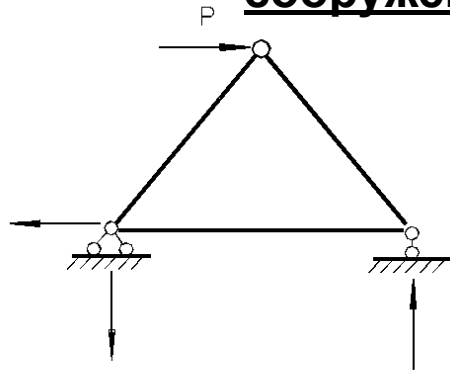
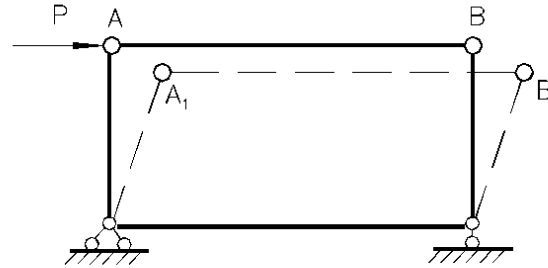


Кинематический анализ сооружения



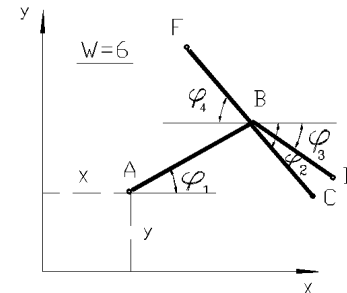
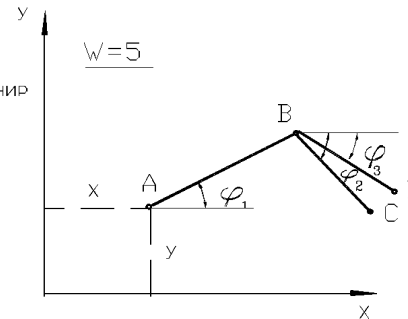
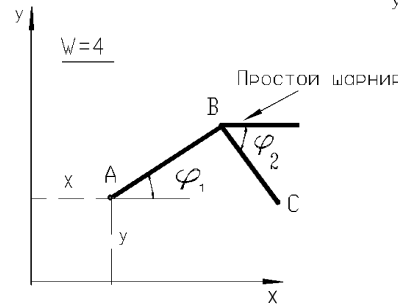
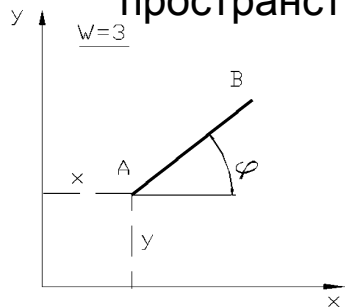
Геометрически неизменяемая система (сооружение)



Геометрически изменяемая система (механизм)

Число степеней свободы

Степенью свободы W , называется количество независимых параметров, которые в любой момент времени определяют положение системы на плоскости или в пространстве.



Примечание: шарнир, соединяющий два стержня между собой, уменьшает степень свободы системы на 2 и называется простым шарниром

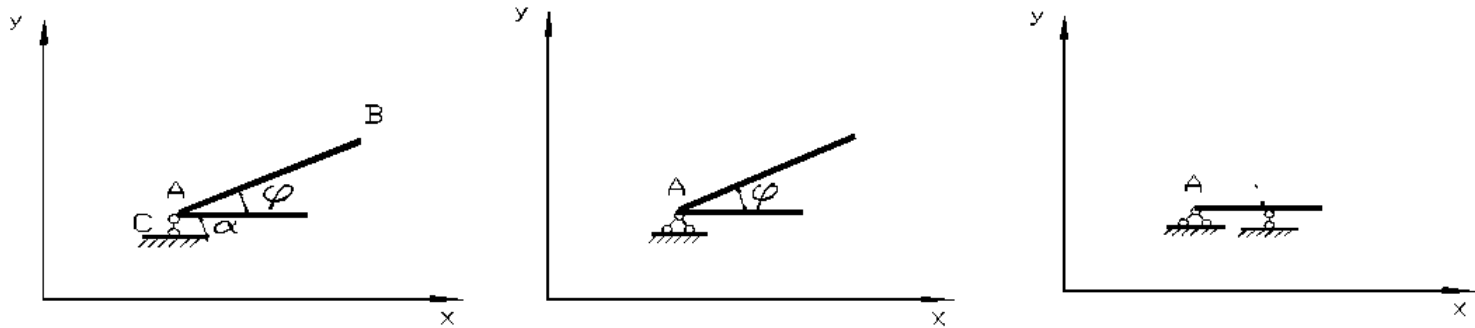
Шарниры, соединяющие 3 и более стержней называются сложными или кратными. Шарнир, соединяющий n стержней, эквивалентен числу $(n-1)$ простых шарниров.

$$W = 3D - 2Ш_0$$

здесь: D – число дисков в рассматриваемой системе, $Ш_0$ – число простых шарниров.

Кинематический анализ

Поскольку все сооружения конструкции должны быть неподвижными, поэтому необходимо прикрепить к основанию или земле с помощью опорных связей (опорных стержней).



В первом случае диск имеет две степени свободы. При креплении диска двумя опорными связями, возможен только его поворот вокруг точки А. Таким образом, диск имеет одну степень свободы.

Наложим 3 связи - все возможные перемещения диска исключены.

Вывод: каждый опорный стержень уменьшает степень свободы диска или системы дисков на 1 единицу.

Окончательно:

$$W = 3D - 2Ш_0 - C_{оп} ,$$

где: D - число дисков (стержней) системы, $Ш_0$ - число простых шарниров, $C_{оп}$ - количество опорных стержней.

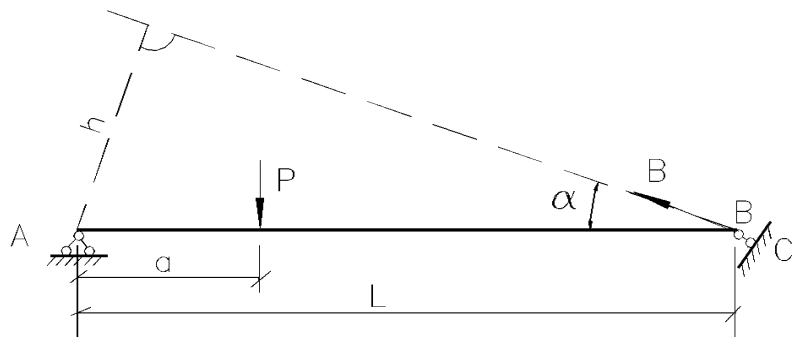
Следует помнить:

1. $W > 0$ - система подвижная, т.е. геометрически изменяемая;
2. $W = 0$ - система геометрически неизменяема и статически определима.
3. $W < 0$ - система геометрически неизменяема и статически неопределима.

Кинематический анализ сооружения

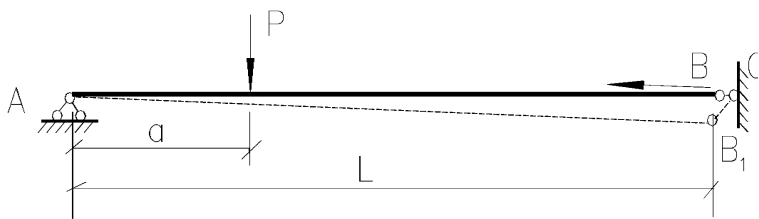
Мгновенно изменяемые системы

Иногда, даже при выполнении условий $W=0$ или $W<0$, система может в любой момент, на очень короткое время, становится геометрически изменяемой. Такие системы называются мгновенно изменяемыми



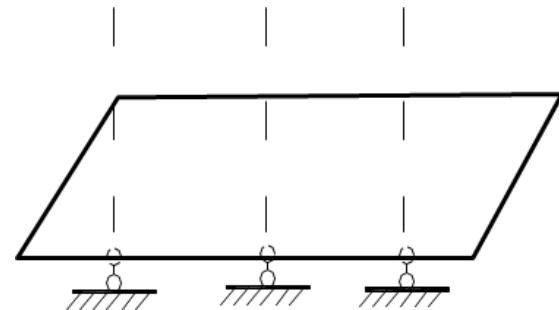
$$\sum M_A = 0; \quad P \cdot a - B \cdot h = 0 \quad h = l \cdot \sin \alpha \quad P \cdot a - B \cdot l \cdot \sin \alpha = 0 \rightarrow B = \frac{P \cdot a}{l \cdot \sin \alpha}$$

$$B = \frac{P \cdot a}{0} = \infty$$



Вывод: если 3 шарнира A, B, и C расположены на одной прямой, без промежуточной опоры, то система будет мгновенно изменяемой

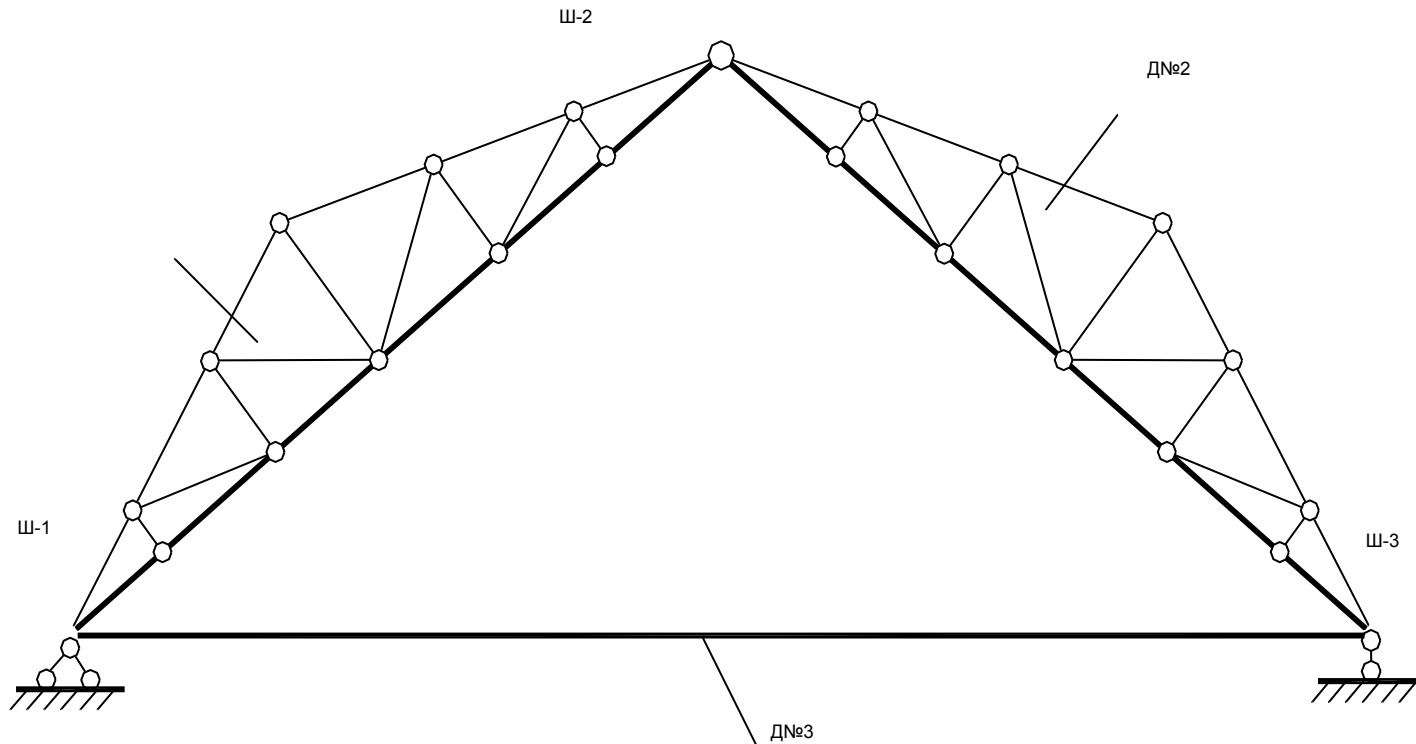
Вывод: если направления 3-х опорных стержней пересекаются в одной точке, то система оказывается мгновенно изменяема



Вывод: если направления 3-х опорных стержней параллельны, то система оказывается мгновенно изменяема

Правила при проектировании неизменяемых систем:

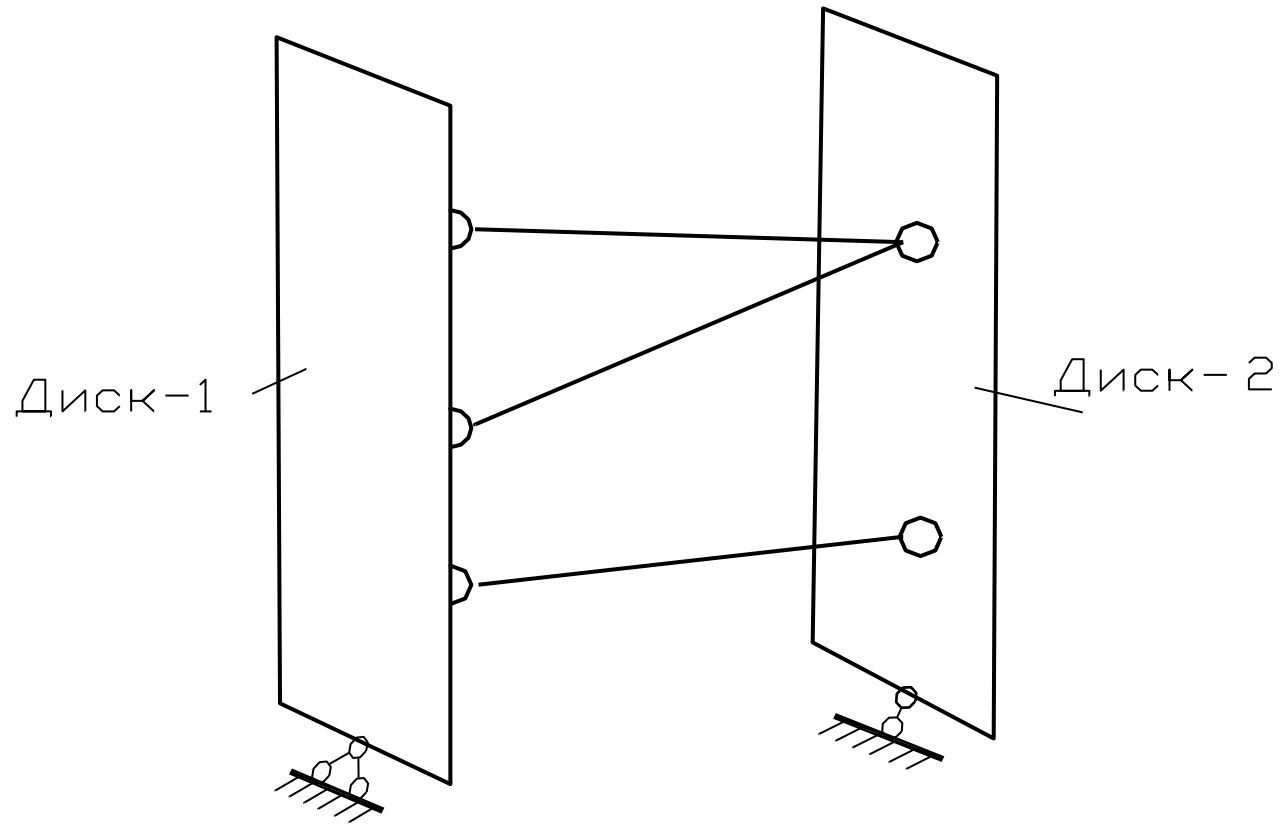
1. Наложённые опорные связи (или их продолжения) не должны пересекаться в одной точке и не должны быть параллельными.
2. Три диска или стержня можно соединить тремя шарнирами, не лежащим на одной прямой. Причем если какая-то часть сооружения состоит из шарнирно-стержневых треугольников, то всю эту часть в свою очередь можно рассматривать как неизменяемый диск.



Правила при проектировании неизменяемых систем:

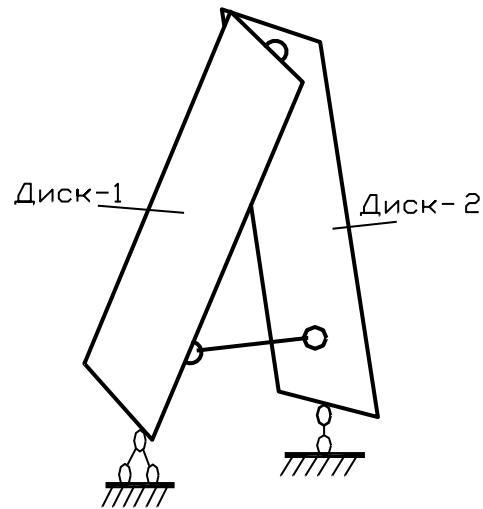
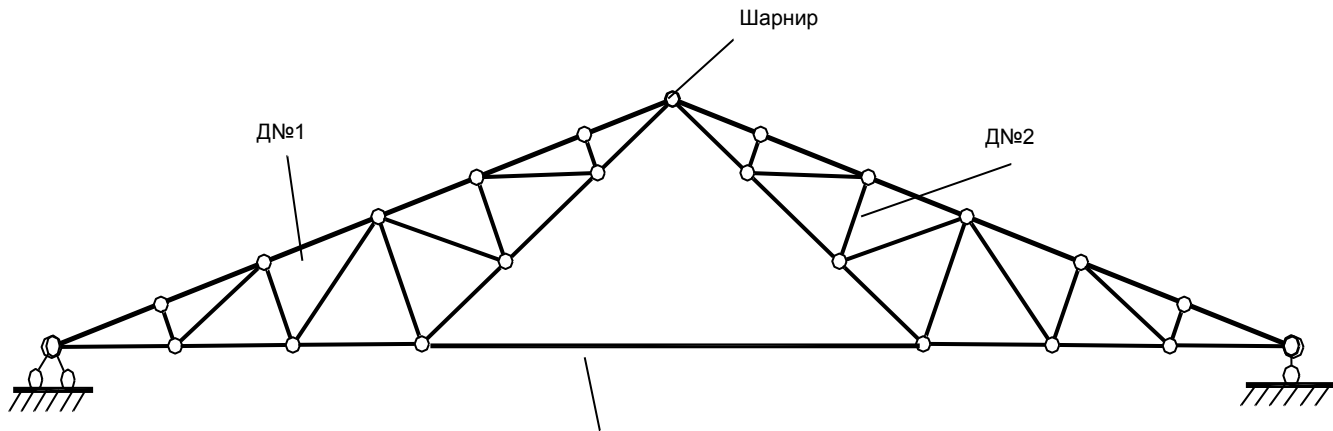
3. Если нужно соединить друг с другом два диска, то это можно сделать двумя способами:

а) с помощью 3-х стержней не параллельных и не пересекающихся в одной точке (то же относится и к их продолжению).



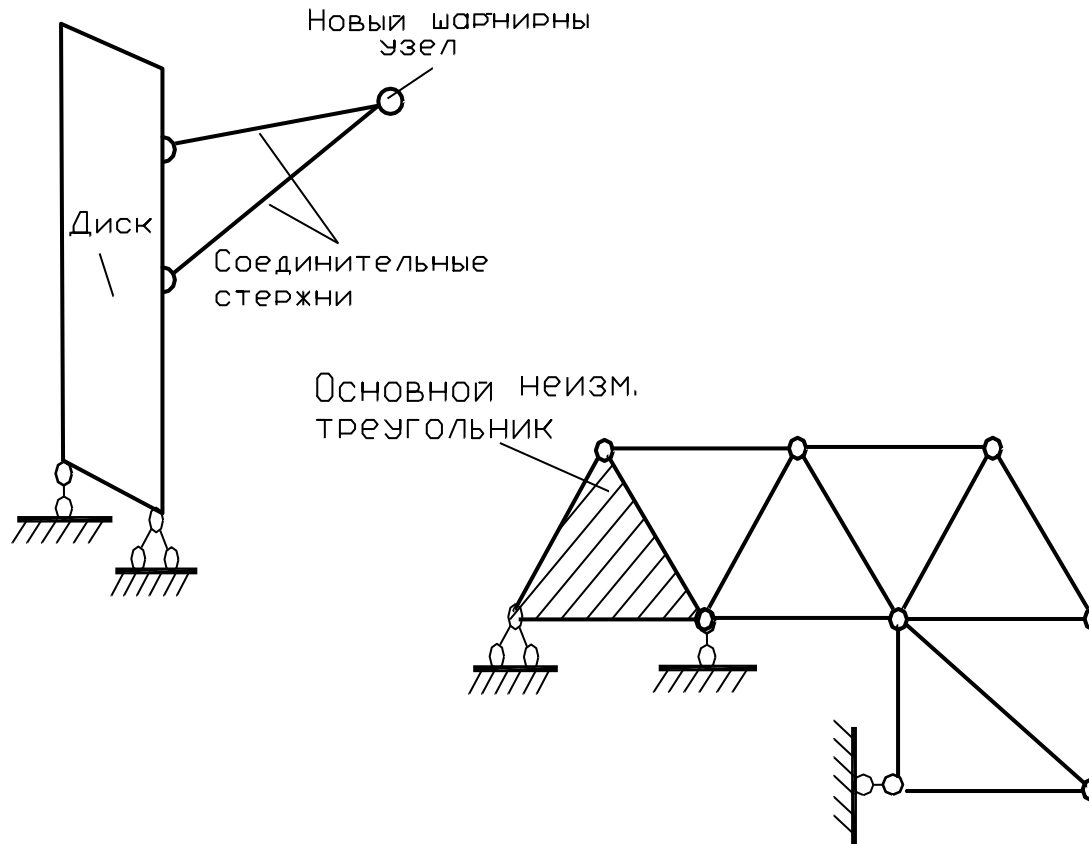
Правила при проектировании неизменяемых систем:

б) помощью шарнира и стержня, причем стержень не должен пересекать шарнир



Правила при проектировании неизменяемых систем:

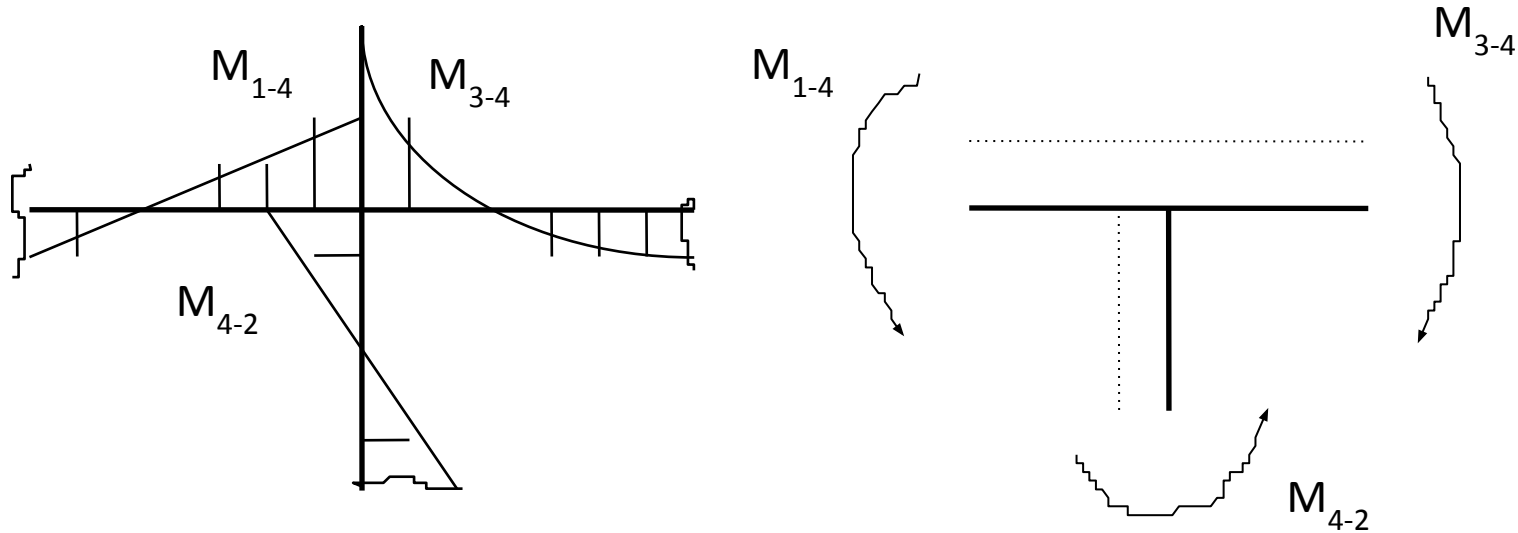
4. Если к неизменяемому диску нужно присоединить новый шарнирный узел, то это можно сделать с помощью двух стержней, не лежащих на одной прямой. Этот прием широко применяется для получения ферм простейшего образования.



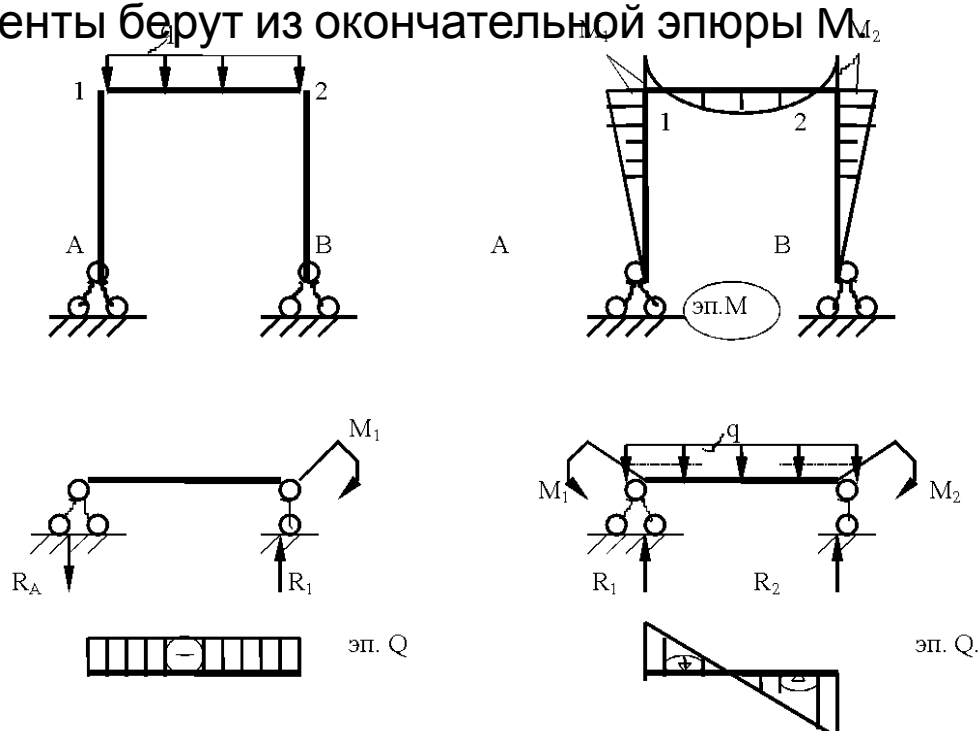
Построение эпюры M в статически определимых рамах

Эпюра изгибающих моментов:

- строится с использованием метода сечений по алгоритму, известному из курса сопротивления материалов,
- строится на растянутом волокне,
- При переходе через жесткий рамный узел величина изгибающего момента остается без изменения (при отсутствии сосредоточенных моментов, приложенных в рассматриваемом узле)



Эпюру поперечных сил будем строить используя результирующую эпюру моментов. Построение эпюры Q основано на равновесии вырезанного из системы стержня или части его. Раму расчленяют на отдельные элементы (балки) и, рассматривая каждый такой элемент как статически определимую однопролетную балку, поэлементно строят эпюры Q . Загружают такие однопролетные балки внешней заданной нагрузкой и опорными моментами. Опорные моменты берут из окончательной эпюры M .



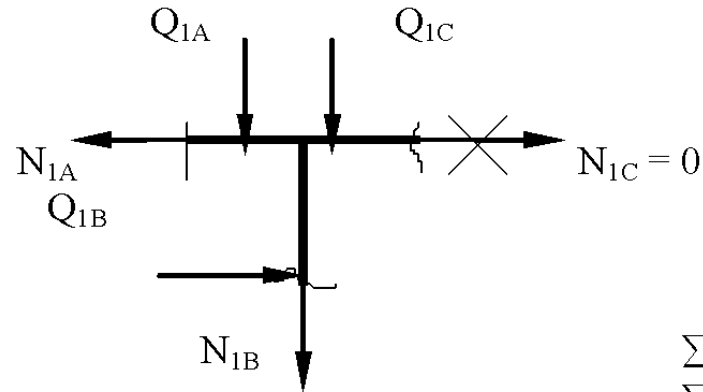
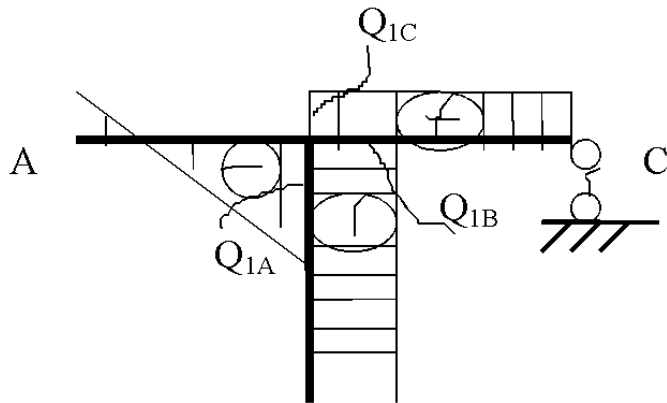
В пределах участков где эпюра $M_{\text{рез}}$ прямолинейна, поперечная сила может определяться по формуле Журавского:

$$Q = \frac{dM}{dX} = \operatorname{tg} \alpha ,$$

где α - угол наклона эпюры $M_{\text{рез}}$ к оси элемента.

На эпюре поперечных сил обязательно ставить знаки.

Эпюру продольных сил строят по эпюре Q способом вырезания узлов. Начинать надо с того узла, в котором неизвестны продольные усилия не более чем в двух элементах. К вырезанному узлу прикладывают внешние сосредоточенные силы (если таковые имеются), а к разрезанным элементам поперечные силы. Положительные поперечные силы прикладывают к элементу так, чтобы они вращали узел по часовой стрелке, отрицательные - против. Неизвестные продольные усилия направляют от узла, известные - в зависимости от знака усилия.



$$\sum X = 0 \Rightarrow N_{1A};$$

$$\sum Y = 0 \Rightarrow N_{1B}.$$

Ординаты эпюры продольных сил можно откладывать в любую сторону, но обязательно ставить знаки.