

ЛЕКЦИЯ 8

Арки. Общая характеристика. Схемы арок, конструкция и расчет

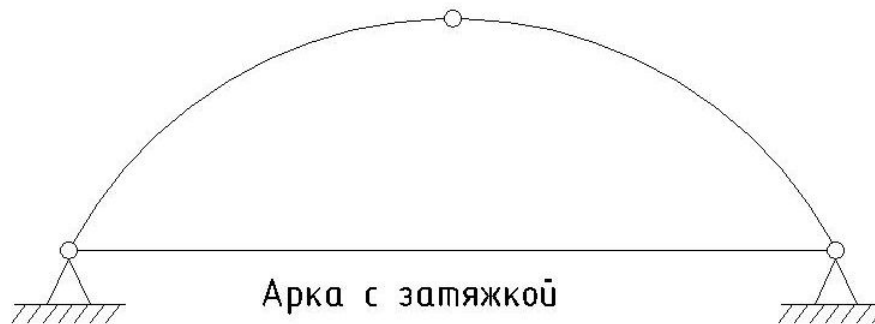
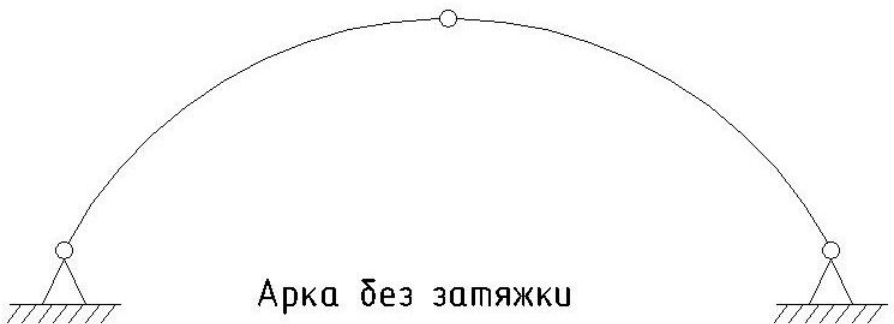
Арки также как и рамные относятся к распорным конструкциям, т. е. для них характерно наличие горизонтальной составляющей опорной реакции (распора).

Арки используются в качестве основных несущих конструкций зданий различного назначения. Их применяют в покрытиях промышленных, сельскохозяйственных и общественных зданий пролетом от 12 до 70 м. В зарубежном строительстве с успехом применяют арки пролетом до 100 м и более.

По статической схеме арки разделяют на трехшарнирные и двухшарнирные без ключевого шарнира:

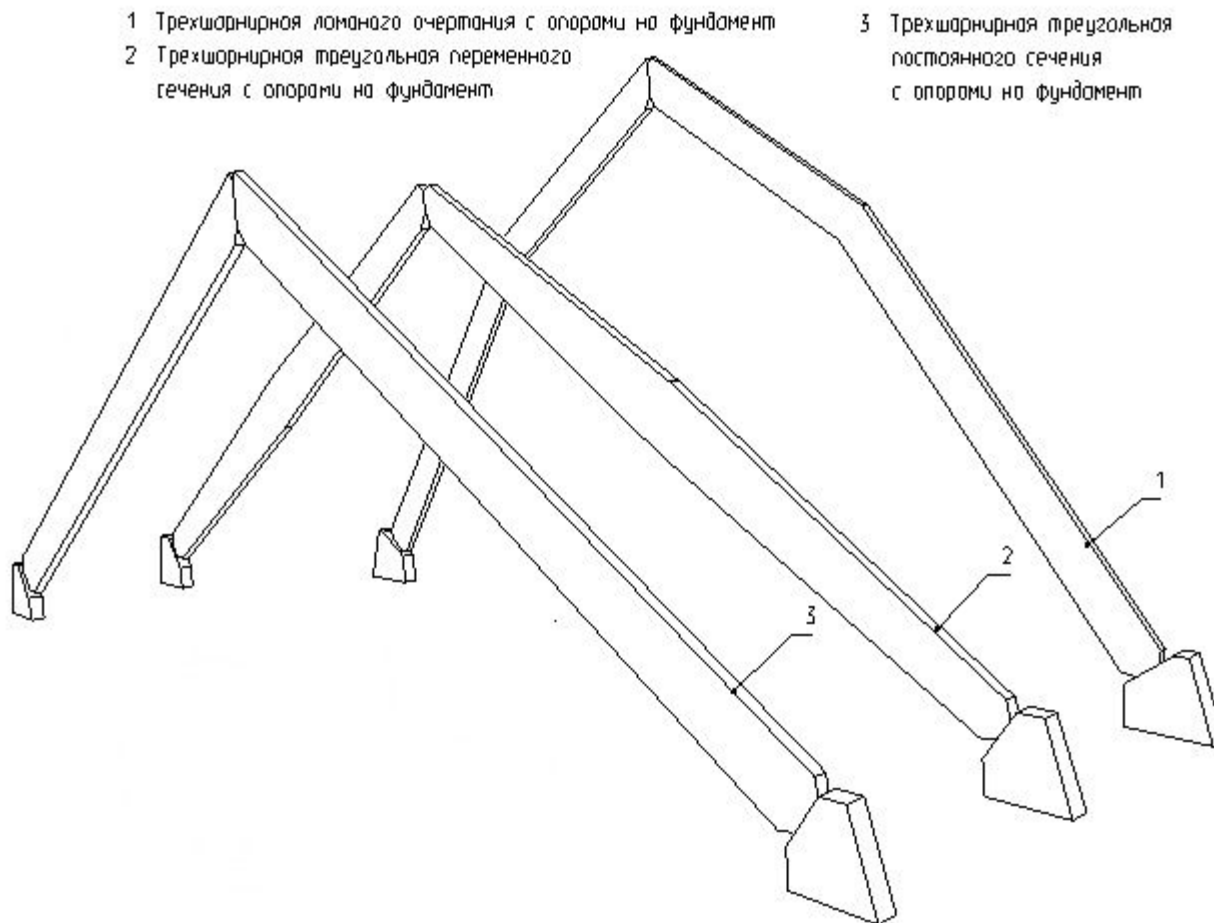


По схеме опирания их делят на арки с затяжками, воспринимающими распор и на арки без затяжек, распор которых передается на опоры.



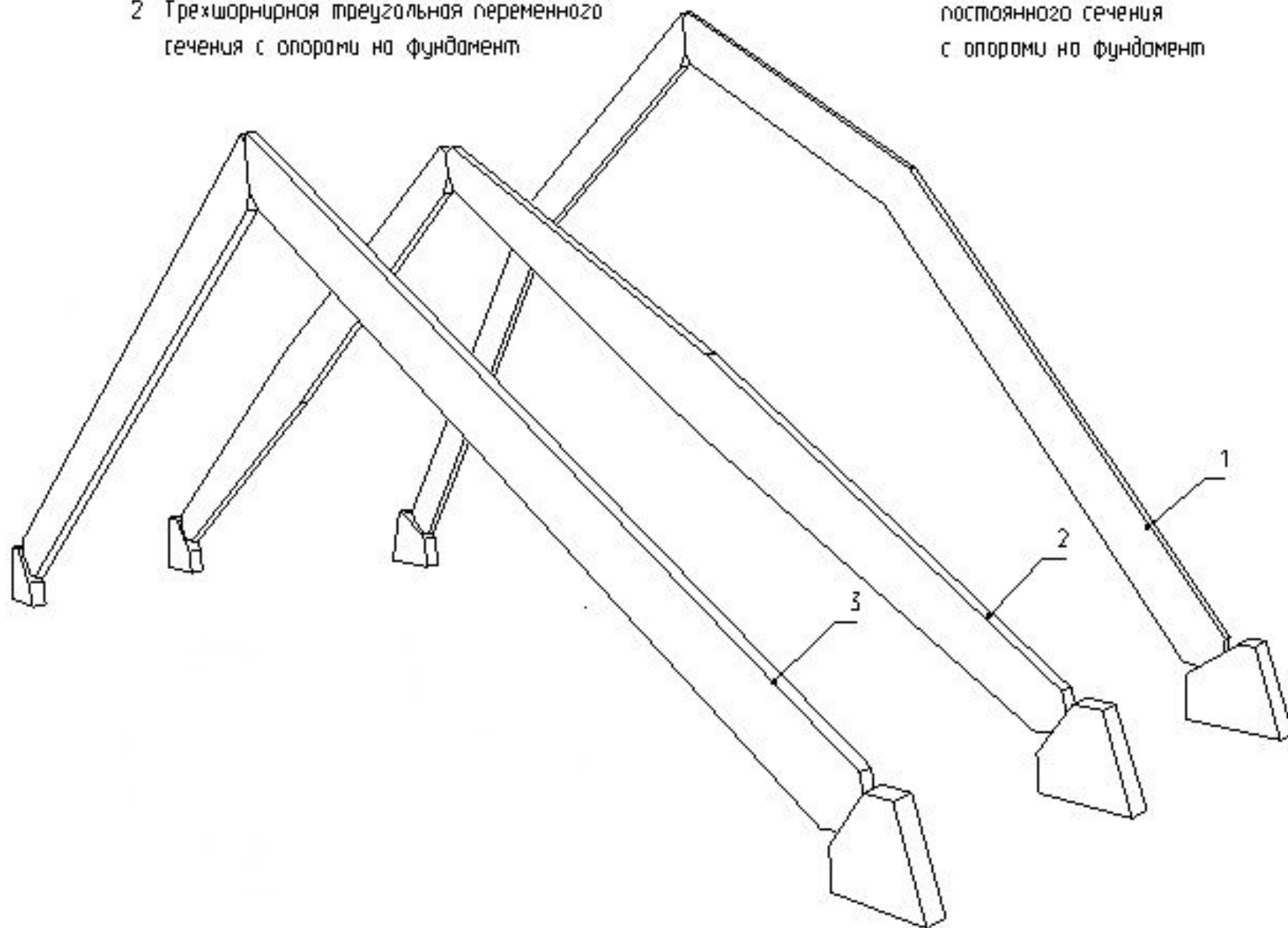
По форме оси арки делят на:

- треугольные из прямых полуарок
- пятиугольные
- сегментные, оси полуарок располагаются на общей окружности
- стрельчатые, состоящие из полуарок, оси которых располагаются на двух окружностях, смыкающихся в ключе под углом.



- 1 Трехшарнирная ломаного очертания с опорами на фундамент
- 2 Трехшарнирная треугольная переменного сечения с опорами на фундамент

- 3 Трехшарнирная треугольная постоянного сечения с опорами на фундамент



По конструкции арки делятся на:

- 1) цельные (только треугольной формы);
- 2) арки из ферм
- 3) арки из балок на пластинчатых нагелях (Деревягина)
- 4) кружальные арки, состоящие из двух или более рядов косяков, соединенных между собой нагелями
- 5) арки с перекрестной дощатой стенкой на гвоздях
- 6) клееные арки (дощатоклееные и клеефанерные)
 - Из перечисленных видов арок наиболее широкое применение получили клееные арки заводского изготовления. Распоры и несущая способность таких арок могут отвечать требованиям сооружения покрытий самого различного назначения, в том числе уникальных по своим размерам.
 - Арки остальных видов являются арками построечного изготовления и сейчас почти не применяются. Дощатоклееные деревянные арки представляют собой пакет склеенных по пласте гнутых досок.

- По форме оси дощатоклеенные арки могут иметь любой из перечисленных выше видов, т.е. они могут быть **треугольными** (без затяжек – при высоте $1/2 l$ и с затяжками – при высоте $1/6 \dots 1/8 l$ в покрытиях до 24 м), **пятиугольными** с гнутыми участками в местах переломов осей, пологими сегментными двух- или трехшарнирными со стрелой подъема не менее $1/6 l$ (в редких случаях $1/7 \dots 1/8 l$) и высокими трехшарнирными стрельчатыми из элементов кругового очертания со стрелой подъема $1/3 \dots 2/3 l$. Последние два вида клееных арок (сегментные и стрельчатые) рекомендуются в качестве основных.
- Поперечное сечение клееных арок рекомендуется принимать прямоугольным и постоянным по всей длине. Высота поперечного сечения назначается от $1/30 \dots 1/50$ пролета. Толщина слоев для изготовления арок при радиусе кривизны до 15 м принимается не более 4 см.

Расчет арок

Расчет арок производится по правилам строительной механики, причем распор пологих двухшарнирных арок при стреле подъема не более $1/4$ пролета разрешается определять в предположении наличия шарнира в ключе.

Расчет арок после сбора нагрузок выполняется в следующем порядке:

- 1) геометрический расчет арки;
- 2) статический расчет;
- 3) подбор сечений и проверка напряжений;
- 4) расчет узлов арки.

Нагрузки, действующие на арку, могут быть распределенными и сосредоточенными. Постоянную равномерную нагрузку g от массы покрытия и самой арки определяют с учетом шага арок. Она обычно условно считается в запас прочности, равномерно распределенной по длине пролета, для чего ее фактическое значение умножают на отношение длины арки к ее пролету S/l .

Геометрический расчет арки заключается в определении всех размеров, углов и их тригонометрических функций полуарки, необходимых для дальнейших расчетов. Исходными данными при этом являются пролет l , высота f , а в стрельчатых арках также радиус полуарки r или ее высота f .

Ветровую нагрузку q определяют по нормам нагрузок и воздействий с учетом шага арок и считают приложенной нормально к поверхности покрытия

Геометрический расчет арки заключается в определении всех размеров, углов и их тригонометрических функций полуарки, необходимых для дальнейших расчетов. Исходными данными при этом являются пролет l , высота f , а в стрельчатых арках также радиус полуарки r или ее высота f .

Статический расчет

- Опорные реакции трехшарнирной арки состоят из вертикальных и горизонтальных составляющих. Вертикальные реакции R_a и R_b определяют как в однопролетной свободно опертой балке из условия равенства нулю моментов в опорных шарнирах. Горизонтальные реакции (распор) H_a и H_b определяют из условия равенства нулю моментов в коньковом шарнире.
- Определение реакций и усилий удобно производить в сечениях только одной левой полуарки в следующем порядке:
- сначала усилия от единичной нагрузки справа и слева, затем от левостороннего, правостороннего снега, ветра слева, ветра справа и массы оборудования.
- Изгибающие моменты следует определять во всех сечениях и иллюстрировать эпюрами.
- Продольные и поперечные силы можно определять только в сечениях у шарниров, где они достигают максимальных величин и необходимы для расчетов узлов. Необходимо также определять продольную силу в месте действия максимального изгибающего момента при таком же сочетании нагрузок.
- Усилия от двустороннего снега и собственной массы определяют путем суммирования усилий от односторонних нагрузок.
- Арки работают и рассчитываются на сжатие с изгибом по прочности и устойчивости в плоскости и из плоскости арки.

При расчете арок выполняются следующие проверки

1. Проверка прочности по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \frac{N}{F_{расч}} + \frac{M_g}{W_{расч}} \leq R_c$$

2. Расчет на устойчивость плоской формы деформирования (из плоскости арки)

$$\frac{N}{\varphi \cdot R_{бр} \cdot F} + \left(\frac{M_g}{\varphi_u \cdot R_{бр} \cdot W} \right)^n \leq 1$$

3. Проверка устойчивости в плоскости арки выполняется по формуле

$$\frac{N}{\varphi \cdot F_{расч}} \leq R_c$$

где $\varphi=f(\lambda)$ – коэффициент продольного изгиба, .

Расчетную длину элемента l_0 следует принимать по СНиП II-25-80 в зависимости от расчетной схемы и схемы загрузки арки.

Узлы арок

Основными узловыми соединениями трехшарнирных арок являются опорные и коньковые шарниры.

Опорные узлы арок без затяжек выполняют, как правило, в виде лобовых упоров в сочетании с металлическими башмаками сваркой листовой конструкции, служащими для крепления их к опорам.

Башмак состоит из опорного листа с отверстиями для анкерных болтов и двух вертикальных фасонок с отверстиями для болтов крепления полуарок.

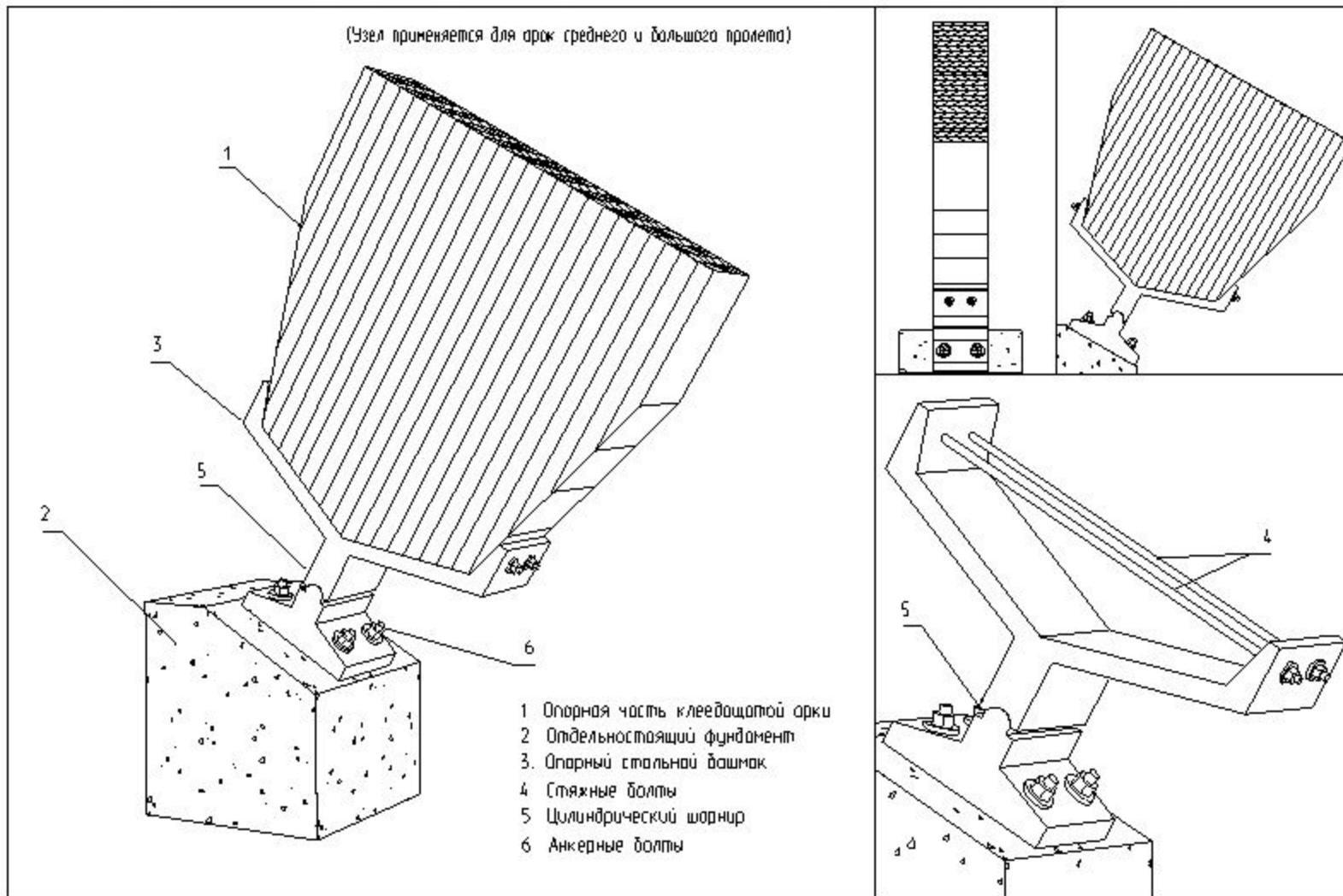
Расчет опорного узла заключается в расчете торца полуарки на смятие от действия

щей силы $N_{см}$. В сегментных и на максимальной продольной силе N и Q в треугольных арках она равна равнодействующей опорных усилий

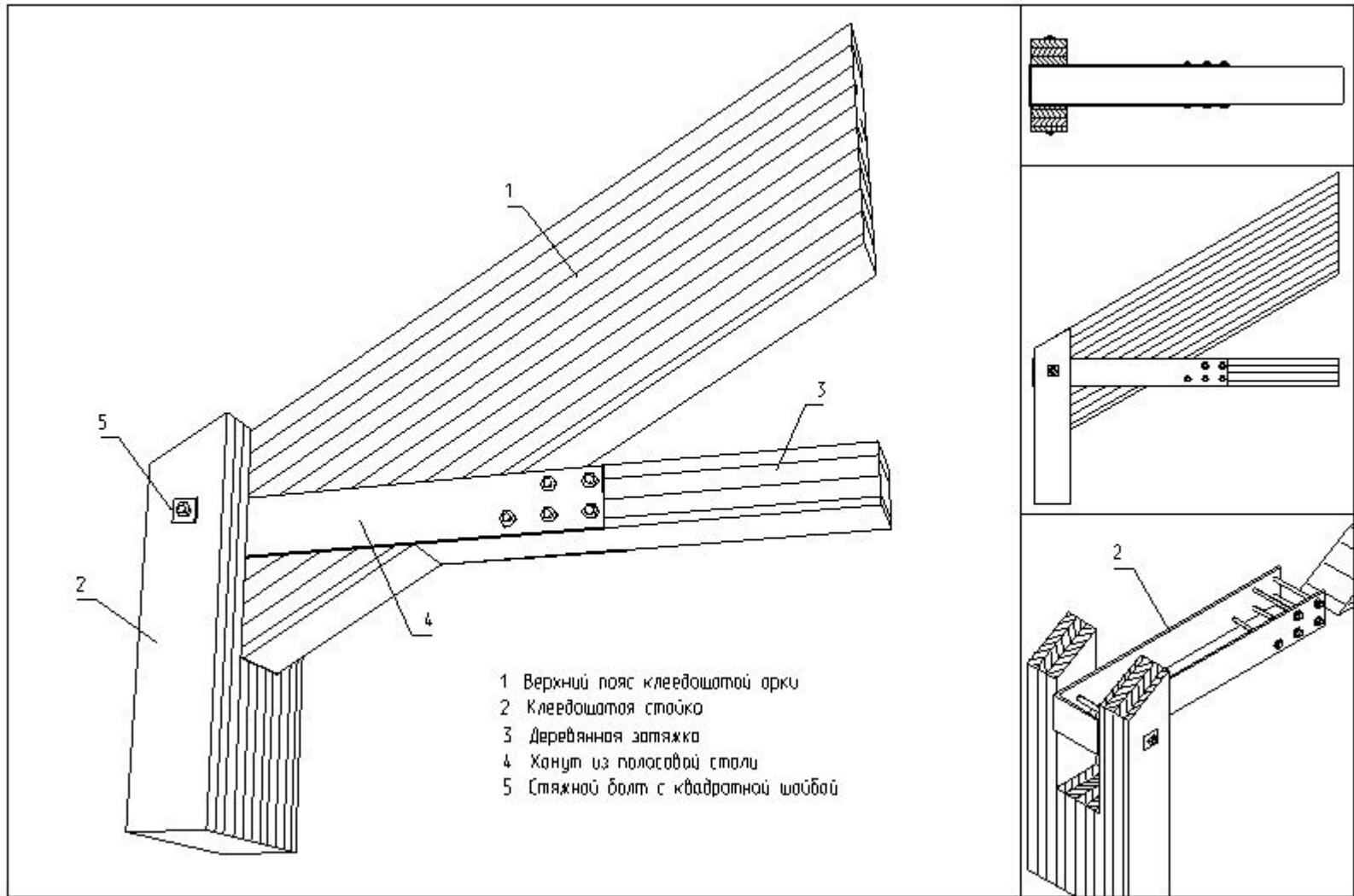
$$N = \sqrt{N^2 + Q^2}$$



Опорные узлы большепролетных арок без затяжек выполняют с применением металлических шарниров качающегося типа

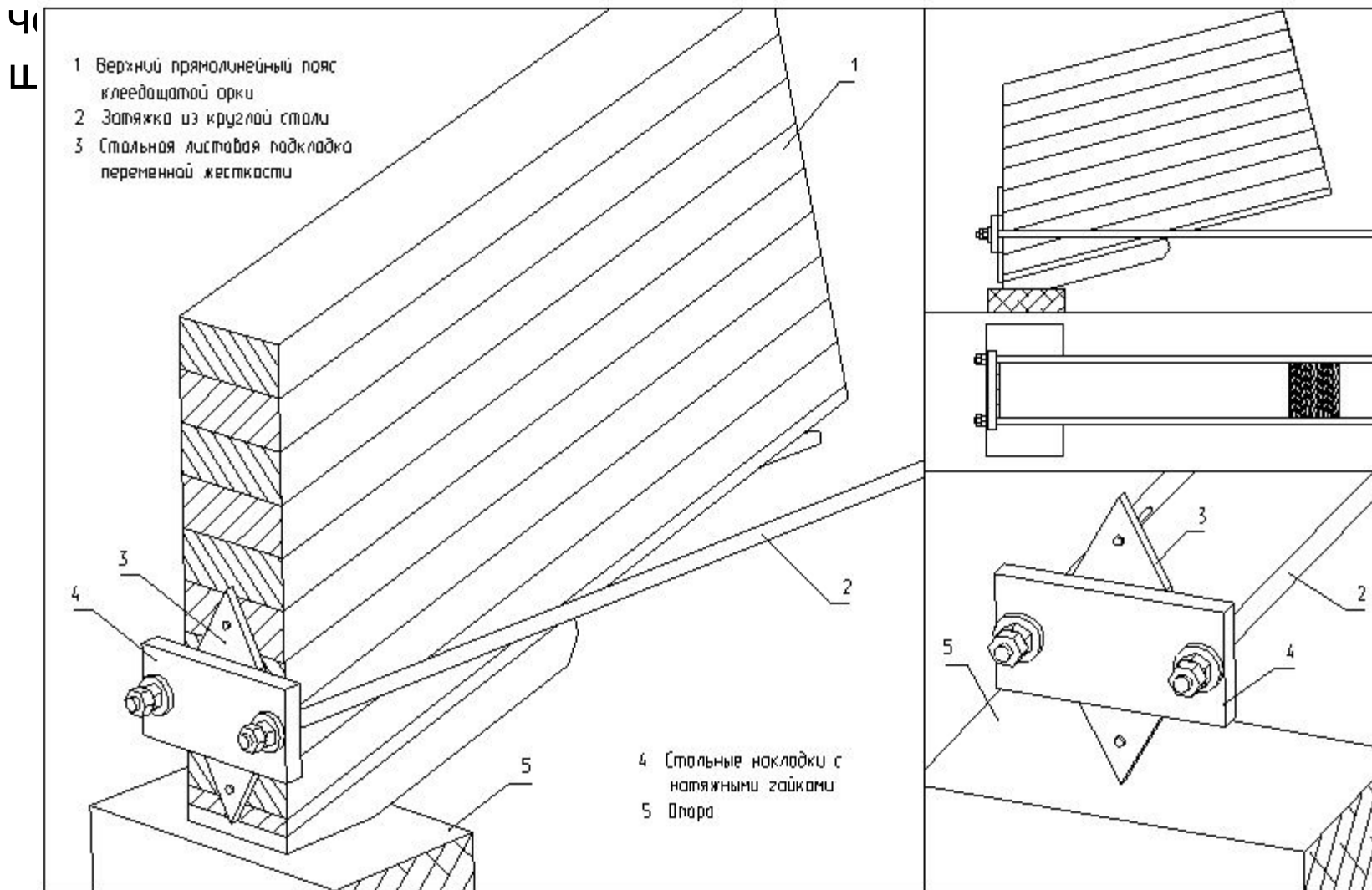


Опорный узел сегментной арки с деревянной затяжкой на болтах:



Опорные узлы дощатых арок с затяжками выполняется при помощи гвоздевых или болтовых соединений досок пояса и затяжки.

Затяжки брусчатых арок из арматурной стали пропускаются



Коньковые узлы большепролетных арок выполняются в виде стальных шарниров качающегося типа

