

1. РАСПОРНЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

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

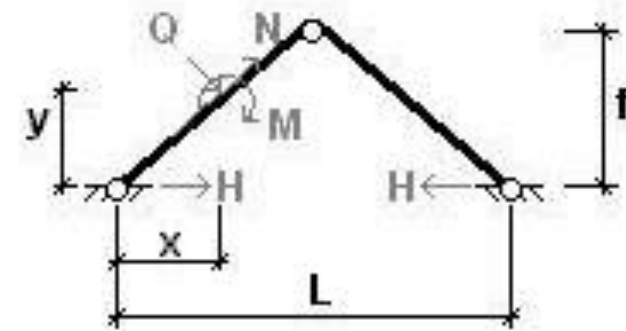
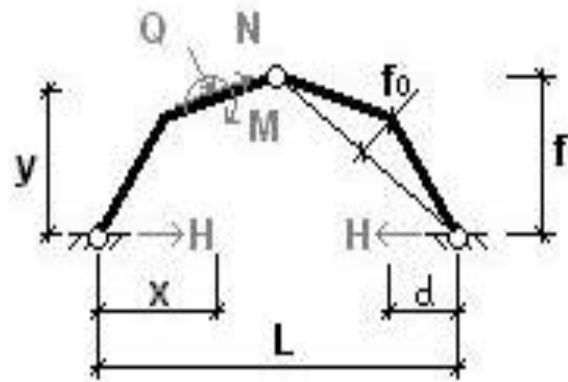
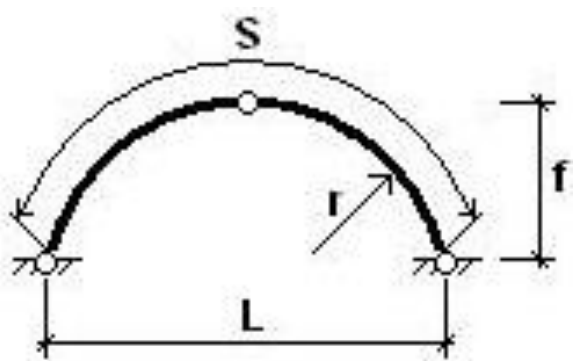
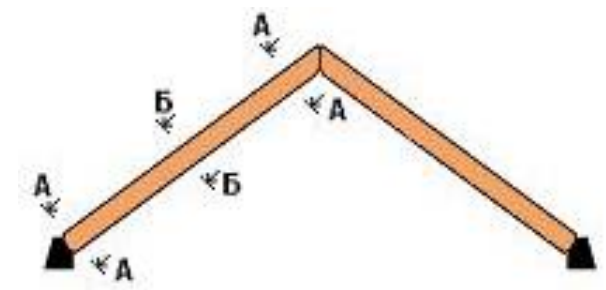
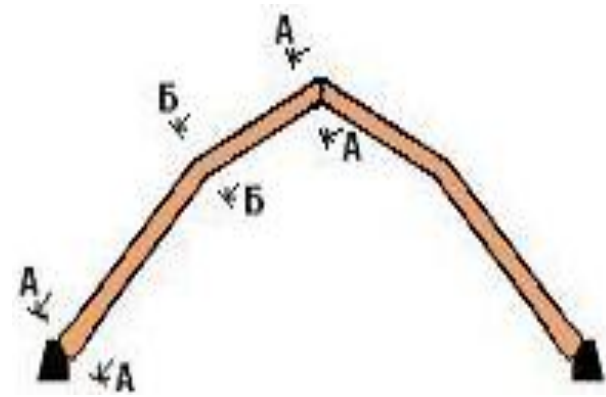
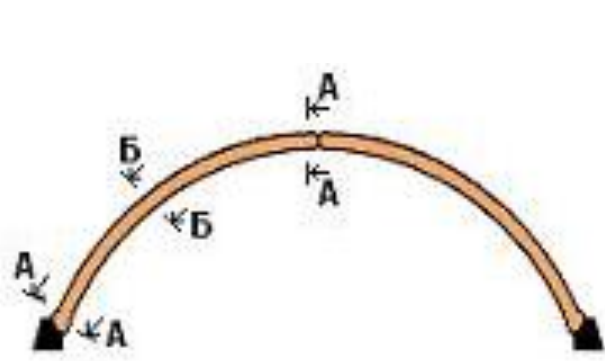
1.3 Примеры зданий и сооружений с применением клееных арок

1.1. Клееные арки

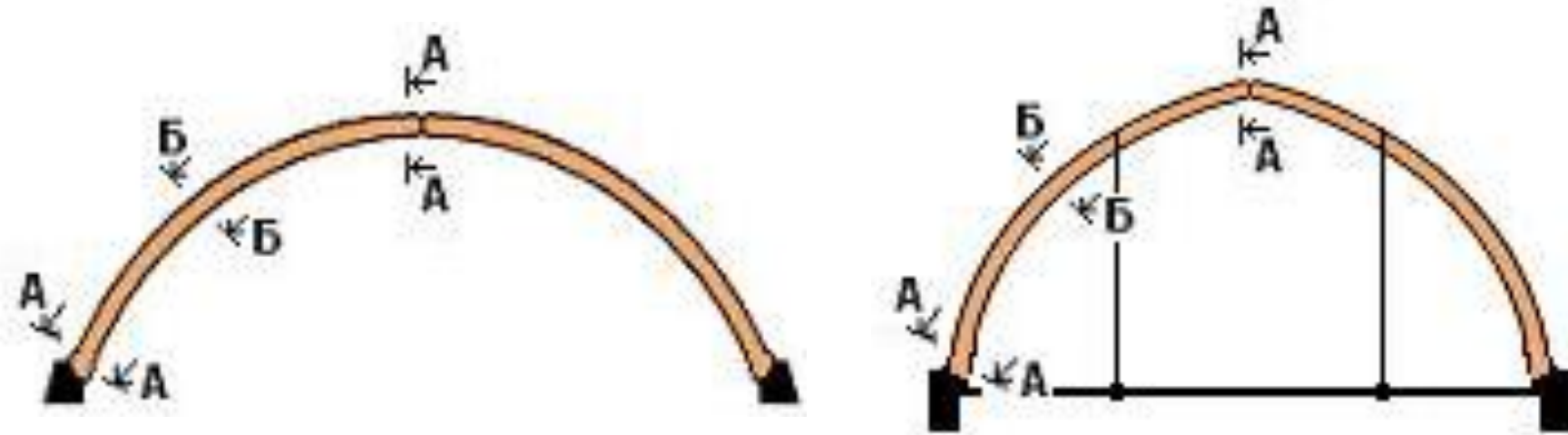
1.1.1 Основные показатели и классификация

По внешнему очертанию арки могут быть

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

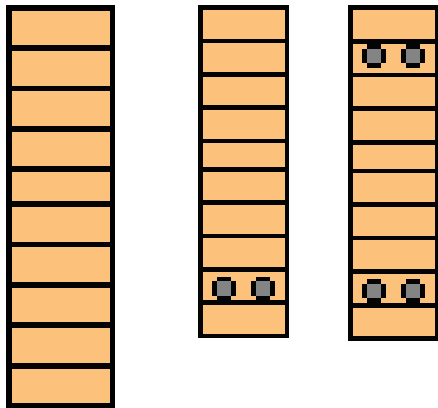


По статической схеме арки разделяют на **трех- и двухшарнирные**, а по схеме опирания – опирающиеся на фундаменты и с затяжками, воспринимающими распор.

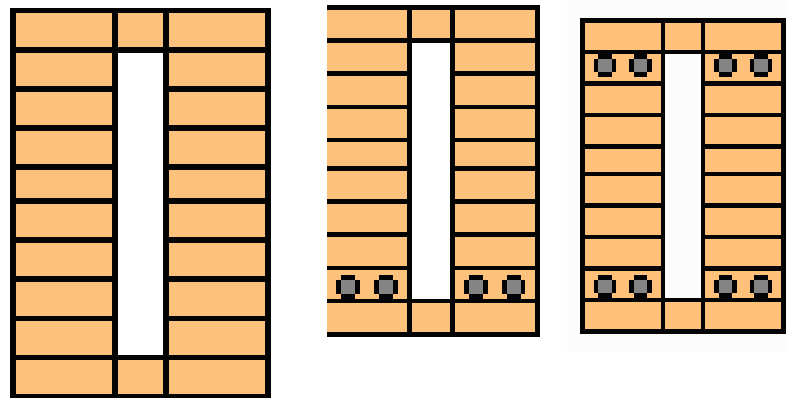


Двухшарнирные арки применяют при пролетах *до 30 м*, а трехшарнирные - при пролетах *60 м и более*. Ограничения вызваны только транспортными требованиями

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



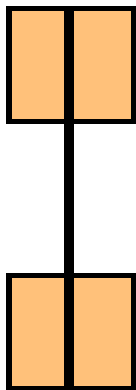
Прямоугольное сечение



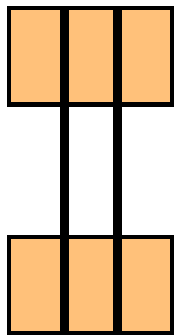
Коробчатое дощатоклееное сечение



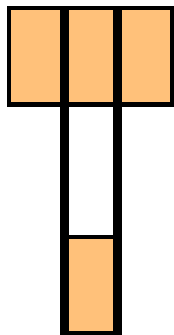
Коробчатое клефанерное сечение



Двутавровое клефанерное сечение



Двутавровое клефанерное сечение с двумя стенками



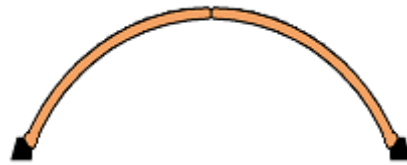
Тавровое клефанерное сечение с двумя стенками



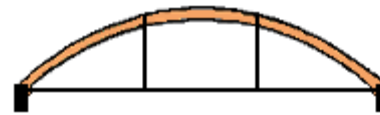
Килевидные арки



2-х шарнирная



3-х шарнирная



2-х шарнирная
с затяжкой

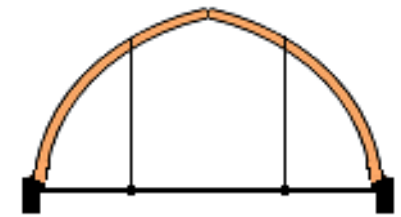
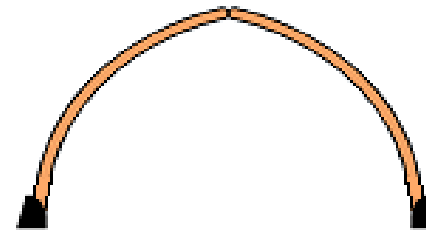
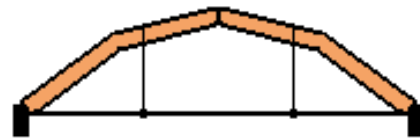


3-х шарнирная с
затяжкой

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 $8...12 м$.

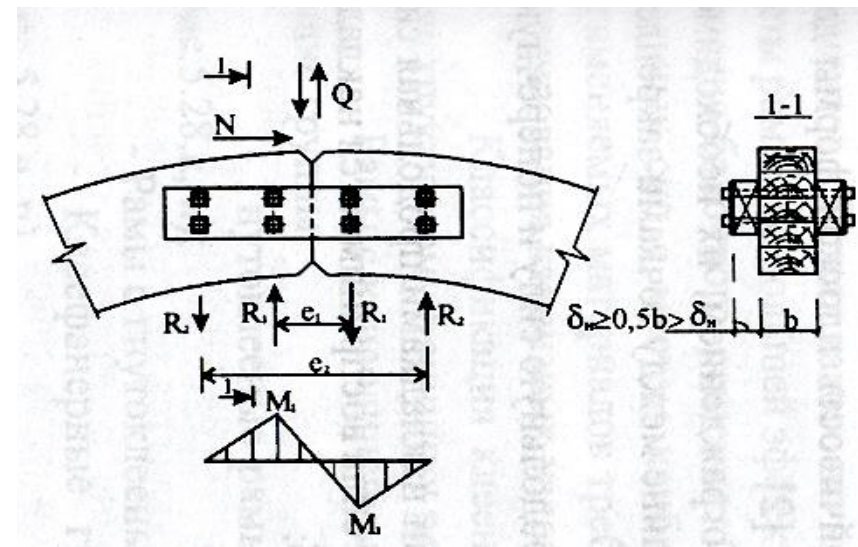
Арки сплошного сечения наиболее технологичны. Толщина досок для арок зависит от кривизны и принимается не более $\delta \leq R/300$ для малых, *до 25 м*, радиусов кривизны. Для больших радиусов $\delta \leq 33 мм$.

Радиус арки кругового очертания вычисляют по формуле

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

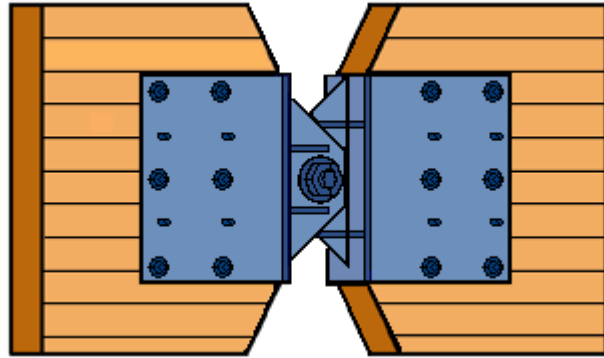
где f_0 – стрела подъема арки

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.

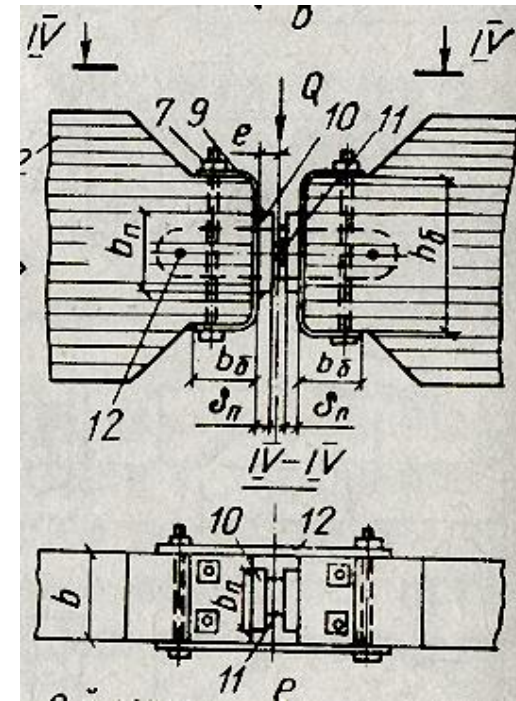
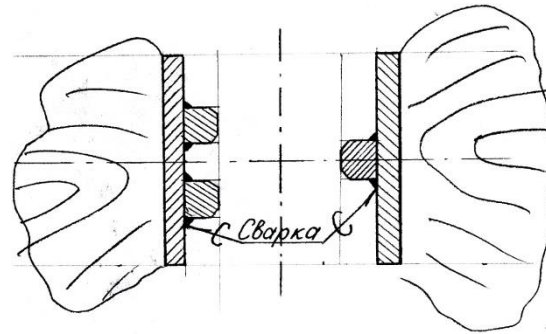
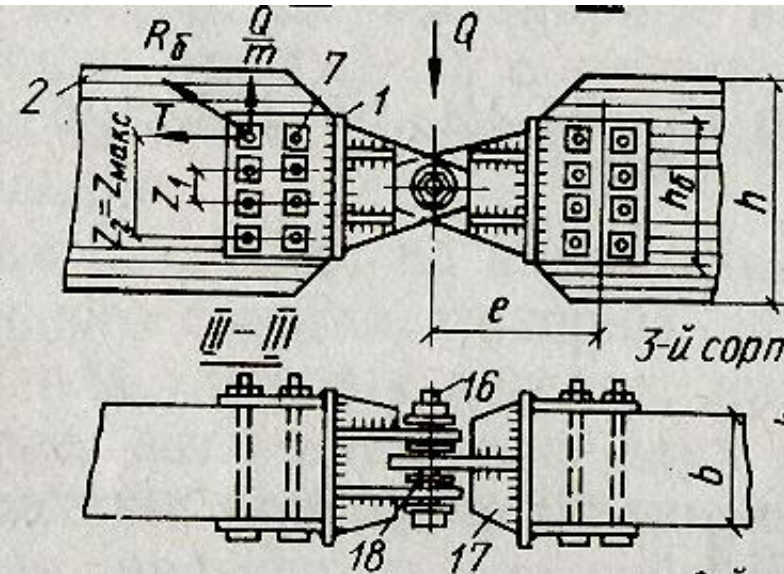
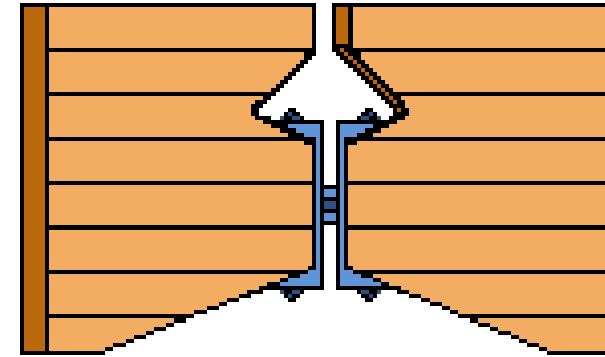
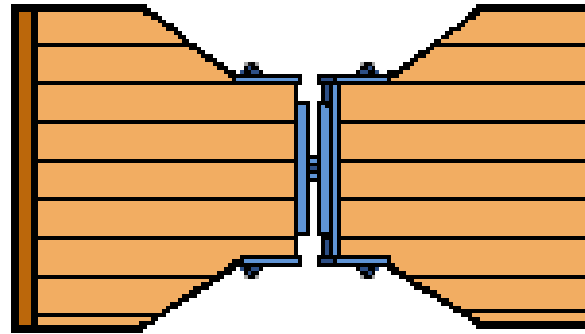


При пролетах *30 м и более* в ключевом узле устанавливают металлические башмаки.

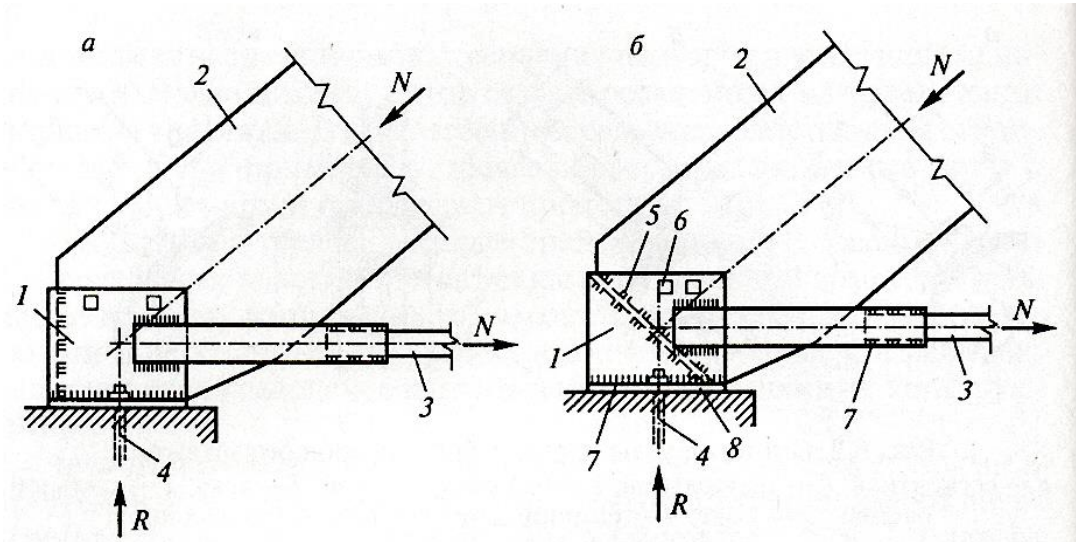
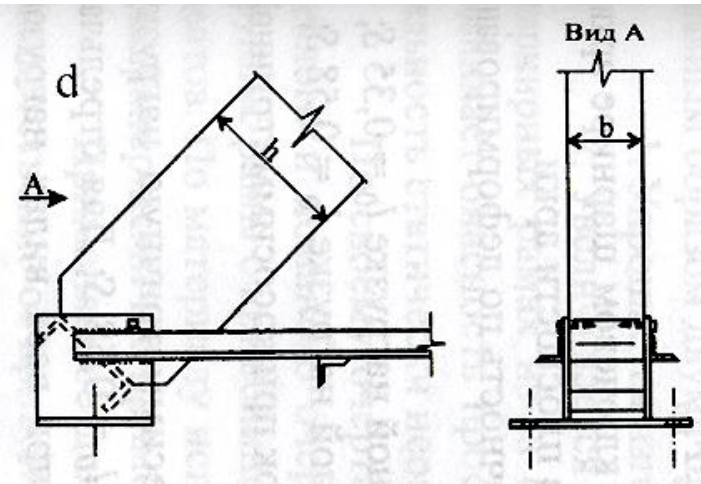
Валиковый шарнир



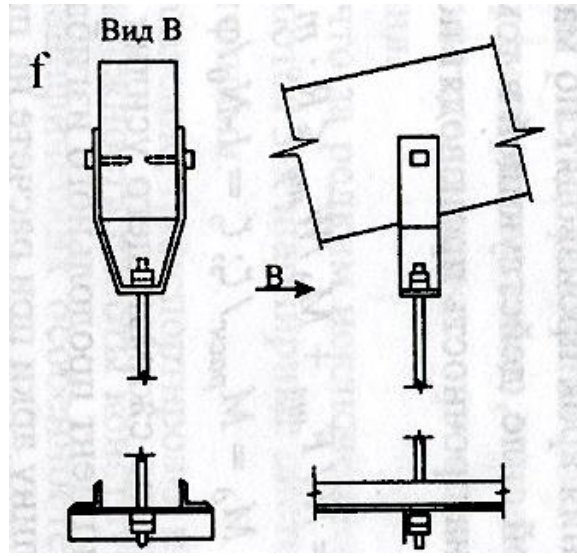
Плиточные шарниры



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



Гибкость затяжек в плоскости арки ограничивают с помощью подвесок.

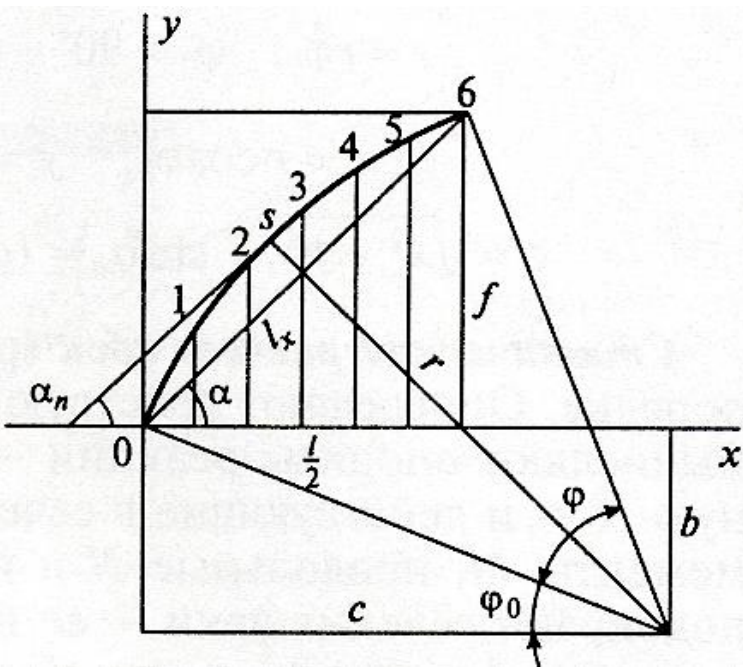






1.1.3 КЛЕЕННЫЕ АРКИ СТРЕЛЬЧАТОГО ОЧЕРТАНИЯ

Геометрический расчет стрельчатой арки заключается в определении следующих величин:



α – угла наклона хорды;

l_x – длины хорды;

φ – центрального угла оси;

s – длины оси;

φ_0 – угла наклона первого радиуса;

x и y – координат сечений;

b и c – координат центра;

z – координат сечений по хорде;

α_n – угла наклона касательных к горизонтальной оси;

e – расстояния от среднего радиуса до центра правой опоры.

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

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

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

$$s = r\varphi_0$$

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

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

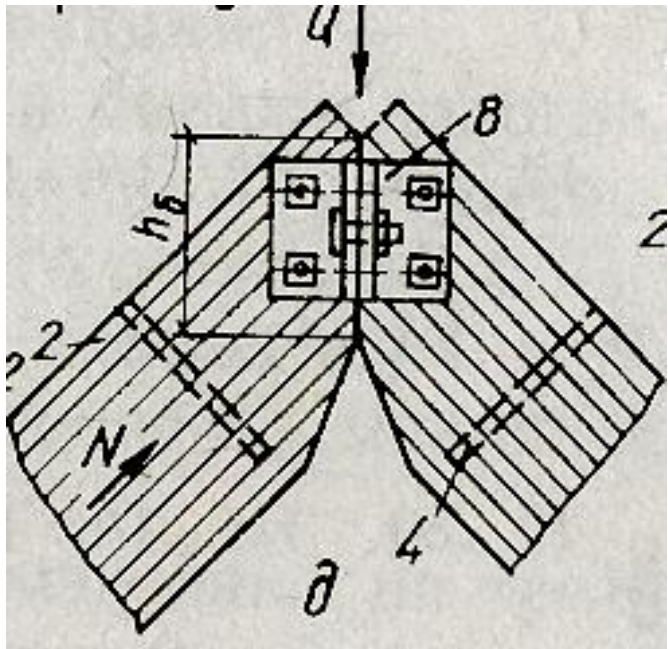
$$c = r \cdot \cos \varphi_0$$

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

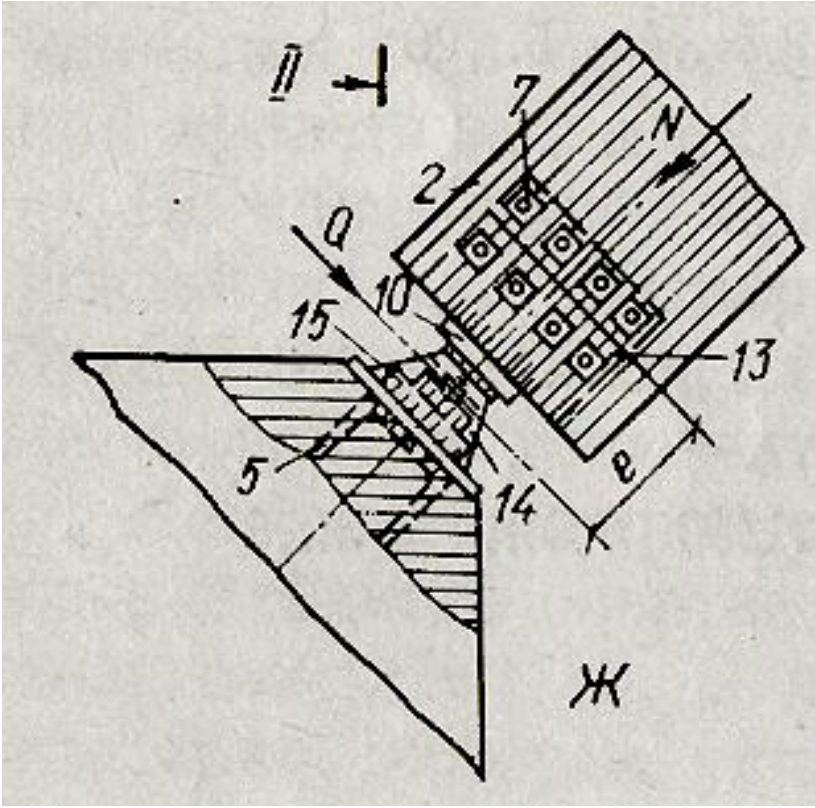
$$z = \sqrt{x^2 + y^2}$$

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

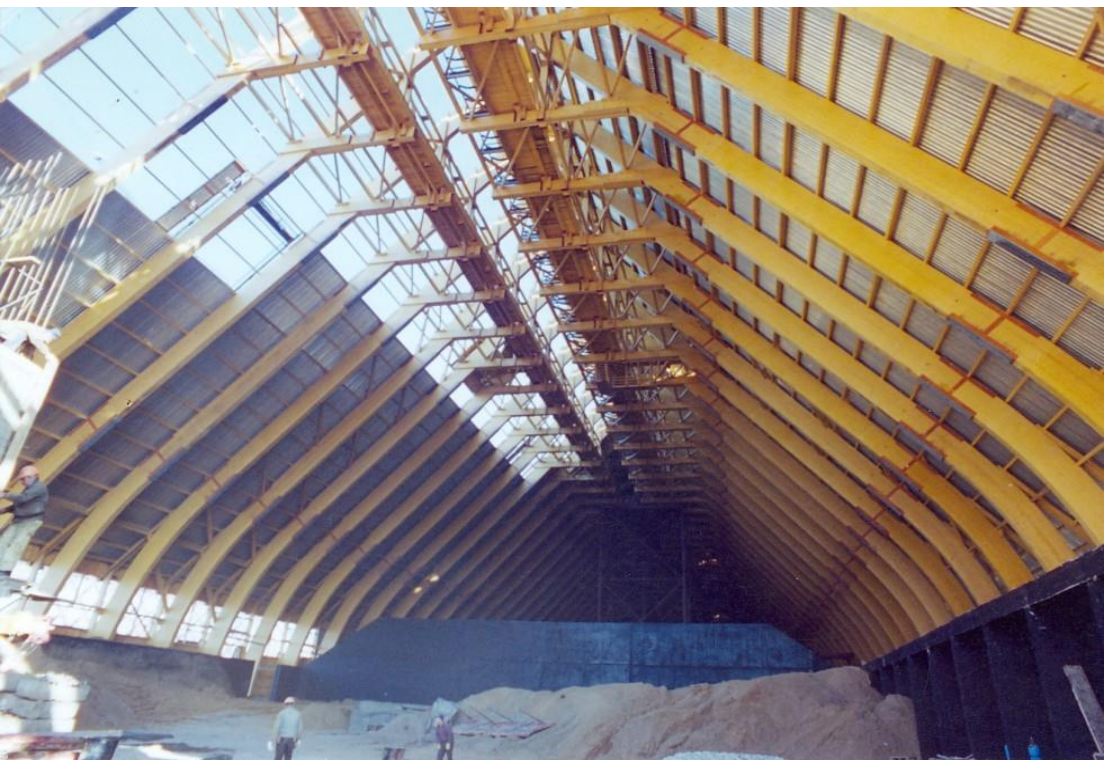
$$e = l \cos \alpha - \frac{l_x}{2}$$



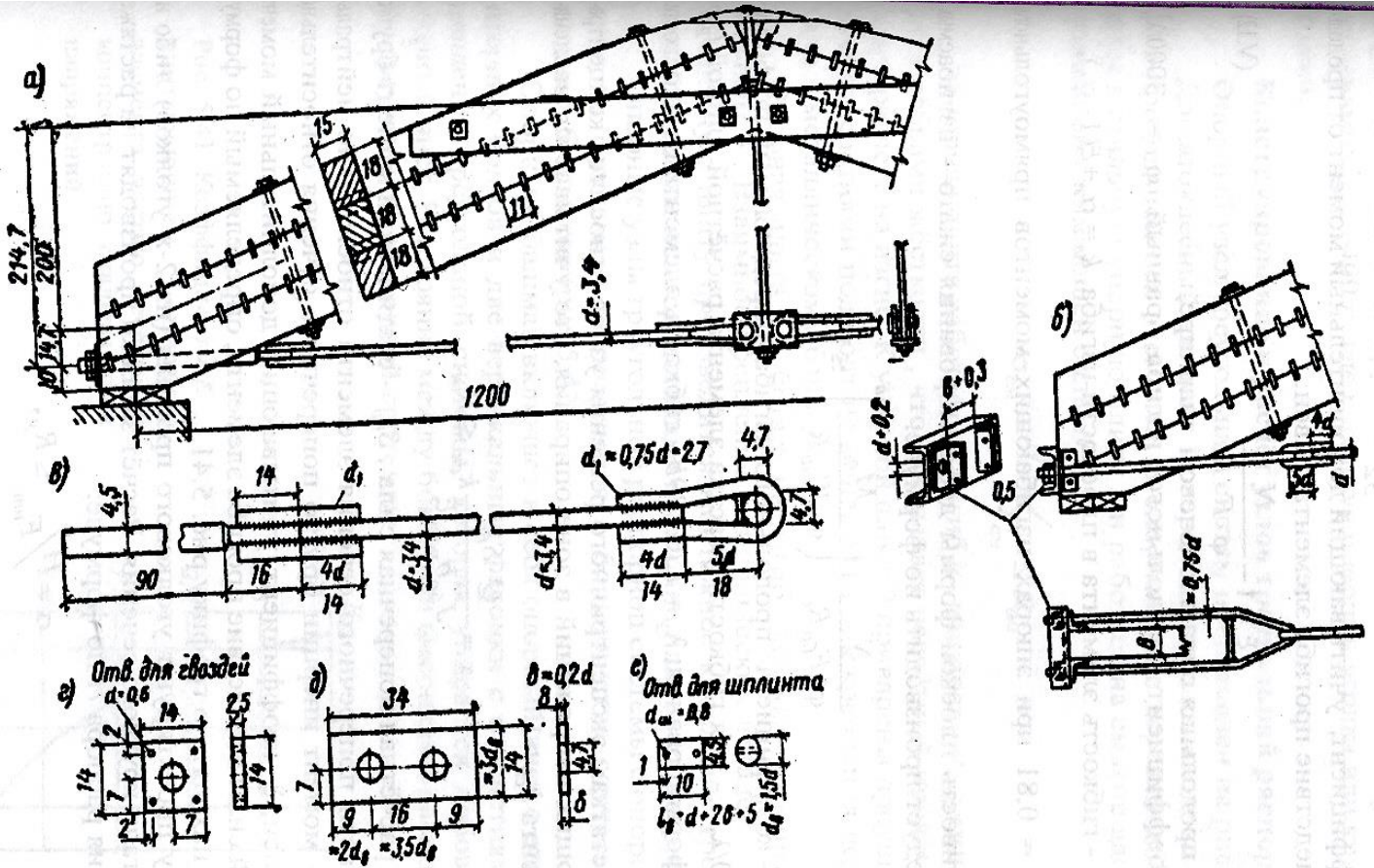
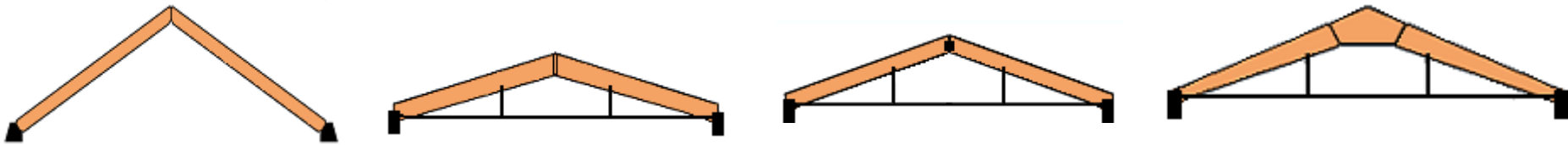
Ключевой узел стрельчатой арки
небольшого пролета



Опорный узел стрельчатой арки

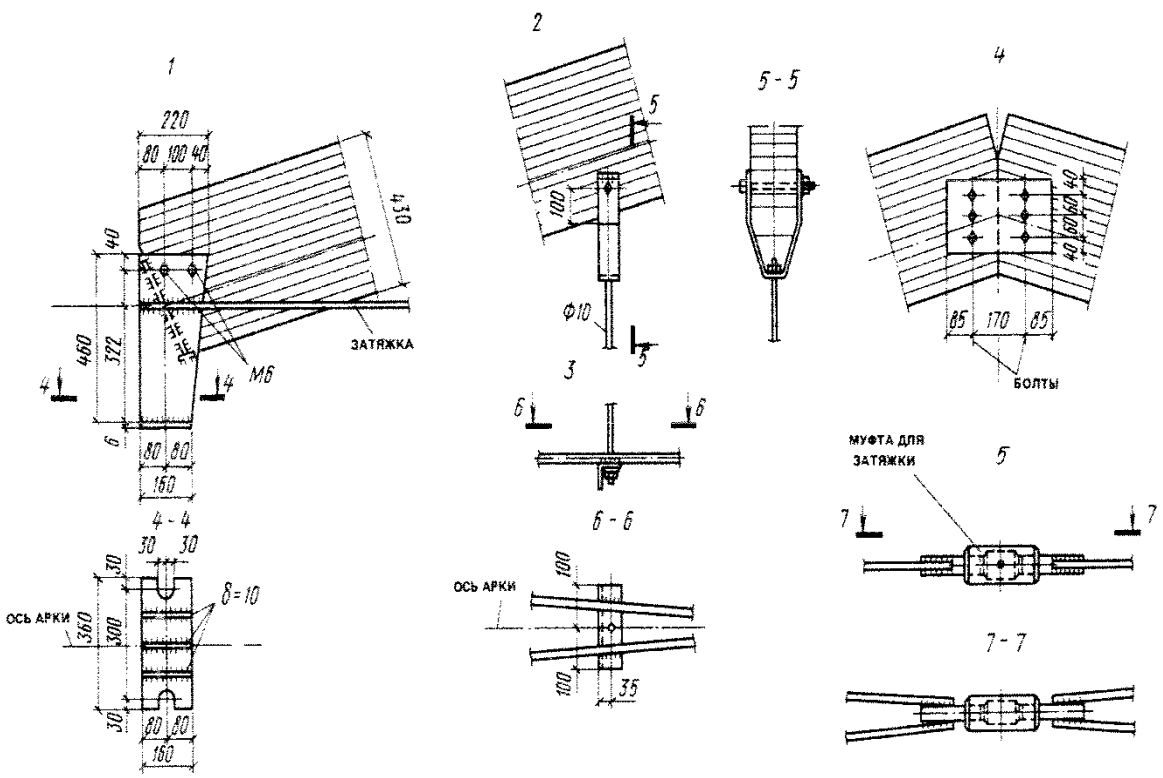
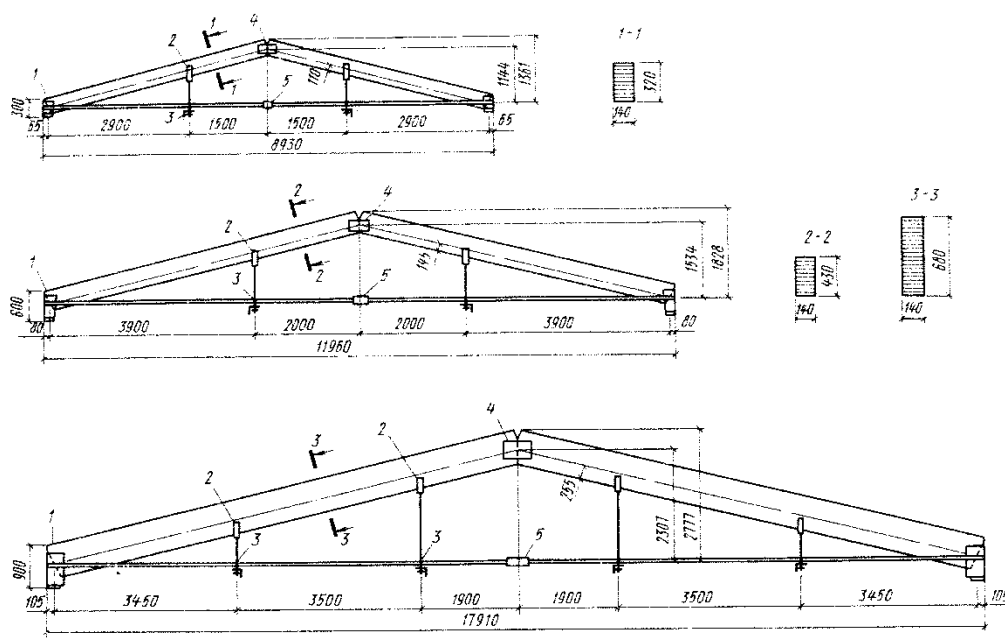


1.2 Распорные системы треугольного очертания



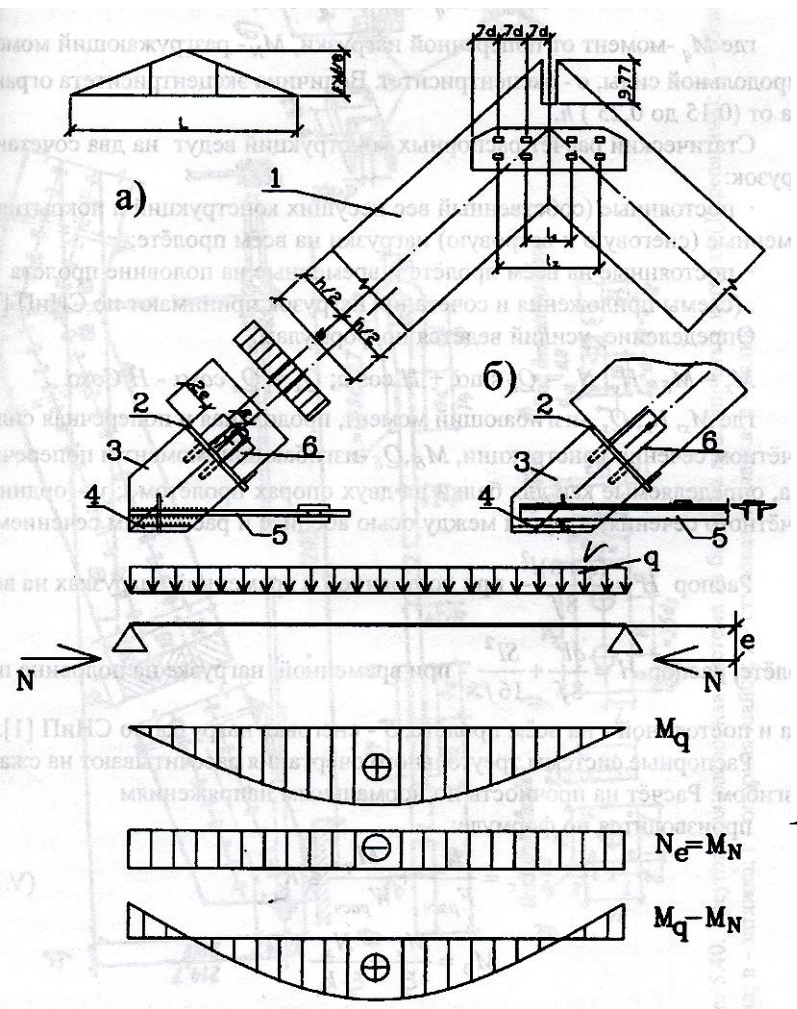
Характерный пример распорной системы треугольного очертания

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 сегменту
- 2) Постоянная нагрузка распределена по всему пролету и временная нагрузка распределена по треугольникам.

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 α - центральный угол полуарки, рад; S - полная длина дуги арки или свода.

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

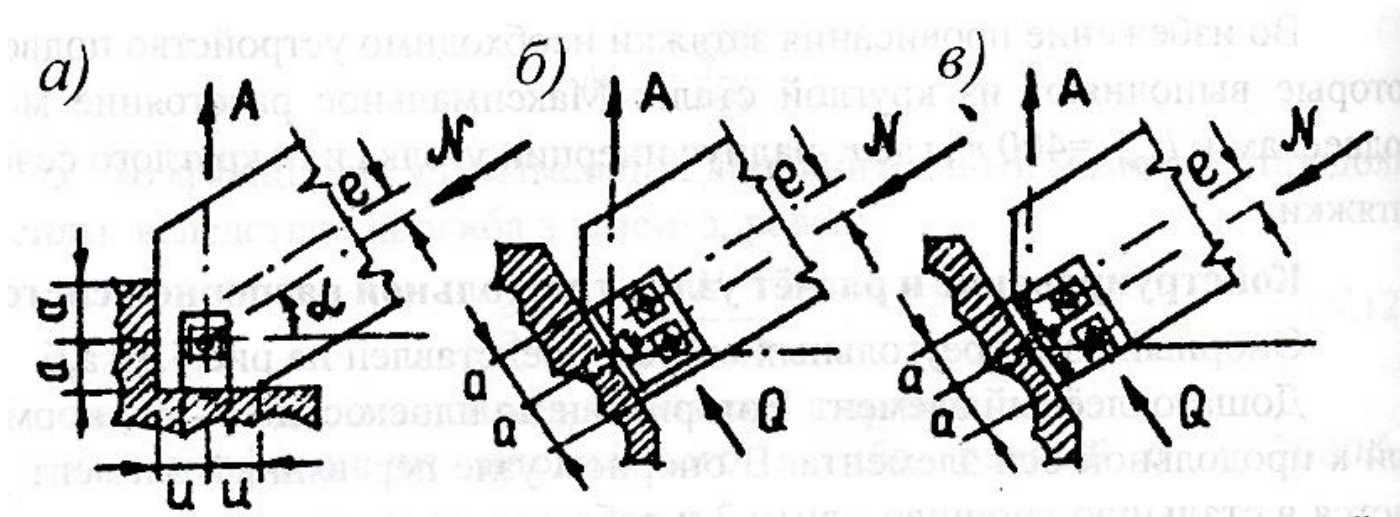
Для **трехшарнирных стрельчатых** арок с углом перелома в ключе *более 10°* при всех видах нагрузки расчетная длина $l_0 = 0,5S$

Проверку клееной арки на скалывание выполняют по формуле

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

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

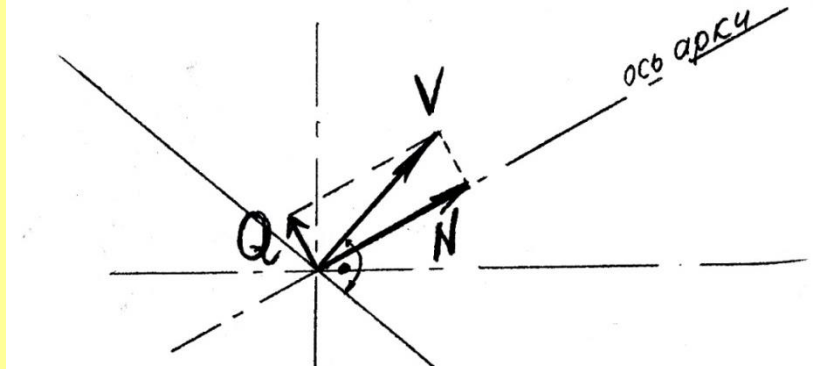
при расчете **на устойчивость в плоскости кривизны** для двух- и трехшарнирных арок и сводов $l_0 = 0,58S$.



1. Проверка смятия древесины по площадке ***a-a*** от распора ***N*** под углом ***α*** 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°*** к направлению волокон древесины; проверка анкера.

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



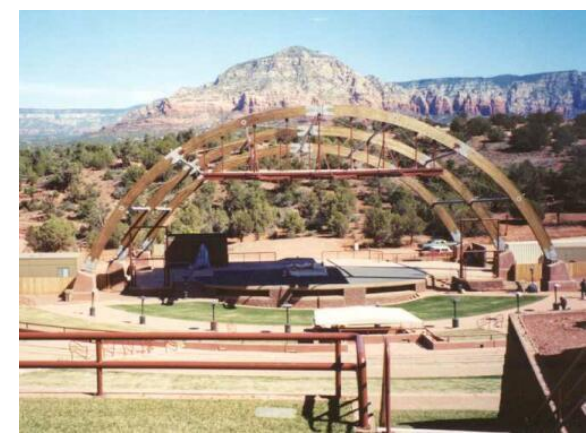
1.3 Примеры зданий и сооружений с применением клееных арок





При возведении арочных сооружений как правило используют технологию блочного монтажа.







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



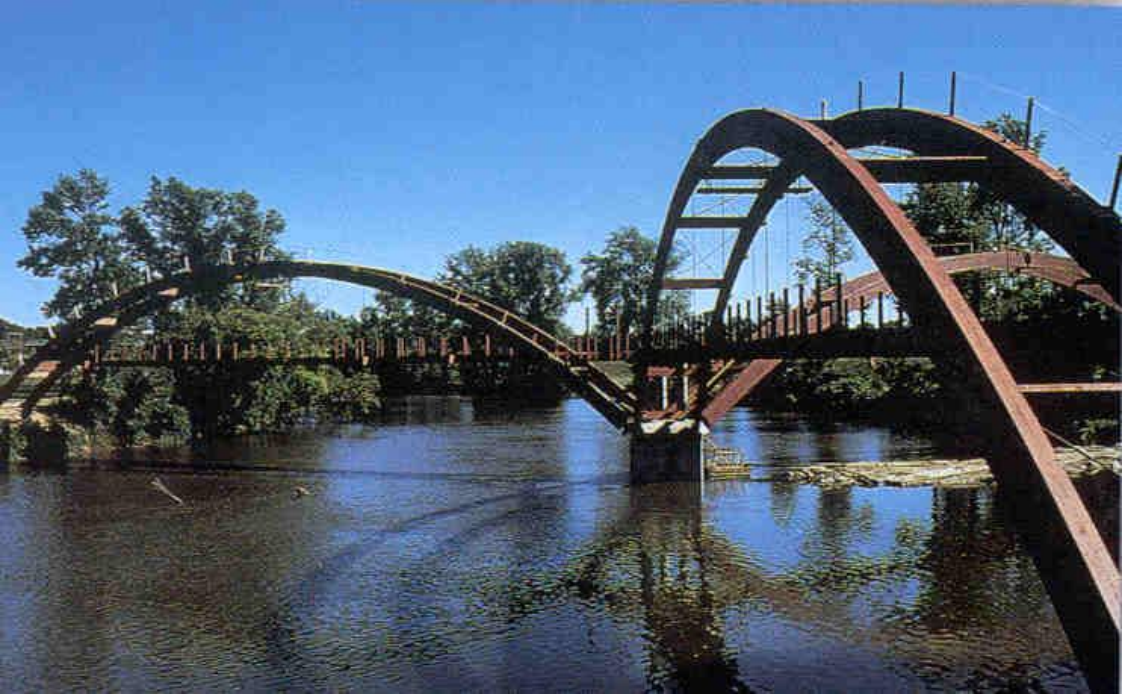
Конструкция опорного узла



Высота сечения клеедеревянной арки 1400 мм



Фрагмент деревянного настила



Узлы здания со стрельчатой аркой

