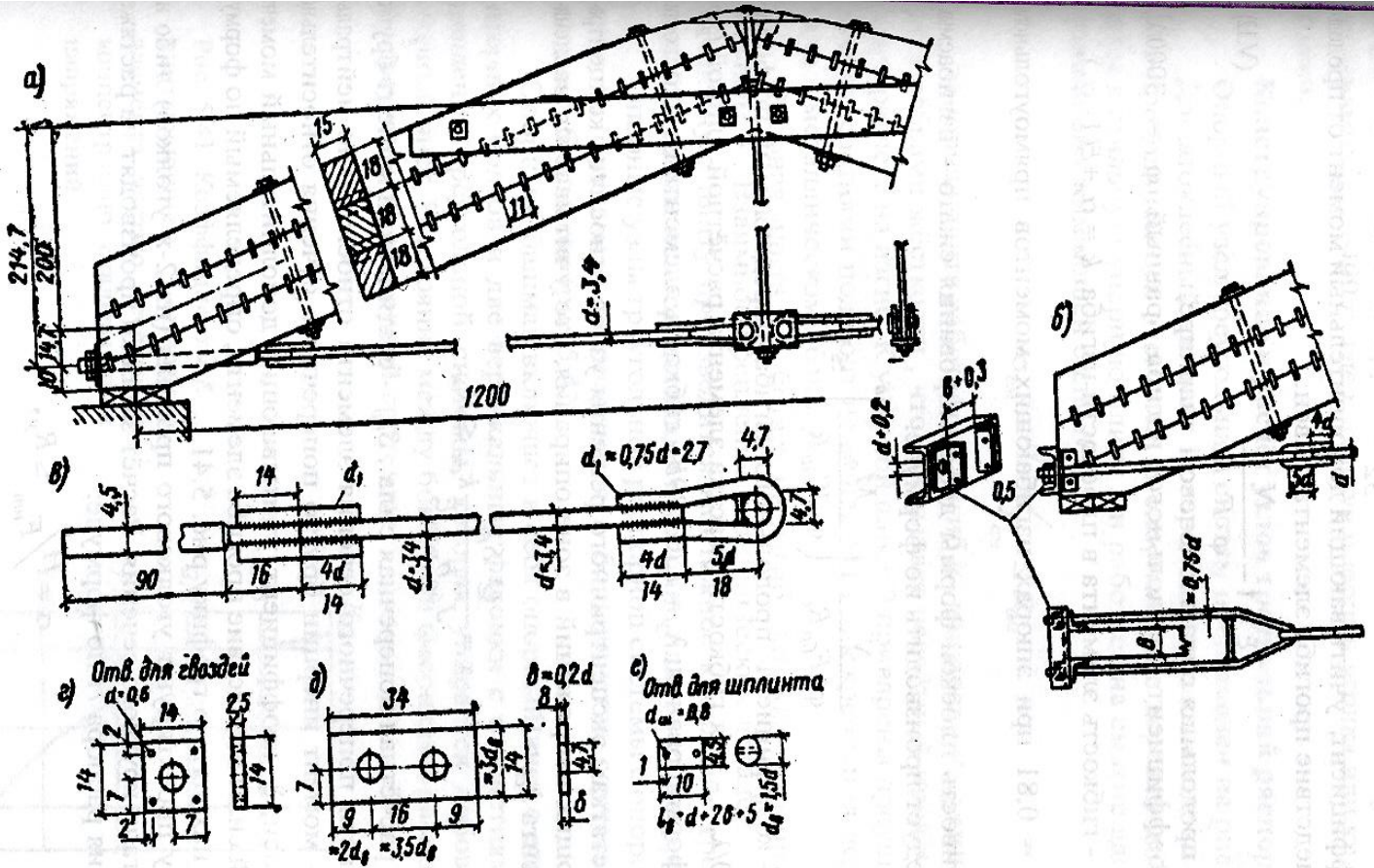
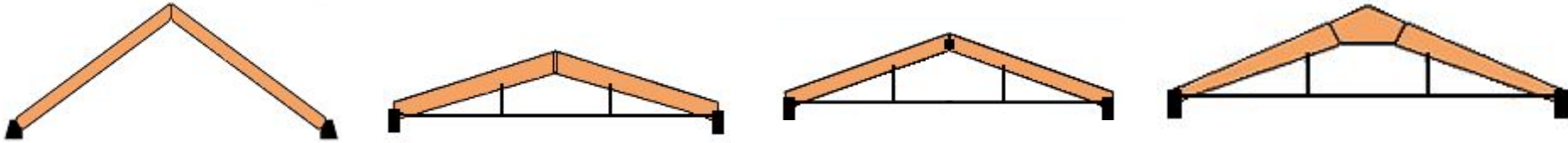
Ключевой узел стрелчатой арки  
небольшого пролета



Опорный узел стрелчатой арки



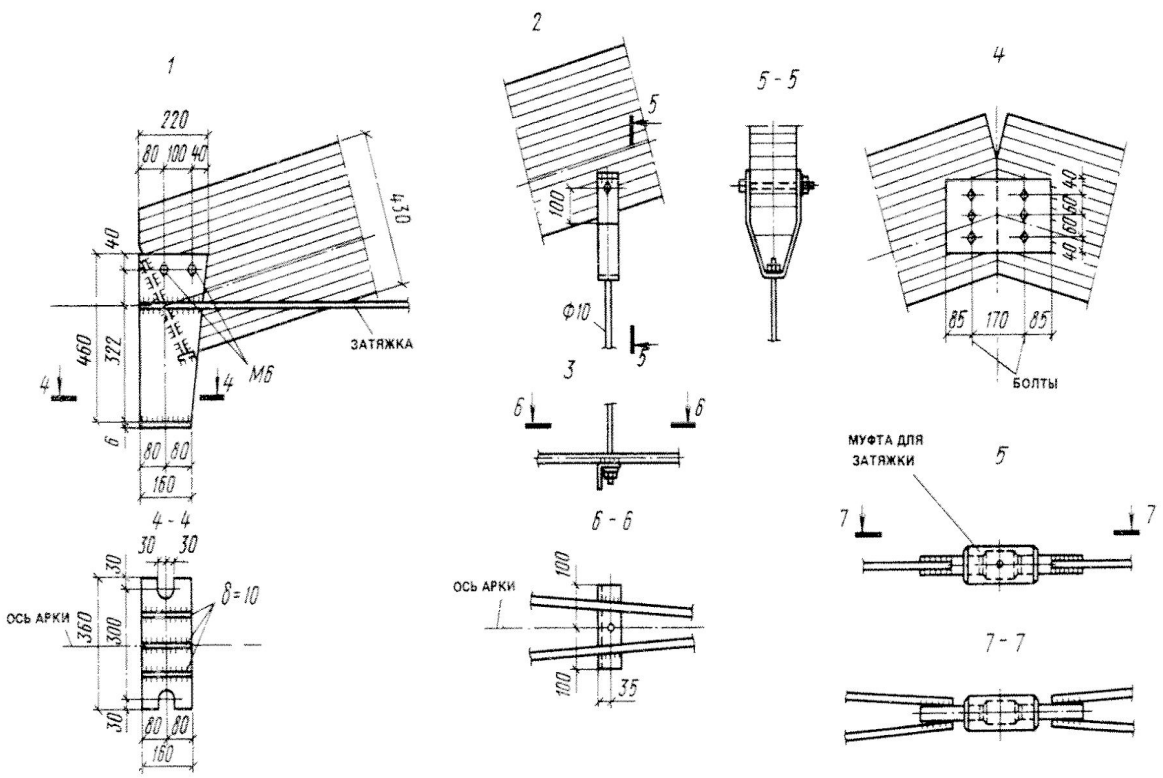
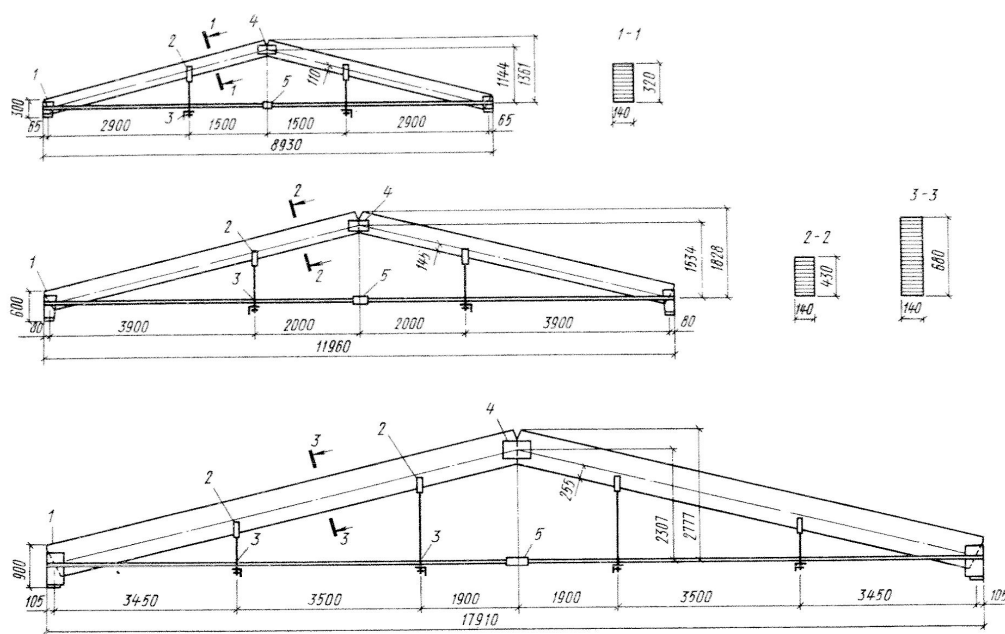
# 1.2 Распорные системы треугольного очертания



Характерный пример распорной системы треугольного очертания

# Лекция 16

## №16/16



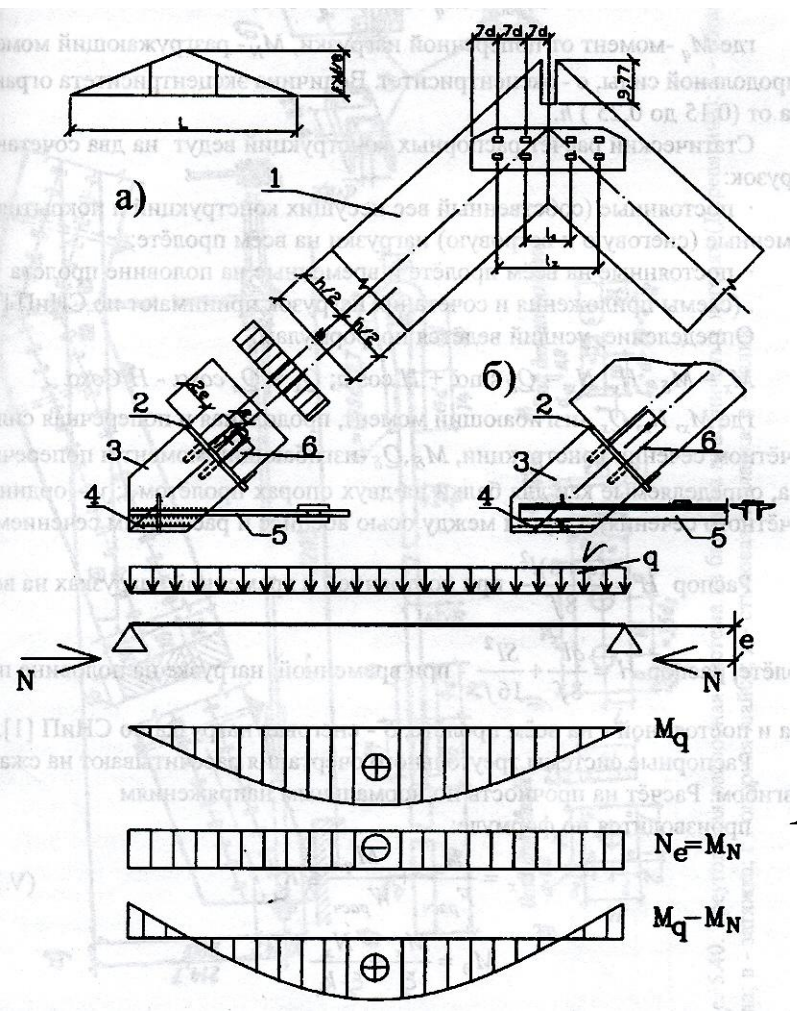
Пример  
деревометаллической арки



Распорные системы треугольного очертания проектируют с применением клеодоцатых элементов пролетом 12...24 м. Их опирают непосредственно на фундаменты или при наличии затяжки на колонны.

Стрела подъема систем  $f = (1/2 \dots 1/7)l$ .

С целью уменьшения изгибающего момента опорный и коньковый узлы конструируют с разгружающим эксцентриситетом  $e \leq h/4$ .



$$M_{рас} = M_q - M_N = M_q - N \cdot e$$

$M_q$  - момент от поперечной нагрузки;  
 $M_N$  - разгружающий момент от продольной силы  $N$ ;  $e$  - эксцентриситет.

- Арки рассчитывают на следующие сочетания нагрузок:
- 1) постоянная нагрузка распределена по всему пролету и временная нагрузка распределена по закону косинуса по всему пролету;
  - 2) Постоянная нагрузка распределена по всему пролету и временная нагрузка распределена по треугольнику.

Расчет арки на прочность производят как для сжато-изгибаемого элемента по формулам:

$$\sigma_c = \frac{N}{F_{\text{расч}}} + \frac{M_{\text{д}}}{W_{\text{расч}}} \leq R_c$$

где

$$M_{\text{д}} = \frac{M}{\xi} \quad \xi = 1 - \frac{N}{\varphi R_c F_{\text{бр}}} \quad \varphi = \frac{A}{\lambda^2}$$

Расчетную длину элементов  $l_0$  следует принимать:

а) при расчете на прочность по деформированной схеме:

- для **двухшарнирных** арок и сводов при симметричной нагрузке  $l_0 = 0,35S$ ;
- для **трехшарнирных** арок и сводов при симметричной нагрузке  $l_0 = 0,58S$ ;

$$l_0 = \frac{\pi S}{2\sqrt{\pi^2 - \alpha^2}}$$

где  $\alpha$  - центральный угол полуарки, рад;  $S$  - полная длина дуги арки или свода.

При расчете **трехшарнирных** арок **на несимметричную** нагрузку расчетную длину допускается принимать равной  $l_0 = 0,58S$ .

Для **трехшарнирных стрельчатых** арок с углом перелома в ключе **более  $10^\circ$**  при всех видах нагрузки расчетная длина  $l_0 = 0,5S$

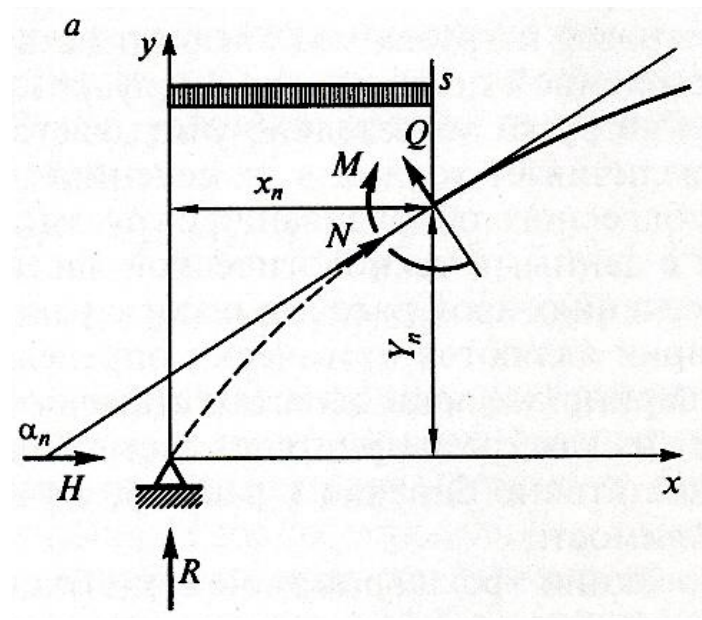
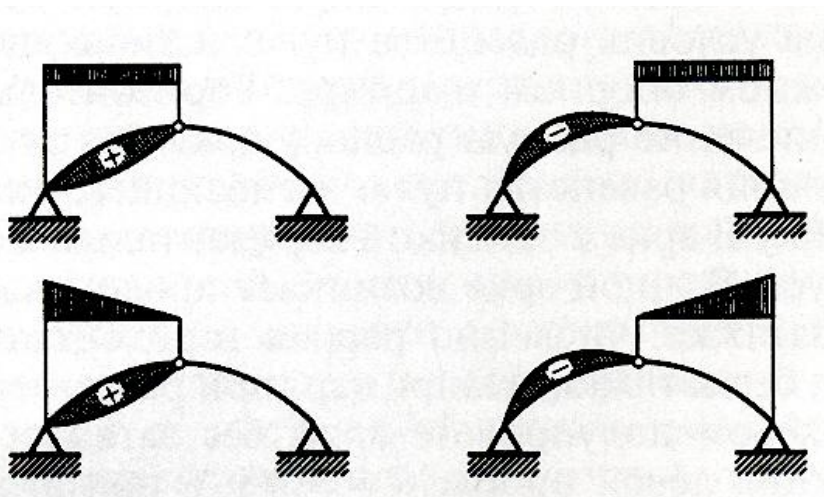
Проверку клееной арки на скалывание выполняют по формуле

$$\frac{QS'_{бр}}{\xi I_{бр} b_{рас}} \leq R_{ск}$$

$$\frac{N}{\varphi R_c F_{бр}} + \left( \frac{M_d}{\varphi_M R_{и} W_{бр}} \right)^n \leq 1$$

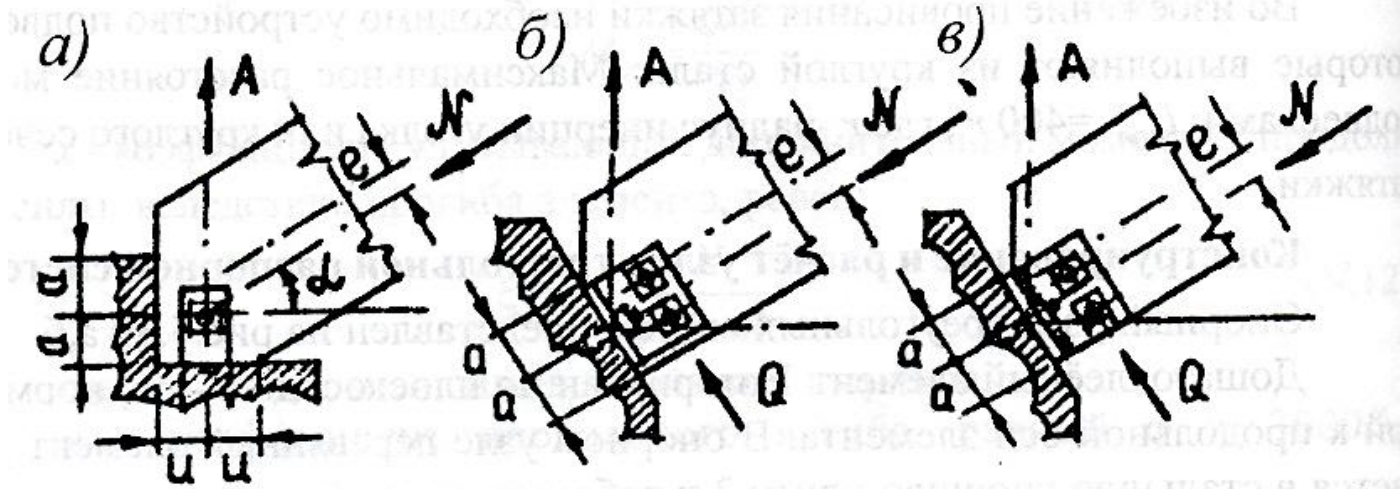
при расчете на устойчивость в плоскости кривизны для двух- и трехшарнирных арок и сводов  $l_0 = 0,58S$ .

Схемы работы и вид эпюр изгибающих моментов в круговых (сегментных) арках



$$N_x = (R_A - qx) \sin \alpha + H \cos \alpha$$

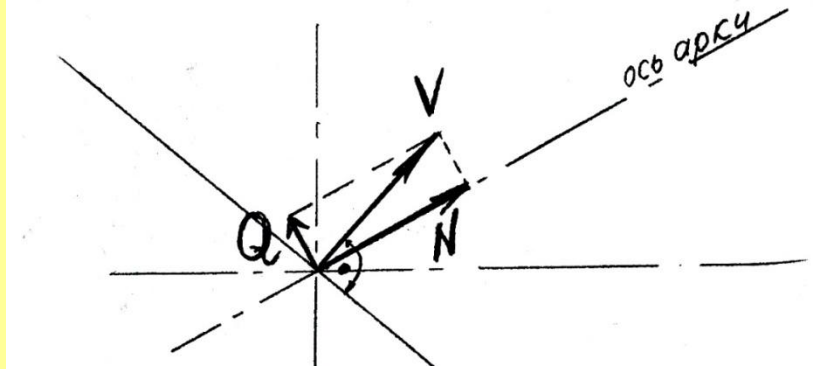
$$Q_x = (R_A - qx) \cos \alpha - H \sin \alpha$$



1. Проверка смятия древесины по площадке  $a-a$  от распора  $N$  под углом  $\alpha$  к направлению волокон;
2. То же по площадке  $u-u$  от реакции  $R$  под углом  $90^\circ - \alpha$ ;
3. Проверка анкера на срез от распора  $N$ .

1. Проверка смятия древесины вдоль волокон по площадке  $a-a$  от усилия  $N$ ;
2. Проверка нагелей при действии  $Q$  с учетом передачи усилия под углом  $90^\circ$  к направлению волокон древесины; проверка анкера.

При больших значениях  $Q$  рекомендуется площадку  $a-a$  располагать перпендикулярно не продольной оси, а – равнодействующему усилию ( $N \rightarrow Q$ ).



## 1.3 Примеры зданий и сооружений с применением клееных арок

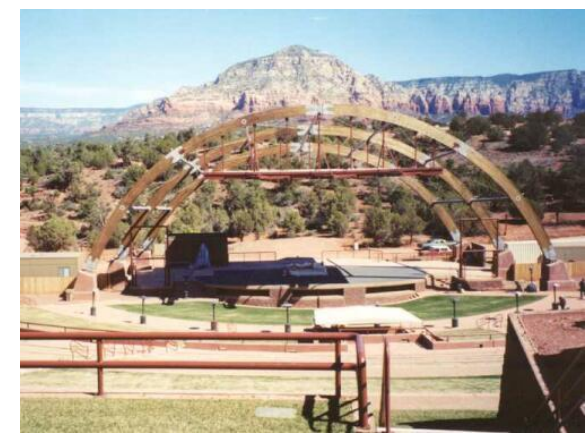




При возведении арочных сооружений как правило используют технологию блочного монтажа.



Лекция 16  
№16/24







Выполнение жесткого стыка фрагментов арочной конструкции.



Внешний вид клеедеревянных арок покрытия пролетом 36 м, балок связи и прогонов



Стальная затяжка из 4 стержней и подвес



Верхняя часть подвеса



Конструкция опорного узла



Высота сечения клеедеревянной арки 1400 мм



Фрагмент деревянного настила



Узлы здания со стрельчатой аркой

